

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института энергетики и  
автоматизированных систем  
С.И. Лукьянов  
« 28 » сентября 2016 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Системы управления электроприводов

Направление подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность программы

Электропривод и автоматика

Уровень высшего образования - бакалавриат

Программа подготовки – академический бакалавриат

Форма обучения

Заочная

Институт  
Кафедра  
Курс

Энергетики и автоматизированных систем  
Автоматизированного электропривода и мехатроники  
4,5

Магнитогорск  
2016 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденного приказом МОиН РФ от 3 сентября 2015 г. № 955.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры автоматизированного электропривода и мехатроники «27» сентября 2016 г., протокол № 2.

Зав. кафедрой  / А.А. Николаев /

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики и автоматизированных систем «28» сентября 2016 г., протокол № 1.

Председатель  / С.И. Лукьянов /

Рабочая программа составлена: старший преподаватель каф. АЭПиМ

 / Н.В. Фомин /

Рецензент: зам. начальника ЦЭТЛ ОАО «ММК» по электроприводу, к.т.н.



 / А.Ю. Юдин /



## 1 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Системы управления электроприводов» являются развитие у студентов личностных качеств, а также формирование профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» (профиль «Мехатронные системы в автоматизированном производстве»).

Задачами дисциплины являются:

- овладение студентами комплексом знаний и умений в области теории, принципов построения и способов реализации систем управления электроприводов постоянного и переменного тока, включая оптимальные, обеспечивающих требуемые законы изменения координат электропривода средствами аналоговой и цифровой техники;
- приобретение навыков проектирования, расчета и исследования таких систем с учетом характеристик и свойств объектов управления и особенностей применяемых технических средств, включая современные комплектные электроприводы;
- изучение методов теоретического и экспериментального исследования, расчета и проектирования систем управления;
- выработка умения применять полученные знания в будущей самостоятельной профессиональной деятельности.

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы подготовки бакалавра

Дисциплина «Системы управления электроприводов» входит в вариативную часть блока 1 образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения основных положений следующих дисциплин:

- Теоретические основы электротехники;
- Электрические машины;
- Теория электропривода;
- Теория автоматического управления;
- Электрический привод.

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы при выполнении и защите выпускной квалификационной работы.

## 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины «Системы управления электроприводов» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

| Структурный элемент компетенции                                 | Планируемые результаты обучения   |
|---|---|
| <b>ПК- 2 способностью обрабатывать результаты экспериментов</b> |   |
| Знать   | <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> Нормативные документы по монтажу, наладке и ремонту вводимого в эксплуатацию электроэнергетического и электротехнического оборудования;</li><li><input type="checkbox"/> Технические характеристики элементов, входящих в систему управления вводимого в эксплуатацию электроэнергетического и электротехнического оборудования;</li></ul> |

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения   |
|---------------------------------|---|
|                                 | <input type="checkbox"/> Нормативные документы по монтажу, наладке и ремонту и технические характеристики элементов, входящих в систему управления вводимого в эксплуатацию электроэнергетического и электротехнического оборудования   |
| Уметь                           | <input type="checkbox"/> Рассчитывать параметры объектов регулирования и выполнять настройку контуров регулирования вводимого в эксплуатацию электроэнергетического и электротехнического оборудования;<br><input type="checkbox"/> Аргументированно обосновывать применение структур регуляторов и контуров регулирования для обеспечения требуемого качества статических и динамических показателей системы управления вводимого в эксплуатацию электроэнергетического и электротехнического оборудования;<br><input type="checkbox"/> Применять полученные знания в профессиональной деятельности; |
| Владеть                         | <input type="checkbox"/> Основными методиками расчета и настройки систем регулирования вводимого в эксплуатацию электроэнергетического и электротехнического оборудования;<br><input type="checkbox"/> Основными методами решения задач анализа и синтеза систем управления с заданными характеристиками;<br><input type="checkbox"/> Способами совершенствования профессиональных знаний и умений путем использования информационной среды;  |

#### 4 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 зачетных единиц, 360 акад. часов: 7, 8 семестры: 5 зачетных единицы (180 часов), в том числе:

- контактная работа – 27,3 акад. часа; - аудиторная работа – 26 акад. часов:
- лекции – 8 акад. часов,
- лабораторные работы - 10 акад. часов,
- практические занятия – 8 акад. часов;
- внеаудиторная – 1,3 акад. часа; - самостоятельная работа – 148,8 акад. часа; - подготовка к зачету – 3,9 акад. часа. 9 семестр 5 зачетных единицы (180 акад. часов), в том числе:
- контактная работа – 31 акад. час; - аудиторная работа – 26 акад. часов:
- лекции – 8 акад. часов,
- лабораторные работы - 10 акад. часов,
- практические занятия – 8 акад. часов;
- внеаудиторная – 5 акад. часов;
- самостоятельная работа – 140,3 акад. часа; - подготовка к экзамену – 8,7 акад. часа.

Форма аттестации – Зачет, экзамен

| Раздел/ тема дисциплины  | Семестр | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) |                  |                  |   | Самостоятельная работа (в акад. часах) | Вид самостоятельной работы                      | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | Код и структурный элемент компетенции |
|--|---------|--|------------------|------------------|---|--|---|---|---------------------------------------|
|  |         | лекции                                       | лаборат. занятия | практич. занятия |   |  |   |   |                                       |
| <b>1. Лекции 7, 8 семестры</b>   |         |  |                  |                  |   |  |   |   |                                       |
| 1.1. Введение: роль и место автоматизированных электроприводов в технологических процессах; классификация систем управления; краткий обзор развития систем автоматического управления электроприводов (СУЭП) | 7       |  |                  |                  | 6 | Подготовка к лекции                    | Текущий контроль посещаемости, выборочный опрос | ПК-2-зув  |                                       |
| 1.2. Релейно-контакторные схемы управления электроприводами. Защиты в схемах электропривода. Блокировки и сигнализация в схемах электропривода   | 7       | 1  |                  |                  | 6 | Подготовка к лекции                    | Текущий контроль посещаемости, выборочный опрос | ПК-2-зув  |                                       |
| 1.3. Системы управления электроприводов с параллельными обратными связями (СУЭП с обратными связями по напряжению, току, скорости)   | 7       | 1  |                  |                  | 6 | Подготовка к лекции                    | Текущий контроль посещаемости, выборочный опрос | ПК-2-ув   |                                       |
| 1.4. Системы управления с подчиненным регулированием координат   | 7       | 1  |                  |                  | 6 | Подготовка к лекции                    | Текущий контроль посещаемости, выборочный опрос | ПК-2-зу   |                                       |

|   |   |  |     |     |   |  |   |          |
|---|---|--|-----|-----|---|--|---|----------|
| 1.5. Системы управления электроприводов по системе ТП-Д с подчиненным регулированием координат. Настройка контура регулирования тока якоря. | 7 |  |     |     | 6 | Подготовка к лекции                          | Текущий контроль посещаемости, выборочный опрос | ПК-2-зுவ |
| 1.6. Настройка контура регулирования скорости вращения электропривода.  | 7 |  |     |     | 6 | Подготовка к лекции                          | Текущий контроль посещаемости, выборочный опрос | ПК-2-зу  |
| 1.7. Настройка контура регулирования скорости в двукратно-интегрирующей системы управления электропривода.                                  | 7 |  |     |     | 6 | Подготовка к лекции                          | Текущий контроль посещаемости, выборочный опрос | ПК-2-зу  |
| 1.8.Позиционная система управления электроприводом  | 7 |  |     |     | 6 | Подготовка к лекции                          | Текущий контроль посещаемости, выборочный опрос | ПК-2-ув  |
| 1.9. Двухзонная система управления электроприводом  | 7 |  |     |     | 6 | Подготовка к лекции                          | Текущий контроль посещаемости, выборочный опрос | ПК-2-зу  |
| <b>2. Лабораторные работы</b>   |   |  |     |     |   |  |   |          |
| 2.1. Разомкнутая система ТП-Д   |   |  | 1/1 |     | 6 |  |   |          |
| 2.2. «СУЭП с отрицательной обратной связью по напряжению»   | 7 |  |     | 1/1 | 6 | Подготовка к лабораторной работе, оформление | Прием лабораторных работ                        | ПК-2-ув  |
| 2.3. —Исследование замкнутой системы регулирования электропривода с отрицательной обратной связью по скорости                               | 7 |  |     | 1/1 | 6 | Подготовка к лабораторной работе, оформление | Прием лабораторных работ                        | ПК-2-зу  |

|   |   |  |     |   |   |  |  |          |
|---|---|--|-----|---|---|--|--|----------|
| 2.4. «СУЭП с обратными связями по току»   | 7 |  | 2/1 |   | 6 | Подготовка к лабораторной работе, оформление | Прием лабораторных работ               | ПК-2-зу  |
| 2.5. «СУЭП с внешним контуром скорости»   | 7 |  | 1/1 |   | 6 | Подготовка к лабораторной работе, оформление | Прием лабораторных работ               | ПК-2-зу  |
| 2.6. «СУЭП двухзонного регулирования»   | 7 |  | 2/1 |   | 6 | Подготовка к лабораторной работе, оформление | Прием лабораторных работ               | ПК-2-ув  |
| 2.7. «Исследование позиционной СУЭП»  | 7 |  | 2/2 |   | 6 | Подготовка к лабораторной работе, оформление | Прием лабораторных работ               | ПК-2-ув  |
| <b>3. Практические занятия</b>  |   |  |     |   |   |  |  |          |
| 3.1. Роль и место автоматизированных электроприводов в технологических процессах; классификация систем управления; краткий обзор развития систем автоматического управления электроприводов (СУ-ЭП) | 7 |  |     |   | 6 | Работа над курсовым проектом                 | Проверка хода курсового проектирования | ПК-2-зув |
| 3.2. Релейноконтаторные схемы управления электроприводами. Защиты в схемах электропривода. Блокировки и сигнализация в схемах электропривода  | 7 |  |     | 1 | 6 | Работа над курсовым проектом                 | Проверка хода курсового проектирования | ПК-2-ув  |
| 3.3. Системы управления электроприводов с параллельными обратными связями (СУЭП с обратными связями по напряжению, току, скорости)  | 7 |  |     | 1 | 6 | Работа над курсовым проектом                 | Проверка хода курсового проектирования | ПК-2-зу  |



|   |          |          |             |            |              |                              |   |          |
|---|----------|----------|-------------|------------|--------------|------------------------------|---|----------|
| 3.4. Системы управления с подчиненным регулированием координат  | 7        |          |             | 1/1        | 6            | Работа над курсовым проектом | Проверка хода курсового проектирования          | ПК-2-зу  |
| 3.5. Системы управления электроприводов по системе ТП-Д с подчиненным регулированием координат. Настройка контура регулирования тока якоря. | 7        |          |             | 1          | 6            | Работа над курсовым проектом | Проверка хода курсового проектирования          | ПК-2-зу  |
| 3.6. Настройка контура регулирования скорости вращения электропривода.  | 7        |          |             | 1          | 6            | Работа над курсовым проектом | Проверка хода курсового проектирования          | ПК-2-зув |
| 3.7. Настройка контура регулирования скорости в двукратно-интегрирующей системы управления электропривода.                                  | 8        |          |             | 1          | 6            | Работа над курсовым проектом | Проверка хода курсового проектирования          | ПК-2-зув |
| 3.8. Позиционная система управления электроприводом   |          |          |             | 1          | 6            | Работа над курсовым проектом | Проверка хода курсового проектирования          | ПК-2-ув  |
| 3.9. Двухзонная система управления электроприводом  |          |          |             | 1/1        | 4,8          | Работа над курсовым проектом | Проверка хода курсового проектирования          | ПК-2-зув |
| Подготовка к зачету   |          |          |             |            | 3,9          |                              |   |          |
| <b>Итого за семестр</b>   | <b>8</b> | <b>8</b> | <b>10/6</b> | <b>8/2</b> | <b>152,7</b> | <b>180</b>                   | <b>Зачет</b>                                    |          |
| <b>1. Лекции 9 семестр</b>  |          |          |             |            |              |                              |   |          |
| 1.1. Система преобразователь частоты – асинхронный двигатель (ПЧ-АД). Общие принципы частотного регулирования                               | 9        | 1        |             |            | 10           | Подготовка к лекции          | Текущий контроль посещаемости, выборочный опрос | ПК-2-зув |

|   |   |   |   |     |    |                                   |  |          |
|---|---|---|---|-----|----|-----------------------------------|--|----------|
| координат асинхронного двигателя.   |   |   |   |     |    |                                   |  |          |
| 1.2. Разомкнутые и замкнутые системы скалярного управления асинхронным электроприводом. | 9 | 1 |   |     | 10 | Подготовка к лекции               | Текущий контроль посещаемости , выборочный опрос | ПК-2-зув |
| 1.3. Векторная модель АД. Системы векторного управления ПЧ – АД.                        | 9 |   | 1 | 2   | 10 | Подготовка к лекции               | Текущий контроль посещаемости , выборочный опрос | ПК-2-зу  |
| 1.4. Расчет параметров АД по паспортным данным  | 9 |   | 1 | 2   | 10 | Подготовка к лекции               | Текущий контроль посещаемости , выборочный опрос | ПК-2-зу  |
| 1.5. Расчет параметров схемы замещения ПЧ-АД  | 9 |   | 1 | 2   | 10 | Подготовка к лекции               | Текущий контроль посещаемости , выборочный опрос | ПК-2-зу  |
| 1.6. Расчет параметров регуляторов системы векторного управления ПЧ-АД                  | 9 |   | 1 | 2   | 10 | Подготовка к лекции               | Текущий контроль посещаемости , выборочный опрос | ПК-2-зу  |
| 1.7. Системы управления синхронным электроприводом                                      | 8 |   | 1 |     | 10 | Подготовка к лекции               | Текущий контроль посещаемости , выборочный опрос | ПК-2-зу  |
| 1.8. Системы управления электроприводом с вентильным двигателем                         | 9 |   | 1 |     | 10 | Подготовка к лекции               | Текущий контроль посещаемости , выборочный опрос | ПК-2-ув  |
| <b>2. Лабораторные работы 9 семестр</b>   |   |   |   |     |    |                                   |  |          |
| 2.1. «Исследование скалярной системы регулирования ПЧ-                                  | 9 |   |   | 1/1 | 10 | Подготовка к лабораторной работе, | Прием лабораторных работ                         | ПК-2-ув  |

|  |            |           |              |             |              |  |                          |          |
|--|------------|-----------|--------------|-------------|--------------|--|--------------------------|----------|
| АД»  |            |           |              |             |              | оформление                                   |                          |          |
| 2.2. «Исследование скалярной системы регулирования ПЧ-АД с регулятором скорости»         | 9          |           | 1/1          |             | 10           | Подготовка к лабораторной работе, оформление | Прием лабораторных работ | ПК-2-зுவ |
| 2.3. «Исследование скалярной системы регулирования ПЧ-АД для текстильной промышленности» | 9          |           | 2/2          |             | 10           | Подготовка к лабораторной работе, оформление | Прием лабораторных работ | ПК-2-зுவ |
| 2.4. «Исследование систем векторного управления ПЧ-АД»                                   | 9          |           | 2/2          |             | 10           | Подготовка к лабораторной работе, оформление | Прием лабораторных работ | ПК-2-зுவ |
| 2.5. «Исследование бездатчиковой системы векторного управления ПЧ-АД»                    | 9          |           | 2/2          |             | 10           | Подготовка к лабораторной работе, оформление | Прием лабораторных работ | ПК-2-зுவ |
| 2.6. «Исследование системы векторного управления моментом ПЧ-АД»                         | 9          |           | 2/2          |             | 10,3         | Подготовка к лабораторной работе, оформление | Прием лабораторных работ | ПК-2-зுவ |
| Подготовка к экзамену  | 9          |           |              |             | 8,7          |  |                          |          |
| <b>Итого за семестр</b>  | <b>9</b>   | <b>8</b>  | <b>10/6</b>  | <b>8</b>    | <b>149</b>   | <b>180</b>                                   | <b>Экзамен</b>           |          |
| <b>Итого по дисциплине</b>   | <b>7-9</b> | <b>16</b> | <b>20/12</b> | <b>16/2</b> | <b>301,7</b> | <b>360</b>                                   | <b>Зачет, Экзамен</b>    |          |

## 5 Образовательные и информационные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Системы управления электроприводов» используются традиционная и модульно - компетентностная технологии.

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Системы управления электроприводов» происходит с использованием мультимедийного оборудования.

Лекции проходят в традиционной форме и в форме лекций-консультаций. На лекциях – консультациях изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы.

Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе подготовки домашних заданий, при решении задач на практических занятиях, при подготовке к контрольным работам и итоговой аттестации.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся.**

### **Тестовые вопросы к лабораторным работам. 7 семестр.**

#### **Тестовые вопросы к лабораторной работе №1 «Разомкнутая система ТП-Д»**

1. Какие особенности присущи тиристорному преобразователю (ТП), как динамическому звену системы электропривода?
2. Какая передаточная функция ТП принимается при исследовании динамических свойств системы электропривода?
3. Какие параметры определяют величину постоянной времени ТП?
4. От чего зависит величина коэффициента передачи ТП? В каком случае коэффициент остается постоянным, а в каком переменным?
5. Как рассчитать параметры ТП?
6. Какие допущения принимаются при выводе структурной схемы электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТ)?
7. Как получить структурную схему электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения?
8. Какие управляющие и возмущающие воздействия можно выделить для ДПТ?
9. Какие факторы определяют быстродействие якорной цепи ДПТ?
10. Какие факторы определяют быстродействие электромеханического преобразования в ДПТ?
11. Как определить передаточную функцию ДПТ по управляющему воздействию?
12. Как получить передаточную функцию ДПТ по возмущающему воздействию?
13. Что влияет на коэффициент демпфирования ДПТ?
14. В каком случае переходные процессы в ДПТ носят колебательный характер?
15. В каком случае переходные процессы в ДПТ апериодические?
16. Как рассчитать параметры якорной цепи ДПТ?
17. Как рассчитать параметры электромеханического преобразователя ДПТ?
18. Как определить корни характеристического уравнения ДПТ?

#### **Тестовые вопросы к лабораторной работе №2 «СУЭП с отрицательной обратной связью по напряжению»**

1. Что такое обратная связь?
2. Какая обратная связь считается отрицательной, а какая положительной?
3. В чем отличие жесткой обратной связи от гибкой?
4. Что такое задержанная обратная связь?
5. Как выполняется система управления с параллельными обратными связями? Какие достоинства и недостатки присущи данным СУЭП?
6. Как осуществляется обратная связь по напряжению?
7. Структурная схема системы управления с отрицательной обратной связью по напряжению?
8. Как получить вырожденную структурную схему данной СУЭП?

9. Как получить уравнение электромеханической характеристики на основании вырожденной структурной схемы данной СУЭП?
10. Какой параметр определяет величина напряжения на входе регулятора скорости (РС)?
11. Как изменится скорость вращения двигателя при обрыве цепи обратной связи?
12. Какие параметры системы управления влияют на величину жесткости электромеханической характеристики замкнутой СУЭП?
13. Как изменится вид электромеханической характеристики, если при неизменной величине напряжения задания на входе РС увеличить значение коэффициента обратной связи по напряжению  $K_{он}$ ?
14. Как изменится статическая просадка по скорости в замкнутой СУЭП при уменьшении величины коэффициента усиления РС  $K_{рс}$ ?
15. Какая предельная жесткость электромеханической характеристики получается в данной СУЭП?
16. Как получить предельную жесткость электромеханической характеристики при реальных параметрах системы управления?
17. Как рассчитать величину  $K_{рс}$  для получения заданной жесткости электромеханической характеристики?
18. Как отразится на виде электромеханической характеристики замкнутой СУЭП уменьшение  $K_{он}$ ?
19. Как получить уравнение внешней характеристики данной СУЭП на основании вырожденной схемы?
20. Поясните физический смысл повышения жесткости электромеханической характеристики данной СУЭП?

**Тестовые вопросы к лабораторной работе №3 «Исследование замкнутой системы регулирования электропривода с отрицательной обратной связью по скорости»**

1. Как реализуется обратная связь по скорости вращения электропривода?
2. Структурная схема СУЭП с отрицательной обратной связью по скорости.
3. Как получить уравнение электромеханической характеристики данной СУЭП на основании вырожденной структурной схемы?
4. Как изменится скорость идеального холостого хода данной СУЭП при снижении величины  $K_{рс}$  и неизменном значении напряжения задания на входе РС?
5. Как влияет величина коэффициента обратной связи по скорости  $K_{ос}$  на вид электромеханических характеристик?
6. Какова предельная жесткость электромеханической характеристики в данной СУЭП?
7. С какой целью на выходе тахогенератора устанавливают делитель напряжения?
8. С какой целью выходное напряжение тахогенератора подвергают фильтрации?
9. Как влияет величина  $K_{рс}$  на статическую просадку скорости в данной СУЭП?
10. Изменится ли величина статической просадки скорости в данной СУЭП при увеличении напряжения задания на входе РС?
11. Как получить предельную жесткость электромеханической характеристики при реальных параметрах системы управления?

12. Как выглядит внешняя характеристика в данной СУЭП для обеспечения предельной жесткости электромеханической характеристики?
13. Как рассчитать величину  $K_{рс}$  для получения заданной жесткости электромеханической характеристики?
14. Как правильно подключить отрицательную обратную связь по скорости на вход РС?
15. Как влияет величина момента нагрузки на жесткость электромеханической характеристики?

#### **Тестовые вопросы к лабораторной работе №4 «СУЭП с обратными связями по току»**

1. Как реализуется обратная связь по якорному току электропривода?
2. Структурная схема СУЭП с положительной обратной связью по величине якорного тока.
3. Как получить вырожденную структурную схему данной СУЭП?
4. Как вывести уравнение электромеханической характеристики для данной СУЭП на основании вырожденной структурной схемы?
5. Как влияет величина коэффициента обратной связи по току  $K_{от}$  на вид электромеханической характеристики?
6. Как определить величину  $K_{от}$  для получения абсолютно жесткой электромеханической характеристики?
7. Как определить величину  $K_{от}$  для получения жесткости естественной характеристики?
8. Почему на практике одну положительную обратную связь по току не применяют?
9. Что такое токовая отсечка? Как реализуется токовая отсечка?
10. Вырожденная структурная схема СУЭП с токовой отсечкой.
11. Как получить уравнение электромеханической характеристики СУЭП с токовой отсечкой?
12. Как влияет величина напряжения задания на входе регулятора на величину тока отсечки?
13. Как изменится вид электромеханической характеристики при увеличении коэффициента  $K_{от}$ ?
14. Как рассчитать коэффициенты данной СУЭП для получения заданной величины тока стопорения?
15. Как в данной СУЭП задать величину необходимого тока отсечки?
16. Как изменится вид электромеханической характеристики при изменении величины напряжения задания на входе регулятора?

#### **Тестовые вопросы к лабораторной работе № 5 «СУЭП с внешним контуром скорости»**

1. Принципы оптимизации в системах подчиненного регулирования координат.
2. Расчет передаточных функций регуляторов.
3. Порядок настройки контура регулирования якорного тока.
4. Порядок настройки контура регулирования скорости.

5. Логарифмические частотные характеристики при модульном и симметричном оптимумах
6. Влияние параметров САР на статические и динамические свойства системы.
7. Структурная схема двухконтурной САР скорости.
8. Ограничение координат и производных в системах подчиненного регулирования координат.
9. Оценка качества статических и динамических свойств замкнутой системы.
10. Пуск под «отсечку» на холостом ходу и под нагрузкой.
11. Пуск от ЗИ в системах регулирования с П – РС и ПИ- РС.
12. Реакция системы регулирования скорости с П – РС и ПИ- РС на наброс нагрузки.

**Тестовые вопросы к лабораторной работе № 6 «СУЭП двухзонного регулирования»**

1. Особенности работы схемы двухзонного регулирования скорости.
2. Осуществление автоматического разделения зон регулирования.
3. Особенности настройки контура регулирования тока возбуждения, структурная схема контура регулирования тока возбуждения и потока двигателя.
4. Настройка датчика ЭДС двигателя.
5. Оценка качества динамических свойств системы двухзонного регулирования скорости.
6. Компенсация нелинейностей, связанных с двухзонным регулированием.
7. Особенности работы системы двухзонного регулирования при пуске под отсечку и от задатчика интенсивности.

**Тестовые вопросы к лабораторной работе № 7 «Исследование позиционной СУЭП»**

1. Структурная схема трехконтурной системы регулирования.
2. Особенности работы позиционной САР при малых, средних и больших перемещениях.
3. Фазовые характеристики при отработке перемещений. 4. Оценка качества статических и динамических свойств позиционной САР.

**Тестовые вопросы к лабораторным работам. 8 семестр.**

**Тестовые вопросы к лабораторной работе № 1 «Исследование скалярной системы регулирования ПЧ-АД», № 2 «Исследование скалярной системы регулирования ПЧ-АД с регулятором скорости», № 3 «Исследование скалярной системы регулирования ПЧ-АД для текстильной промышленности»**

1. Какие основные законы частотного регулирования?
2. Какая система управления относится к скалярной?
3. Как настраивается функциональный блок  $U/f$ ?

4. Каким образом осуществляется токовая отсечка в системе скалярного управления?
5. Как осуществляется компенсация скольжения?
6. Как осуществляется компенсация падения напряжения в статорной цепи?
7. Как изменяется вид механических характеристик при изменении коэффициентов компенсации?
8. Какой вид имеет механическая характеристика в системе с регулятором скорости (обратной связью по скорости)?

**Тестовые вопросы к лабораторной работе № 4 «Исследование систем векторного управления ПЧ-АД», № 5 «Исследование бездатчиковой системы векторного управления ПЧ-АД», № 6 «Исследование системы векторного управления моментом ПЧ-АД»**

1. В чем отличие системы векторного управления от системы скалярного управления?
2. С какой целью в системах векторного управления применяют координатные преобразователи?
3. Как настраивают контуры регулирования тока статора в системах векторного управления?
4. Как определяют потокосцепление статора?
5. Как определяют потокосцепление ротора?
6. Как выполняется построение контура регулирования скорости?
7. Как осуществляется настройка контура потокосцепления?
8. Как строится система управления с косвенной ориентацией по вектору потокосцепления ротора АД?
9. Вид механических характеристик в системе векторного управления, влияние настроек на вид механической характеристики?
10. Укажите достоинства и недостатки систем векторного управления АД без датчика скорости?

**7. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

**а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:**

| Структурный элемент компетенции                                 | Планируемые результаты обучения | Оценочные средства |
|---|---------------------------------|--------------------|
| <b>ПК- 2 способностью обрабатывать результаты экспериментов</b> |                                 |                    |



|              |  |   |
|--------------|--|---|
| <p>Знать</p> | <p><input type="checkbox"/> Нормативные документы по монтажу, наладке и ремонту вводимого в эксплуатацию электроэнергетического и электротехнического оборудования;</p> <p><input type="checkbox"/> Технические характеристики элементов, входящих в систему управления вводимого в эксплуатацию электроэнергетического и электротехнического оборудования;</p> <p><input type="checkbox"/> Нормативные документы по монтажу, наладке и ремонту и технические характеристики элементов, входящих в систему управления вводимого в эксплуатацию электроэнергетического и электротехнического оборудования</p> | <p><b>Контрольные вопросы для подготовки к экзамену</b></p> <p><input type="checkbox"/> В функции каких основных параметров выполняется построение релейно – контакторных систем управления электроприводов?</p> <p><input type="checkbox"/> Как осуществляется управление пуско – тормозными режимами электроприводов в функции времени?</p> <p><input type="checkbox"/> Как осуществляется управление пуско – тормозными режимами электроприводов в функции скорости (ЭДС)?</p> <p><input type="checkbox"/> Как осуществляется управление пуско – тормозными режимами электроприводов в функции тока (момента)?</p> <p><input type="checkbox"/> Что такое защита и блокировка в схемах управления электроприводов?</p> <p><input type="checkbox"/> Какие виды защит применяются в схемах управления электроприводов?</p> <p><input type="checkbox"/> Как рассчитать уставки основных защит?</p> <p><input type="checkbox"/> Как выполнить переход от релейно – контакторной схемы управления к бесконтактной?</p> <p><input type="checkbox"/> Какие функциональные элементы применяются в программируемых контроллерах для реализации схем управления пуско – тормозными режимами электроприводов?</p> <p><input type="checkbox"/> Какая жесткость механической характеристики обеспечивается при помощи отрицательной обратной связи по напряжению?</p> <p><input type="checkbox"/> Какая жесткость механической характеристики обеспечивается при помощи отрицательной обратной связи по скорости?</p> <p><input type="checkbox"/> Какие механической характеристики моно получить применяя положительную обратную связь по якорному току? <input type="checkbox"/> Принцип работы САР с положительной обратной связью по току электродвигателя и токовой отсечкой, механические характеристики электропривода?</p> |
|--------------|--|---|

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения | Оценочные средства  |
|---------------------------------|---------------------------------|---|
|                                 |                                 | <p>□ Принцип построения систем подчиненного регулирования с последовательной коррекцией, выбор передаточной функции регулятора для получения оптимальных переходных процессов</p> <p>□ Контур регулирования якорного тока, настройка на получение оптимального переходного процесса</p> <p>□ Ограничение координат в системах подчиненного регулирования □ Ограничение ускорения в системах подчиненного регулирования</p> <p>□ Необходимость компенсации влияния противо ЭДС электродвигателя на работу токового контура в системе подчиненного регулирования, принципы компенсации. □ Необходимость учета влияния прерывистого режима работы тиристорного преобразователя на работу токового контура в системе подчиненного регулирования, применение адаптивного регулятора тока якоря.</p> <p>□ Необходимость учета влияния прерывистого режима работы тиристорного преобразователя на работу токового контура в системе подчиненного регулирования, применение двойного регулятора тока якоря.</p> <p>□ Система подчиненного регулирования с П – РС и ПИ - РТ, принцип работы, статические и динамические характеристики.</p> <p>□ Система подчиненного регулирования с ПИ – РС и ПИ - РТ, принцип работы, статические и динамические характеристики.</p> <p>□ Система подчиненного регулирования положением механизма, принцип работы, статические и динамические характеристики.</p> <p>□ Двухзонная система подчиненного регулирования, принцип работы, настройка контура регулирования скорости,</p> |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | <p>необходимость применения множително – делительных и делительных устройств, статические и динамические характеристики.</p> <p>□ Двухзонная система подчиненного регулирования, принцип работы, настройка контура регулирования ЭДС электродвигателя, необходимость применения делитель-</p> |
|--|--|---|

|                                 |                                 |                    |
|---------------------------------|---------------------------------|--------------------|
| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения | Оценочные средства |
|---------------------------------|---------------------------------|--------------------|

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | <p>ных устройств, статические и динамические характеристики.</p> <p><input type="checkbox"/> В чем заключается отличие позиционных систем от следящих;</p> <p><input type="checkbox"/> Какие основные режимы работы отрабатывает позиционный электропривод? <input type="checkbox"/> Как происходит отработка малых перемещений? <input type="checkbox"/> Как происходит отработка средних перемещений? <input type="checkbox"/> Как происходит отработка больших перемещений?</p> <p><input type="checkbox"/> С какой целью реализуется нелинейный регулятор положения?</p> <p><input type="checkbox"/> Что влияет на точность позиционирования?</p> <p><input type="checkbox"/> Как обеспечить заданную точность позиционирования?</p> <p><input type="checkbox"/> Какие особенности преобразователей частоты, применяемых в электроприводе переменного тока?</p> <p><input type="checkbox"/> Какие механические характеристики электрических машин можно получить при реализации основных законов частотного регулирования?</p> <p><input type="checkbox"/> Как выполняется построение систем скалярного управления электроприводов переменного тока?</p> <p><input type="checkbox"/> Каковы принципы построения систем векторного управления электроприводов переменного тока?</p> <p><input type="checkbox"/> Какие основные элементы входят в состав систем векторного управления? <input type="checkbox"/> Какие структурные схемы применяют для реализации систем векторного управления?</p> |
|--|--|--|

|                                 |  |  |
|---------------------------------|--|--|
| Уметь                           | <input type="checkbox"/> Рассчитывать параметры объектов регулирования и выполнять настройку контуров регулирования вводимого в эксплуатацию электроэнергетического и электротехнического оборудования;<br><input type="checkbox"/> Аргументированно   | 1. Проверка соединений жил контрольных кабелей.<br>2. Приемы работы с аналоговыми и цифровыми измерительными приборами<br>3. «Индуктивные» методы наладки:<br>3.1. Проверка установки щеток на «нейтраль» в двигателе постоянного тока.<br>3.2. Определение полярности обмоток |
| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения  | Оценочные средства   |
|                                 | обосновывать применение структур регуляторов и контуров регулирования для обеспечения требуемого качества статических и динамических показателей системы управления вводимого в эксплуатацию электроэнергетического и электротехнического оборудования; <input type="checkbox"/><br>Применять полученные знания в профессиональной деятельности; | асинхронного двигателя с к.з. ротором. 4. Фазировка тиристорных преобразователей.<br>5. Электронное моделирование основных динамических звеньев и элементов систем электроприводов.  |

|         |  |   |
|---------|--|---|
| Владеть | <p>□ Основными методиками расчета и настройки систем регулирования вводимого в эксплуатацию электроэнергетического и электротехнического оборудования;</p> <p>□ Основными методами решения задач анализа и синтеза систем управления с заданными характеристиками;</p> <p>□ Способами совершенствования профессиональных знаний и умений путем использования информационной среды;</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проверка соединений жил контрольных кабелей.</li> <li>2. Приемы работы с аналоговыми и цифровыми измерительными приборами</li> <li>3. «Индуктивные» методы наладки: <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1. Проверка установки щеток на «нейтраль» в двигателе постоянного тока.</li> <li>3.2. Определение полярности обмоток асинхронного двигателя с к.з. ротором.</li> </ol> </li> <li>4. Фазировка тиристорных преобразователей.</li> <li>5. Электронное моделирование основных динамических звеньев и элементов систем электроприводов.</li> </ol> |
|---------|--|---|

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Изучение дисциплины «Системы управления электроприводов» длится в течении 2 семестров. После первого семестра проводится экзамен, охватывающий изученные темы. После второго семестра изучение учебной дисциплины «Системы управления электроприводов» завершается зачетом с оценкой и сдачей курсовой работы.

Зачет с оценкой является формой итогового контроля знаний и умений, полученных на лекциях, семинарских, практических занятиях и процессе самостоятельной работы.

Зачет с оценкой дает возможность преподавателю:

- выяснить уровень освоения обучающимися программы учебной дисциплины;
- оценить формирование определенных знаний и навыков их использования, необходимых и достаточных для будущей самостоятельной работы;
- оценить умение обучающихся творчески мыслить и логически правильно излагать ответы на поставленные вопросы.

Зачет с оценкой проводится в форме собеседования, в процессе которого обучающийся отвечает на вопросы преподавателя.

Литература для подготовки к зачету с оценкой рекомендуется преподавателем. Для полноты учебной информации и ее сравнения лучше использовать не менее двух учебников. Обучающийся вправе сам придерживаться любой из представленных в учебниках точек зрения по спорной проблеме (в том числе отличной от преподавателя), но при условии достаточной научной аргументации.

Основным источником подготовки к зачету с оценкой является конспект лекций, где учебный материал дается в систематизированном виде, основные положения его

детализируются, подкрепляются современными фактами и информацией, которые в силу новизны не вошли в опубликованные печатные источники. В ходе подготовки к зачету с оценкой обучающимся необходимо обращать внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания излагаемых проблем.

Зачет с оценкой проводится по вопросам, охватывающим весь пройденный материал. По окончании ответа преподаватель может задать обучающемуся дополнительные и уточняющие вопросы. Положительным также будет стремление студента изложить различные точки зрения на рассматриваемую проблему, выразить свое отношение к ней, применить теоретические знания по современным проблемам экологии. Результаты зачета с оценкой объявляются студенту непосредственно после окончания его ответа в день сдачи.

Курсовая работа выполняется под руководством преподавателя, в процессе ее написания обучающийся развивает навыки к научной работе, закрепляя и одновременно расширяя знания, полученные при изучении курса «Системы управления электроприводов». При выполнении курсовой работы обучающийся должен показать свое умение работать с нормативным материалом и другими литературными источниками, а также возможность систематизировать и анализировать фактический материал и самостоятельно творчески его осмысливать.

В процессе написания курсовой работы обучающийся должен разобраться в теоретических вопросах избранной темы, самостоятельно проанализировать практический материал, разобрать и обосновать практические предложения.

Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):

- на оценку «отлично» (5 баллов) – обучающийся должен показать высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;
- на оценку «хорошо» (4 балла)– обучающийся должен показать знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;
- на оценку «удовлетворительно» (3 балла)– обучающийся должен показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;
- на оценку «неудовлетворительно» (2 балла)– обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **а) Основная литература:**

1. Тимохин, А. Н. Моделирование систем управления с применением MatLab : учеб. пособие / А.Н. Тимохин, Ю.Д. Румянцев ; под ред. А.Н. Тимохина. — Москва : ИНФРА-М, 2017. — 256 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс; Режим доступа: <https://new.znaniium.com>]. —(Высшее образование: Бакалавриат). — [www.dx.doi.org/10.12737/14347](http://www.dx.doi.org/10.12737/14347). - ISBN 978-5-16-010185-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znaniium.com/catalog/product/590240> (дата обращения: 24.10.2020). – Режим доступа: по подписке.

2. Неменко, А. В. Механические компоненты электропривода машин: расчет и проектирование: Учебное пособие/Неменко А.В. - Москва : Вузовский учебник, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 307 с. ISBN 978-5-9558-0441-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/508528> (дата обращения: 24.10.2020). – Режим доступа: по подписке.

**б) Дополнительная литература:**

1. **Фролов, Ю. М.** Регулируемый асинхронный электропривод : учебное пособие / Ю. М. Фролов, В. П. Шелякин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 464 с. — ISBN 978-5-8114-2177-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/102251> (дата обращения: 07.11.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. **Ившин, В. П., Перухин, М. Ю.** Современная автоматика в системах управления технологическими процессами [Электронный ресурс]: Учеб. пособие.- М.: ИНФРА-М, 2014.- 400 С. (Высшее образование. Бакалавриат)/- Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=430323> .- Заглавие с экрана- ISBN 978-5-16-005162-8

**в) Методические указания:**

1.Методические указания для студентов по подготовке к лабораторным работам/ составители: **Шохин, В.В.**; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2016. - 57 с. : ил., табл. - Текст : непосредственный.

2.Методические указания для студентов по подготовке к лабораторным и практическим работам / Составители: **Косматов, В. И.** Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск: МГТУ им. Г. И. Носова, 2013. - 79 с. : ил., табл. - Текст: непосредственный.

2. Методические указания для студентов по подготовке к лабораторным и практическим работам / Составители: **Линьков, С. А.** Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск: МГТУ им. Г. И. Носова, 2017. - 102 с. : ил., табл. - Текст: непосредственный.

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

**Программное обеспечение**

| Наименование ПО                           | № договора              | Срок действия лицензии |
|---|-------------------------|------------------------|
| MS Office 2007 Professional               | № 135 от 17.09.2007     | бессрочно              |
| MathWorks MatLab v.2014 Classroom License | К-89-14 от 08.12.2014   | бессрочно              |
| MathCAD v.15 Education University Edition | Д-1662-13 от 22.11.2013 | бессрочно              |
| MS Office Visio Prof 2013(для классов)    | Д-1227-18 от 08.10.2018 | 11.10.2021             |
| MS Windows 7 Professional(для классов)    | Д-1227-18 от 08.10.2018 | 11.10.2021             |



|             |                              |           |
|-------------|------------------------------|-----------|
| 7Zip        | свободно распространяемое ПО | бессрочно |
| FAR Manager | свободно распространяемое ПО | бессрочно |

### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

| Название курса  | Ссылка  |
|---|---|
| Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО                                | <a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>                               |
| Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам                                    | URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>                                    |
| Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)          | URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>      |
| Поисковая система Академия Google (Google Scholar)  | URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>                          |
| Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова   | <a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a> |
| Университетская информационная система РОССИЯ   | <a href="https://uisrussia.msu.ru">https://uisrussia.msu.ru</a>                                   |
| Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science» | <a href="http://webofscience.com">http://webofscience.com</a>                                     |
| Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Scopus»               | <a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>   |

### 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

| Тип и название аудитории                | Оснащение аудитории   |
|---|---|
| Лекционная аудитория 023, 227, 123      | Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации |
| Лаборатория электрических аппаратов 025 | Лабораторные стенды – 5 шт  |
| Компьютерный класс 023, 227 а           | Персональные компьютеры с пакетом MS Office и выходом в Интернет      |