

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
(РУТ (МИИТ))



Рабочая программа дисциплины (модуля),
как компонент образовательной программы
высшего образования - программы бакалавриата
по направлению подготовки
15.03.06 Мехатроника и робототехника,
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)
Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Электропривод промышленных роботов

Направление подготовки: 15.03.06 Мехатроника и робототехника

Направленность (профиль): Автоматизация и роботизация
технологических процессов

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде
электронного документа выгружена из единой
корпоративной информационной системы управления
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)
ID подписи: 6216
Подписал: заведующий кафедрой Неклюдов Алексей
Николаевич
Дата: 01.06.2022

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целями освоения учебной дисциплины (модуля) являются:

- изучение структуры, принципов функционирования и управления электроприводами промышленных роботов;
- изучение основ расчета и проектирования электроприводов промышленных роботов.

Задачами дисциплины (модуля) являются:

- овладение знаниями о электрических приводах промышленных роботов;
- формирование представлений у студентов необходимых при проектировании и модернизации электрических приводов промышленных роботов.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

ПК-1 - Способен осуществлять разработку конструкторской документации на специализированное оборудование мехатронных и робототехнических систем.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

Владеть:

- навыками чтения электрических схем приводов промышленных роботов и расчёта их параметров;
- навыками выбора типа привода с требуемыми выходными характеристиками;
- навыками выбора способа регулирования параметров электрического привода, обеспечивающих выполнение операций технологического процесса.

Знать:

- методики расчета и выбора элементов электрических приводов;
- схемы включения электрических машин, коммутирующих устройств, информационных устройств электрических приводов;
- основные принципы управления электроприводами;
- типовые схемы разомкнутых и замкнутых схем электроприводов.

Уметь:

- выполнять расчеты электрических приводов промышленных роботов;

- применять полученные знания при создании электрических приводов с автоматическими системами управления, при модернизации и модификации систем электроприводов промышленных роботов.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 6 з.е. (216 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов		
	Всего	Семестр	
		№5	№6
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	140	80	60
В том числе:			
Занятия лекционного типа	62	32	30
Занятия семинарского типа	78	48	30

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 76 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

4. Содержание дисциплины (модуля).

4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	Основные понятия. Рассматриваемые вопросы: - основные понятия и определения; - классификация электрических приводов; - структура электрических приводов; - история развития электропривода и его роль в робототехнике.
2	Механика электропривода. Рассматриваемые вопросы: - уравнение движения электропривода; - механические характеристики исполнительных органов промышленных роботов; - приведение моментов и сил, масс и моментов инерции; - одномассовая модель механической части; - многомассовые модели; - установившееся движение и его устойчивость; - неустановившееся движение электропривода.
3	Регулирование координат электропривода. Рассматриваемые вопросы: - регулирование скорости; - регулирование момента и тока; - регулирование положения.
4	Электроприводы с двигателями постоянного тока независимого возбуждения. Рассматриваемые вопросы: - схемы включения и статические характеристики двигателя постоянного тока (ДПТ) независимого возбуждения; - регулирование скорости ДПТ независимого возбуждения с помощью резистора в цепи якоря; - регулирование тока и момента при пуске, торможении и реверсе ДПТ независимого возбуждения; - регулирование скорости изменением магнитного потока; - регулирование координат электропривода изменением напряжения якоря; - импульсное регулирование скорости электропривода ДПТ.
5	Электроприводы с двигателями постоянного тока последовательного возбуждения. Рассматриваемые вопросы: - схемы включения и статические характеристики двигателя постоянного тока (ДПТ) последовательного возбуждения; - регулирование скорости ДПТ последовательного возбуждения с помощью резистора; - расчет регулировочных резисторов; - регулирование тока и момента при пуске, торможении и реверсе ДПТ последовательного возбуждения.
6	Электропривод с асинхронным двигателем. Рассматриваемые вопросы: - схемы включения и статические характеристики и режимы работы асинхронного двигателя (АД); - пуск и торможение АД; - электропривод с однофазным АД.
7	Регулируемый асинхронный электропривод. Рассматриваемые вопросы: - регулирование координат АД с помощью резисторов; - расчет регулировочных резисторов; - регулирование координат электропривода с АД изменением напряжения; - регулирование координат электропривода с АД изменением частоты питающего напряжения;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- регулирование координат электропривода с АД изменением числа пар полюсов; - импульсный способ регулирования координат электропривода с АД.
8	Электропривод с синхронным двигателем. Рассматриваемые вопросы: - схемы включения и статические характеристики и режимы работы синхронного двигателя (СД); - пуск, регулирование скорости и торможение синхронных двигателей.
9	Синхронные электроприводы. Рассматриваемые вопросы: - электропривод с вентильным двигателем; - электропривод с шаговым двигателем; - вентильно-индукторный электропривод.
10	Взаимосвязанный электропривод. Рассматриваемые вопросы: - электропривод с механическим соединением валов двигателей; - электропривод с механическим дифференциалом; - электропривод с электрическим валом.
11	Энергетика электропривода. Рассматриваемые вопросы: - потери мощности и энергии в установившемся режиме работы; - потери мощности и энергии в переходных режимах работы; - КПД электропривода; - коэффициент мощности электропривода.
12	Выбор электродвигателя по мощности. Рассматриваемые вопросы: - нагрузочные диаграммы механизма и двигателя; - расчет мощности привода и выбор электродвигателя по мощности и моменту; - тепловая модель двигателя; - стандартные режимы работы электрических двигателей; - методы проверки электродвигателя по нагреву – прямой и косвенный; - проверка по нагреву резисторов в силовых цепях привода.
13	Выбор электродвигателя для различных типов привода. Рассматриваемые вопросы: - электромашинный преобразователь; - неуправляемые и управляемые полупроводниковые выпрямители; - полупроводниковые преобразователи частоты; - тиристорный регулятор напряжения; - устройства импульсного управления.
14	Преобразовательные устройства электропривода. Рассматриваемые вопросы: - пуск двигателя постоянного тока; - торможение двигателя постоянного тока – рекуперативное, динамическое, противовключением; - схема динамического торможения в функции времени; - схема динамического торможения в функции скорости.
15	Разомкнутые системы управления электродвигателями. Схемы управления двигателями постоянного тока. Рассматриваемые вопросы: - пуск асинхронного двигателя; - торможение противовключением; - динамическое торможение.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
16	Разомкнутые системы управления электродвигателями. Схемы управления асинхронным двигателем. Рассматриваемые вопросы: - пуск асинхронного двигателя; - торможение противоключением; - динамическое торможение.
17	Замкнутые системы управления электродвигателями. Рассматриваемые вопросы: - функциональная схема замкнутой системы регулирования; - замкнутые автоматизированные системы электропривода постоянного тока; - замкнутые автоматизированные системы электропривода переменного тока; - понятие об устойчивости замкнутых систем автоматического регулирования; - адаптивные системы автоматического регулирования.
18	Замкнутые системы управления электродвигателями постоянного тока. Рассматриваемые вопросы: - полупроводниковые преобразователи электрических приводов и их применение в замкнутых системах электроприводов постоянного тока; - замкнутая система преобразователь-двигатель с ос по скорости ДПТ независимого возбуждения; - регулирование (ограничение) тока и момента ДПТ с помощью нелинейной ос по току.
19	Замкнутые СУ электроприводом переменного тока с асинхронными двигателями Рассматриваемые вопросы: - замкнутая схема управления асинхронным электроприводом, выполненным по схеме «тиристорный регулятор напряжения-асинхронный двигатель»; - замкнутая схема управления асинхронным электроприводом при изменении частоты и величины питающего напряжения; - замкнутая схема импульсного регулирования скорости асинхронного двигателя с помощью резистора в цепи ротора.
20	Следящий электропривод. Рассматриваемые вопросы: - структурная схема следящего электропривода; - классификация следящих приводов; - следящий электропривод постоянного тока непрерывного действия с электромашинным усилителем; - следящий электропривод постоянного тока релейного действия; - следящий электропривод переменного тока пропорционального действия; - цифроаналоговый позиционный следящий электропривод постоянного тока.
21	Структурные схемы электрических приводов. Последовательность проектирования электропривода. Рассматриваемые вопросы: - момент инерции двигателя и электромеханическая постоянная; - индуктивность обмоток машин постоянного тока и электромагнитная постоянная времени; - структурные схемы и передаточные функции электропривода постоянного тока; - структурные схемы и передаточные функции электроприводов с асинхронными двигателями; - параметры и передаточные функции преобразователя в системе преобразователь-двигатель; - последовательность расчета электропривода.
22	Динамика электрических приводов. Рассматриваемые вопросы: - переходные процессы в электромеханических системах; - динамика разомкнутых электромеханических систем; - динамика приводов с замкнутыми системами управления.

4.2. Занятия семинарского типа.

Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Регулирование скорости ДПТ независимого возбуждения с помощью резистора в цепи якоря. В результате выполнения лабораторной работы определяется характеристика привода постоянного тока с резистором в цепи якоря.
2	Торможение двигателя постоянного тока. В результате выполнения лабораторной работы моделируются схемы торможения двигателя постоянного тока.
3	Асинхронные двигатели. В результате выполнения лабораторной работы моделируются схемы управления асинхронными двигателями.
4	Регулирование АД. В результате выполнения лабораторной работы рассматриваются схемы регулирования асинхронных двигателей, их характеристики.
5	Замкнутая система регулирования ДПТ. В результате выполнения лабораторной работы определяются характеристики привода с ДПТ при регулировании по току и моменту.
6	Вентильный двигатель. В результате выполнения лабораторной работы рассматриваются характеристики привода с вентильным двигателем.
7	Шаговый двигатель. В результате выполнения лабораторной работы определяются характеристики шагового двигателя.
8	Импульсные способы регулирования. В результате выполнения лабораторной работы рассматривается применение импульсного сигнала при регулировании электрических приводов.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Структура электрических приводов. В результате выполнения практического задания рассматривается структура электрических приводов и назначение функциональных узлов привода.
2	Приведение сил и моментов для электроприводов промышленных роботов. В результате выполнения практического задания рассматриваются приведение моментов и сил для различных промышленных роботов.
3	Одномассовая и многомассовые модели. В результате выполнения практического задания рассматриваются одномассовая и много массовые модели механической части электрических приводов.
4	Регулирование координат электропривода. В результате выполнения практического задания рассматриваются способы регулирования координат электропривода.
5	Электропривод постоянного тока. В результате выполнения практического задания рассматриваются схемы включения и характеристики электропривода с ДПТ независимого и последовательного возбуждения, производится сравнение ДПТ с разными способами включения обмотки возбуждения.
6	Регулирование ДПТ независимого возбуждения.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	В результате выполнения практического задания рассматриваются способы регулирования ДПТ с независимым возбуждением и моделируются схемы с ДПТ.
7	Регулирование ДПТ последовательного возбуждения. В результате выполнения практического задания рассматриваются способы регулирования ДПТ с последовательным возбуждением и моделируются схемы с ДПТ.
8	Асинхронный электропривод. В результате выполнения практического задания рассматриваются схемы включения асинхронных двигателей.
9	Регулирование координат АД с помощью резисторов. В результате выполнения практического задания рассматривается расчет регулировочных резисторов.
10	Регулирование асинхронных двигателей. В результате выполнения практического задания рассматриваются способы регулирования асинхронных двигателей и моделируются различные схемы регулирования асинхронных двигателей.
11	Электроприводы с синхронными двигателями. В результате выполнения практического задания рассматриваются схемы включения синхронных двигателей.
12	Вентильные двигатели. В результате выполнения практического задания рассматриваются схемы включения вентильных синхронных двигателей.
13	Импульсные способы регулирования. В результате выполнения практического задания рассматривается способ импульсного регулирования для приводов переменного и постоянного тока.
14	Взаимосвязанный электропривод. В результате выполнения практического задания рассматривается электропривод, включающий несколько двигателей, работающих на нагрузку.
15	Энергетика электропривода. В результате выполнения практического задания рассматриваются потери в электрических приводах, расчет КПД привода.
16	Тепловая модель двигателя. В результате выполнения практического задания рассматриваются различные тепловые модели электродвигателей и расчет нагрева двигателя.
17	Выбор электродвигателя по мощности. В результате выполнения практического задания рассматриваются нагрузочные диаграммы и определение по ним средних значений нагрузки.
18	Преобразовательные устройства. В результате выполнения практического задания рассматриваются преобразователи частоты, напряжения и рода тока.
19	Схемы пуска и торможения ДПТ. В результате выполнения практического задания моделируются различные схемы пуска и торможения ДПТ.
20	Схемы пуска и торможения асинхронных двигателей. В результате выполнения практического задания моделируются схемы пуска и торможения асинхронных двигателей.
21	Замкнутые автоматизированные системы электропривода постоянного тока. В результате выполнения практического задания рассматриваются замкнутые системы регулирования ДПТ.
22	Замкнутые автоматизированные системы электропривода переменного тока. В результате выполнения практического задания рассматривается система управления «тиристорный

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	регулятор напряжения-асинхронный двигатель».
23	Управление асинхронным двигателем изменением параметров питающей сети. В результате выполнения практического задания рассматривается замкнутая схема управления асинхронным электроприводом при изменении частоты и величины питающего напряжения.
24	Следящий электропривод. В результате выполнения практического задания рассматривается структура и классификация следящих приводов.
25	Последовательность проектирования электропривода. В результате выполнения практического задания рассматривается пример расчета электрического привода.
26	Структурные схемы электрических приводов постоянного тока. В результате выполнения практического задания рассматривается структурная схема привода постоянного тока и определение ее параметров.
27	Структурные схемы электрических приводов переменного тока. В результате выполнения практического задания рассматривается структурная схема привода постоянного тока и определение ее параметров.
28	Расчет динамики электропривода. В результате выполнения практического задания рассматриваются способы расчета динамики электрических приводов.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Подготовка к практическим занятиям.
2	Подготовка к лабораторным работам.
3	Изучение дополнительной литературы.
4	Выполнение курсовой работы.
5	Подготовка к промежуточной аттестации.
6	Подготовка к текущему контролю.

4.4. Примерный перечень тем курсовых работ

В рамках курсовой работы выполняется проектирование одного из указанных видов приводов промышленных роботов в соответствии с параметрами указанными в задании на курсовую работу:

1. Проектирование привода постоянного тока;
2. Проектирование привода переменного тока с асинхронным двигателем;
3. Проектирование привода с синхронным двигателем.

При выполнении курсовой работы выполняется обзор существующих электрических приводов робототехнических систем и схем управления ими с

составлением электрической схемы привода, расчетом параметров заданного электрического привода и выбором его основных элементов. (приводятся в пояснительной записке объемом 30-40 страниц). Графическая часть курсовой работы содержит электрическую схему привода (формат А1 с перечнем элементов).

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Новожилов, О. П. Электротехника (теория электрических цепей) в 2 ч. Часть 1. : учебник для вузов / Тоерия электропривода О. П. Новожилов. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 403 с.	URL: https://urait.ru/bcode/490862 (дата обращения: 02.03.2022).
2	Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Теория электропривода: Учебник для вузов. – СПб.: Энергоатомиздат, Санкт-Петербургское отд-ние, 1994.- 496с.	https://www.elec.ru/library/nauchnaya-i-tehnicheskaya-literatura/kovchin-teoriya-elektroprivoda/
3	Григорьев, Павел Александрович. Электроприводы : учеб. пособие для студ. спец. "Наземные транспортно-технологические средства" и напр. "Мехатроника и робототехника" / П. А. Григорьев, Н. А. Зайцева ; МИИТ. Каф. "Наземные транспортно-технологические средства". - М. : РУТ(МИИТ), 2021. - 127 с.	URL: http://195.245.205.32:8087/jirbis2/books/scanbooks_new/upos/DC-1565.pdf . - Б. ц. - Текст : непосредственный
4	Красовский А. Б. Основы электропривода	URL: https://ibooks.ru/bookshelf/374845/reading (дата обращения: 02.03.2022). - Текст: электронный.

	: учебное пособие. — 2-е изд., испр. / А.Б. Красовский. - Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. - 409 с.	
5	Общий курс электропривода Ильинский Н.Ф., Козаченко В.Ф. Учебное пособие М.: Энергоатомиздат , 1992 – 367 с.	URL: https://bookree.org/reader?file=579935
6	Москаленко В.В. Электрический привод: Учебное пособие для сред.проф.образования. – 2-е изд., стер.- М.:Издательский центр «Академия», 2004.-368с.	URL: https://bookree.org/reader?file=579935
7	Основы цифровой схемотехники Бабиц Н.П., Жуков И.А. Учебное пособие М.: Изд. дом «Додэка-XXI», 2010.-480с.	URL: https://e.lanbook.com/book/40958 (дата обращения: 02.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
8	Пашков, Е. В. Следящие приводы промышленного технологического оборудования : учебное пособие / Е. В. Пашков, В. А. Крамарь, А. А. Кабанов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 368 с.	URL: https://e.lanbook.com/book/168799 (дата обращения: 07.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

Официальный сайт РУТ (МИИТ) (<https://www.miit.ru/>)

Научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ) (<http://library.miit.ru>)

Образовательная платформа «Юрайт» (<https://urait.ru/>)

Общие информационные, справочные и поисковые «Консультант Плюс»

(<http://www.consultant.ru/>)

«Гарант» (<http://www.garant.ru/>)

Главная книга (<https://glavkniga.ru/>)

Электронно-библиотечная система издательства (<http://e.lanbook.com/>)

Электронно-библиотечная система ibooks.ru (<http://ibooks.ru/>)

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

Microsoft Office (Word, Excel); Mathcad; KiCad; Elektronics Workbench.

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

1. Рабочее место преподавателя с персональным компьютером, подключённым к сетям INTERNET.

2. Программное обеспечение для создания текстовых и графических документов, презентаций.

3. Специализированная лекционная аудитория с мультимедиа аппаратурой.

4. Специализированная аудитория для выполнения лабораторных работ, оснащенная испытательными стендами, оборудованная рабочими столами, электрическими розетками, компьютером, проектором и экраном, и доступом в INTERNET.

9. Форма промежуточной аттестации:

Курсовая работа в 5 семестре.

Экзамен в 5, 6 семестрах.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы

Доцент, доцент, к.н. кафедры
«Наземные транспортно-
технологические средства»

Зайцева Наталья
Александровна

Лист согласования

Заведующий кафедрой НТТС
Председатель учебно-методической
комиссии

А.Н. Неклюдов

С.В. Володин