МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Озерский технологический институт** –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего

образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**(ОТИ НИЯУ МИФИ)**

*КАФЕДРА Электрификации промышленных предприятий*

Актуализировано УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой ЭПП Директор ОТИ НИЯУ МИФИ

В.Н. Ивойлов И.А. Иванов

« » 20 г. « » 20 г.

### Рабочая программа ДИСЦИПЛИНЫ

*Электрический привод*

Направление подготовки

*13.03.02(ОФО) – электроэнергетика и электротехника*

Профиль подготовки

*Электроснабжение*

Квалификация выпускника

*Бакалавр*

Форма обучения

*очная*

г. Озерск

2022 год

# **Цели и задачи изучения дисциплины**

Целью изучения дисциплины «Электрический привод» является формирование у студентов необходимых знаний и умений по современному электрическому приводу, позволяющих им решать теоретические и практические задачи профессиональной деятельности. В результате освоения дисциплины у студентов формируется умение обоснованно выбирать метод решения задачи проектирования электропривода на базе разомкнутых и замкнутых схем управления с релейно-контакторными преобразователями и полупроводниковыми преобразователями и устройствами.

Задачами изучения основных разделов курса является:

* создание у студентов правильного представления о сущности происходящих в электрических приводах процессов преобразования энергии и о влиянии требований рабочих машин и технологий на выбор типа и структуры электропривода;
* выработка способности самостоятельно выполнять анализ движения электроприводов, определять их основных параметры и характеристики, оценивать энергетические показатели работы и выполнять выбор электродвигателей для привода машин и механизмов – формулировать и решать задачи выбора электродвигателей и систем управления электроприводом.

# **Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата.**

Дисциплина «Электрический привод» относится к дисциплинам по выбору вариативной части основной образовательной программы подготовки бакалавров по профилю «Электроснабжение» направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Предметом изучения дисциплины являются физические и математические модели электрических систем.

В курсе рассматриваются: основные положения теории подобия и моделирования; уравнения установившихся режимов электрических систем и методы их решения; методы оптимизации решений.

Дисциплины, усвоение которых необходимо для изучения данного курса: «Теоретические основы электротехники», «Электрические машины», «Электроника», «Энергетическая электроника».

Знания, полученные при освоении дисциплины «Электрический привод», используются при изучении таких дисциплин как, «Электроэнергетические системы и сети», «Электрические станции и подстанции», «Переходные процессы в электроэнергетических системах», «Системы электроснабжения». Сведения данной дисциплины необходимы при выполнении курсовых проектов и выпускной квалификационной работы бакалавра.

По завершению освоения учебной дисциплины, обучающиеся должны демонстрировать следующие результаты образования

Знать:

• назначение и функции электроприводов постоянного и переменного тока, их схемы, характеристики, режимы работы, регулировочные свойства, особенности пуска и торможения электродвигателей;

• методы формирования уравнений механического движения расчетной механической системы, методы их решения;

• назначение, устройство, принципы работы и основные функции аппаратуры управления и защиты электропривода, полупроводниковых преобразователей и устройств, применяемых в системах управления электроприводом;

• основные положения оценки энергоэффективности электропривода.

• особенности формулировки выбора электропривода для различных технологических задач.

Уметь:

• решать уравнения механического движения элементов электропривода;

• составлять расчетные схемы механической части электропривода, осуществлять приведение элементов расчетных схем;

• решать оптимизационные и технико-экономические задачи выбора способов регулирования координат электропривода, выбора электродвигателей и подбор систем управления.

Владеть:

• навыками составления расчётных схем и схем замещения электроэнергетических систем электропривода и их элементов для последующих расчётов;

• навыками расчета пусковых и добавочных сопротивлений с помощью точных и итерационных методов расчета;

• навыками выбора электродвигателей и их проверки по условиям нагрева.

# **Компетенции обучающегося, формируемые в процессе освоения дисциплины «Электрический привод»:**

В результате освоения данной дисциплины студент должен обладать следующими компетенциями:

|  |  |
| --- | --- |
| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
| ПК-3 Способен оформлять законченные проектно-конструк-торские работы с использованием современных компьютерных технологий | З-ПК-3 Знать: технологические схемы и схемы электрических соединений и их взаимосвязь применительно к объектам профессиональной деятельности  У-ПК-3 Уметь: применять программное обеспечение, принятое к использованию, по направлению  деятельности; производить анализ проектной документации и выдавать замечания и предложения  В-ПК-3 Владеть: навыками работы с информационными средствами и технологиями при разработке проектов в рамках задач профессиональной деятельности |
| УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач | З-УК-1 Знать: методики сбора и обработки  информации; актуальные российские и  зарубежные источники информации в сфере  профессиональной деятельности; метод  системного анализа  У-УК-1 Уметь: применять методики поиска,  сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников  В-УК-1 Владеть: методами поиска, сбора и  обработки, критического анализа и синтеза  информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач |

# **Структура и содержание дисциплины «Электрический привод»**

## 4.1 Структура курса:

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц 72 часа.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Раздел  дисциплины | Семестр | Неделя  семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и  трудоемкость (в часах) | | | | Формы текущего контроля успеваемо-сти  (по разделам) | Максимальный балл за раздел |
| Л | ПЗ | ЛР | СРС |
| 1. | **Раздел 1. Введение. Общие сведения об электроприводе.** | **7** | **1** | **2** |  |  |  |  | **2** |
| 2. | **Раздел 2. Механика электропривода.** | **7** | **2** | **2** | **2** |  |  | **Контрольные тесты** | **5** |
| 3. | **Раздел 3. Регулирование координат электропривода.** | **7** | **3** | **2** |  |  |  |  | **3** |
| 4. | **Раздел 4. Аппаратура управления и защиты электропривода.** | **7** | **3** |  | **2** |  |  | **Контрольный опрос** | **2** |
| 5. | **Раздел 5.****Электропривод с двигателями постоянного тока.** | **7** | **3-6** | **4** | **4** | **8** | **2** | **Защита ЛР №1 и ЛР №3** | **10** |
| 6. | **Раздел 6. Электропривод с двигателями переменного тока.** | **7** | **7-12** | **6** | **6** | **16** | **4** | **Защита ЛР №2, ЛР №4, ЛР №5 и ЛР №6** | **12** |
| 7. | **Раздел 7. Энергетические показатели работы электропривода** | **7** | **13** | **2** | **2** |  |  | **Контрольный опрос** | **5** |
| 8. | **Раздел 8.****Выбор электродвигателей и их проверка по условиям нагрева** | **7** | **14-15** | **4** |  |  | **2** | **Контрольные тесты, индивидуальное домашнее задание.** | **9** |
| 9. | **Раздел 9.****Замкнутые системы управления электроприводом** | **7** | **16** | **2** |  |  |  |  | **2** |
|  | **ИТОГО:** | **7** |  | **24** | **16** | **24** | **8** | Форма промежуточной аттестации – **экзамен** | **100** |

## 4.2 Содержание лекционно-практических форм обучения

*1. Введение. Общие сведения об электроприводе (2 часа).*

Содержание и задачи курса. Понятие «Электропривод». Назначение и функции электропривода (ЭП). История развития ЭП и его роль в современных технологиях. Структура ЭП и функции его основных элементов. Классификация электроприводов.

*2. Механика электропривода (4 часа).*

Уравнение механического движения элементов электропривода. Расчетные схемы механической части электропривода (одномассовая и многомассовые). Механические характеристики двигателя и рабочей машины. Установившееся движение электропривода. Устойчивость механического движения. Неустановившееся движение электропривода.

*3. Регулирование координат электропривода (2 часа).*

Понятие о регулировании координат электропривода. Регулирование скорости и положения электропривода. Регулирование тока и момента двигателя. Основные принципы построения систем управления электроприводами, применяемого при регулировании координат.

*4. Аппаратура управления и защиты электропривода (2 часа).*

Назначение и классификация электрических аппаратов. Электрические аппараты ручного управления. Силовые коммутационные аппараты ручного управления. Электрические аппараты дистанционного и автоматического управления. Устройства и аппараты защиты.

*5. Электропривод с двигателями постоянного тока (8 часов)*.

Классификация электродвигателей постоянного тока. Схема включения, статические характеристики и энергетические режимы двигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТ-НВ). Регулирование координат ДПТ-НВ с помощью резисторов в цепи якоря. Реостатное регулирование тока и момента при пуске, торможении и реверсе ДПТ-НВ. Регулирование скорости ДПТ НВ изменением магнитного потока. Регулирование координат ДПТ-НВ изменением напряжения, подводимого к якорю двигателя. Нереверсивная система «Тиристорный преобразователь – двигатель» (ТП-Д). Реверсивные системы ТП-Д. Регулирование координат в замкнутых системах ТП-Д. Схема включения, статические характеристики и режимы работы ДПТ-НВ последовательного возбуждения. Регулирование скорости, тока и момента ДПТ последовательного возбуждения: с помощью резисторов в цепи якоря, изменением номинального потока и напряжения. Свойства и характеристики электропривода с ДПТ-СВ.

*6. Электроприводы с двигателями переменного тока (12 часов)*.

Классификация электродвигателей переменного тока.

Электропривод с асинхронными двигателями: маркировка, схемы включения асинхронных двигателей (АД). Схема замещения, статические характеристики и энергетические режимы асинхронной машины. Регулирование скорости, тока и момента АД с помощью резисторов в цепях ротора и статора. Регулирование скорости АД изменением числа пар полюсов. Регулирование координат электропривода путем изменения напряжения питания АД. Регулирование скорости АД изменением частоты питающего напряжения. Преобразователи частоты, применяющиеся для частотного регулирования электроприводов. Режимы пуска, реверса и торможения АД. Управление электроприводами с асинхронными двигателями.

Электропривод с синхронными двигателями: схема включения и обеспечение пуска СД. Статические характеристики и режимы работы СД.

Электропривод с вентильными двигателями.

*7. Энергетические показатели работы электропривода (4 часа)*.

Основные положения оценки энергоэффективности электропривода. Энергетические показатели нерегулируемого и регулируемого ЭП в установившемся режиме работы электропривода. Потери энергии в переходных режимах работы электропривода и способы их снижения.

*8. Выбор электродвигателей и их проверка по условиям нагрева (4 часа)*.

Общие сведения по выбору электродвигателей. Расчет мощности электродвигателя и проверка двигателя по перегрузочной способности и условиям пуска. Процессы нагрева и охлаждения двигателя. Классификация режимов работы электродвигателей по условиям их нагрева. Особенности проверки по нагреву электродвигателей с различными режимами работы (S1, S2, S3).

*9. Замкнутые системы управления электроприводом (2 часа)*.

Принципы построения Замкнутые системы управления электроприводом. Технические средства, применяемые в замкнутых системах управления электроприводом. Пропорциональное, интегральное, дифференциальное (ПИД) - регулирование.

## 4.3. Лабораторные работы:

Работа №1. Исследование электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения (4 часа).

Работа №2. Исследование асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором (4 часа).

Работа №3. Исследование системы «Тиристорный преобразователь - двигатель постоянного тока» (4 часа).

Работа №4. Исследование разомкнутой системы «Преобразователь частоты – асинхронный двигатель» (4 часа).

Работа № 5. Исследование замкнутой системы «Преобразователь частоты - асинхронный двигатель» (4 часа).

Работа №6. Исследование преобразователя частоты OMRON CIMR F7 (4 часа).

# **Образовательные технологии**

В процессе преподавания дисциплины «Электрический привод» используются как традиционные формы обучения – лекции, лекции-презентации и практические занятия, так и активные и интерактивные методы обучения – подготовка к лабораторным и практическим занятиям, выполнение индивидуальных домашних заданий.

При проведении лекционных и практических занятий используется наглядно-иллюстрационный раздаточный материал.

# **Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

В процессе обучения для оценки уровня усвоения разделов дисциплины «Электрический привод» и результативности самостоятельной работы студентов применяются активные методы контроля:

## 6.1. Текущий контроль

*Цель контроля:* Регулярное отслеживание уровня усвоения материала на лекциях, практических и лабораторных занятиях.

*Форма проведения:* На практических занятиях проводятся опрос, тестирование и/или контрольные работы в объеме 1 часа в виде самостоятельного решения задач по теме практического занятия; на лабораторных занятиях путем опроса проводится допуск к выполнению работы.

*Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов:*

- контрольные тесты;

- контрольные задачи;

- методические указания к выполнению лабораторных работ.

## 6.2. Самоконтроль, осуществляемый студентом в процессе изучения дисциплины.

*Цель контроля:* Результативность самостоятельной работы студента

*Форма проведения:* Консультации для студента, во время которых он может оценить результаты своей самостоятельной работы при подготовке к контрольным работам, при выполнении индивидуальных домашних заданий и при подготовке к выполнению лабораторных работ и защите отчетов.

*Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов:*

- индивидуальные домашние задания;

- задачи для самостоятельного решения;

- методические указания к выполнению лабораторных работ.

## 6.3. Промежуточный контроль по окончании изучения раздела дисциплины.

*Цель контроля:* Оценка степени усвоения материала раздела.

*Форма проведения:* Защита индивидуальных домашних заданий и отчетов по лабораторным работам.

*Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов:*

- индивидуальные домашние задания;

- методические указания к выполнению лабораторных работ.

## 6.4. Итоговый контроль

*Цель контроля:* Проверка знаний и навыков студентов, полученных на лекционных, практических и лабораторных занятиях, при выполнении индивидуальных домашних заданий.

*Форма проведения:* При положительных результатах текущего и промежуточного контроля за семестр студенты сдают экзамен.

*Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов:*

- вопросы для подготовки к экзамену по дисциплине «Электропривод»;

- экзаменационные билеты.

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

## 7.1 Основная литература:

Москаленко В.В. Электрический привод – М.: Изд. Центр «Академия», 2014

Кацман М.М. Электрический привод – М.: Изд. Центр «Академия», 2014

Онищенко Г.Б. Электрический привод - М.: Изд. Центр «Академия», 2006

Попов В.Н. Электрический привод. Методические указания к выполнению лабораторных работ.– Озерск, 2016

## 7.2 Дополнительная литература

Москаленко В.В. Автоматизированный электропривод – М., Энергоатомиздат, 1986

Соколовский Г. Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. - М.: Академия, 2006.

Вольдек А.И. Электрические машины – Изд.Энергия, Ленинградское отделение, 1974

# **Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Лабораторный комплекс «Электрический привод» (производитель ООО НПП «Учтех-Профи» Южно-Уральского государственного университета) и ПЭВМ лаборатории № 207 для выполнения лабораторных работ и индивидуальных домашних заданий. В состав лабораторного комплекса «Электрический привод» входит электромашинный агрегат, персональный компьютер с платой ввода/вывода, диск с программным обеспечением «LabDrive» и «LabShow» и ряд модулей:

– модуль питания стенда (МПС);

– модуль питания (МП);

– модуль измерителя мощности (МИМ);

– модуль добавочных сопротивлений №1 (МДС1);

– модуль ввода/вывода (МВВ);

– модуль силовой (СМ);

– модуль преобразователя частоты (ПЧ);

– модуль тиристорного преобразователя (ТП);

– модуль регуляторов (МР);

– модуль измерительный (МИ).

Электромашинный агрегат включает в себя машину переменного тока, машину постоянного тока и импульсный датчик скорости.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ по   
специальности *13.03.02 – электроэнергетика и электротехника*

Программу подготовил: Р.М. Зубаиров – ст. преподаватель кафедры

Электрификации промышленных предприятий

Рецензент: В.Н. Ивойлов – и.о. заведующего кафедрой

Электрификации промышленных предприятий

Дополнена: Т.Ф. Лифановой, заведующей лабораторией кафедры Электрификации промышленных предприятий

Программа одобрена на заседании

от 20.01.2022 года, протокол № 5.