

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 - программа магистратуры
по направлению подготовки
15.04.06 Мехатроника и робототехника,
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)
Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Приводы и системы управления роботов и робототехнических систем

Направление подготовки: 15.04.06 Мехатроника и робототехника

Направленность (профиль): Роботы и робототехнические системы

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: 01.06.2024

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целями освоения дисциплины (модуля) являются:

- знакомство студентов с функционированием и методами расчета приводов роботов и робототехнических систем;
- знакомство с системами управления приводами;
- изучение методов расчёта автоматизированных приводов различных типов.

Задачами дисциплины (модуля) являются:

- овладение знаниями о автоматизированных электрических, гидравлических и пневматических приводах;
- овладение знаниями о системах управления приводами роботов;
- формирование представлений у студентов о методах исследования приводов роботов и робототехнических систем.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

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

ОПК-11 - Способен организовывать разработку и применение алгоритмов и современных цифровых программных методов расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем ;

ОПК-12 - Способен организовывать монтаж, наладку, настройку и сдачу в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей ;

ПК-1 - Способен составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем, включая исполнительные, информационно-сенсорные и управляющие модули, с применением методов формальной логики, методов конечных автоматов, сетей Петри, методов искусственного интеллекта, нечеткой логики, генетических алгоритмов, искусственных нейронных и нейро-нечетких сетей;

ПК-2 - Способен использовать имеющиеся программные пакеты и, при необходимости, разрабатывать новое программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования;

ПК-3 - Способен разрабатывать экспериментальные макеты управляющих, информационных и исполнительных модулей мехатронных и робототехнических систем и проводить их исследование с применением современных информационных техно-логий;

ПК-5 - Способен разрабатывать методики проведения экспериментов и проводить эксперименты на действующих макетах и образцах мехатронных и робототехнических систем и их подсистем, обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств;

ПК-10 - Готов к выполнению настройки, наладки, сопровождению эксплуатации оборудования мехатронных и робототехнических систем;

ПК-11 - Готов осуществлять контроль, обслуживание и обеспечение надежности и безопасности оборудования мехатронных и робототехнических систем.

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

Знать:

знать принципы работы и классификацию приводов робототехнических систем;

знать методы расчета и подбора приводов для задач робототехники;

знать структурные схемы систем управления приводами роботов;

знать алгоритмы управления различными типами приводов (электрическими, пневматическими, гидравлическими);

знать характеристики и параметры современных двигателей и преобразователей энергии;

знать методы позиционирования и точного управления движением исполнительных органов;

знать способы диагностики и контроля состояния приводных систем;

знать требования безопасности при работе с силовыми приводами роботов.

Уметь:

уметь выбирать тип привода для конкретных робототехнических задач;

уметь рассчитывать основные параметры и характеристики приводных систем;

уметь разрабатывать структурные схемы систем управления приводами;

уметь программировать контроллеры для управления различными типами приводов;

уметь настраивать системы обратной связи для точного позиционирования;

уметь анализировать динамические характеристики приводных систем;

уметь диагностировать неисправности в системах управления приводами;

уметь оптимизировать энергопотребление приводных систем роботов.

Владеть:

владеть методами расчета и выбора приводов для робототехнических систем;

владеть навыками программирования контроллеров управления приводами;

владеть методиками настройки систем обратной связи приводов;

владеть способами диагностики и тестирования приводных систем;

владеть методами анализа динамических характеристик приводов;

владеть технологиями управления сервоприводами и шаговыми двигателями;

владеть практическими навыками работы с силовой электроникой приводов;

владеть методами обеспечения безопасности при работе с приводами роботов;

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 11 з.е. (396 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	
		№2	№3
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	128	80	48
В том числе:			
Занятия лекционного типа	64	32	32
Занятия семинарского типа	64	48	16

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 268 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	Общие сведения о приводах роботов. Рассматриваемые вопросы: - особенности приводов роботов и робототехнических систем; - силовой контур привода: источники питания, двигатели, преобразовательные устройства; - контур управления.
2	Виды управления приводами. Рассматриваемые вопросы: - непрерывное управление; - импульсное управление; - релейное управление.
3	Электрические приводы. Рассматриваемые вопросы: - электрические исполнительные устройства; - выбор и расчет исполнительных двигателей; - механические характеристики и регулировочные свойства электродвигателей механика электропривода.
4	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.
5	Преобразовательные устройства электропривода. Рассматриваемые вопросы: - электромашинный преобразователь; - неуправляемые и управляемые полупроводниковые выпрямители;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> - полупроводниковые преобразователи частоты; - тиристорный регулятор напряжения; - устройства импульсного управления.
6	<p>Параметры и структурные схемы электроприводов.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - момент инерции и электромеханическая постоянная времени; - индуктивность обмоток маши постоянного тока и электромагнитная постоянная времени; - структурные схемы и передаточные функции электроприводов постоянного тока; - структурные схемы и передаточные функции электроприводов с асинхронными двигателями; - параметры и передаточные функции преобразователей в системах преобразователь-двигатель.
7	<p>Динамика разомкнутых электромеханических систем.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - переходные процессы в электромеханических системах; - время пуска и торможения электропривода; - переходные процессы в приводах с двигателем постоянного тока; - переходные процессы в приводах с двигателями переменного тока.
8	<p>Динамика замкнутых электромеханических систем.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - приводы с замкнутыми системами управления; - системы подчиненного регулирования; - синтез систем подчиненного управления.
9	<p>Основные устройства следящих систем.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - структурная схема и классификация следящего электропривода; - устройства измерения и преобразования рассогласования сигналов; корректирующие устройства.
10	<p>Следящий электропривод.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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.
11	<p>Динамика следящих электроприводов.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - частотные показатели качества; - анализ и построение желаемых ЛАЧХ и ФЧХ следящей системы; - синтез последовательного корректирующего устройства; - синтез корректирующих обратных связей.
12	<p>Гидравлические приводы.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - структура и основные элементы гидравлических приводов; - гидравлические исполнительные устройства; - выбор и расчет исполнительных двигателей; - выбор и расчет гидроаппаратуры.
13	<p>Автоматизированные гидравлические приводы.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - комплектующие узлы программных и следящих гидравлических приводов; - электрогидравлические усилители мощности: сопло-заслонка, струйная трубка, многокаскадные; - виды управления автоматизированными гидроприводами робототехнических систем.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
14	<p>Математическая модель гидропривода с дроссельным регулированием скорости.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - обобщенная схема гидропривода дроссельного регулирования; - допущения, принимаемые при моделировании; - математические модели двигателя, дросселирующего распределителя; - учет потерь давления; - силы, действующие на привод.
15	<p>Математическая модель гидропривода с объемным регулированием.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - обобщенная схема гидропривода объемного регулирования; - допущения, принимаемые при моделировании; - линеаризованная математическая модель.
16	<p>Выбор параметров гидроприводов дроссельного регулирования с различными видами сигнала управления.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - гидропривод с позиционной СУ; - релейные гидроприводы; - гидроприводы с непрерывным управлением.
17	<p>Электрогидравлические следящие системы.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - электрогидравлические следящие системы дроссельного регулирования; - электрогидравлические следящие системы объемного регулирования.
18	<p>Рассматриваемые вопросы:</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - структура и основные элементы пневматических приводов; - пневматические исполнительные устройства; - выбор и расчет исполнительных двигателей; - выбор и расчет пневмоаппаратуры.
19	<p>Автоматизированные пневматические приводы.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - комплектующие узлы; - электропневматические усилители мощности.
20	<p>Математическая модель пневматического привода.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - схемы управления пневматическими приводами; - допущения, принимаемые при расчетах; - основные уравнения динамики пневмопривода.
21	<p>Выбор параметров пневматических приводов.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализ динамики и выбор параметров пневмопривода с остановом по упорам; - выбор параметров пневмопривода с позиционной системой управления.
22	<p>Электропневматические следящие системы.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - электропневматические следящие системы; - линейная модель пневматического привода; - устойчивость и корректировка характеристик следящего пневмопривода.

4.2. Занятия семинарского типа.

Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Исследование механических и электромеханических характеристик двигателя постоянного тока. В результате выполнения лабораторной работы определяются характеристики привода постоянного тока.
2	Исследование механических и электромеханических характеристик асинхронного двигателя. В результате выполнения лабораторной работы определяются характеристики асинхронного двигателя.
3	Исследование электромеханических переходных процессов в электроприводе с двигателем постоянного тока. В результате выполнения лабораторной работы моделируют переходные процессы в приводе постоянного тока.
4	Исследование электромеханических переходных процессов в электроприводе с асинхронным двигателем. В результате выполнения лабораторной работы моделируют переходные процессы в приводе переменного тока.
5	Исследование электромеханических переходных процессов в электроприводе с синхронным двигателем. В результате выполнения лабораторной работы исследуют процессы в приводе с синхронным двигателем.
6	Энергетические характеристики электрических приводов. В результате выполнения лабораторной работы определяются энергетические показатели электропривода.
7	Исследование характеристик привода с тиристорным преобразователем. Исследование характеристик привода с тиристорным преобразователем.
8	Частотно-управляемый асинхронный привод. В результате выполнения лабораторной работы моделируется работа привода с преобразователем частоты.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Приводы роботов. В результате выполнения практического задания рассматриваются типы приводов, применяемых в робототехнических системах, их характеристики.
2	Управление приводами. В результате выполнения практического задания рассматриваются системы управления робототехническими системами.
3	Выбор исполнительного двигателя электропривода. В результате выполнения практического задания рассматривается выбор типа привода робота.
4	Механические характеристики асинхронных двигателей. В результате выполнения практического задания рассматриваются механические характеристики и способы регулирования асинхронных двигателей.
5	Механические характеристики двигателей постоянного тока. В результате выполнения практического задания рассматриваются механические характеристики и способы регулирования двигателей постоянного тока.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
6	Синхронные двигатели. В результате выполнения практического задания особенности, характеристики и возможности регулирования синхронных двигателей.
7	Пуск и торможение электрических двигателей. В результате выполнения практического задания рассматриваются способы и схемы пуска и торможения электродвигателей.
8	Преобразовательные устройства электрических приводов. В результате выполнения практического задания рассматриваются преобразовательные устройства (выпрямители, преобразователи частоты) и выбор их параметров.
9	Динамика разомкнутых систем управления электроприводами. В результате выполнения практического задания рассматривается влияние параметров привода на его динамику.
10	Динамика замкнутых систем управления электроприводами. В результате выполнения практического задания рассматриваются замкнутые системы электроприводов и их динамика.
11	Передаточные функции электроприводов постоянного тока. В результате выполнения практического задания рассматриваются передаточные функции для элементов электропривода постоянного тока.
12	Передаточные функции электроприводов с асинхронными двигателями. В результате выполнения практического задания рассматриваются передаточные характеристики элементов привода переменного тока.
13	Следящий электропривод постоянного тока непрерывного действия с электромашинным усилителем. В результате выполнения практического задания рассматриваются структура и характеристики привода с электромашинным усилителем.
14	Следящий электропривод постоянного тока релейного действия. В результате выполнения практического задания рассматриваются структура, особенности и характеристики привода релейного действия.
15	Следящий электропривод переменного тока пропорционального действия. В результате выполнения практического задания рассматривается работа следящего электропривода.
16	Динамика следящих электроприводов. В результате выполнения практического задания рассматриваются математические модели и расчет динамики следящих приводов.
17	Гидравлические приводы. В результате выполнения практического задания рассматриваются особенности применения, схемы и характеристики гидравлических приводов.
18	Динамика гидропривода дроссельного регулирования. В результате выполнения практического задания рассматриваются уравнения, описывающие динамику гидравлического привода с дроссельным регулированием скорости.
19	Динамика гидропривода объемного регулирования. В результате выполнения практического задания рассматриваются передаточные функции элементов объемного гидропривода и исследование его динамики.
20	Следящие гидроприводы. В результате выполнения практического задания рассматриваются следящие гидроприводы.
21	Выбор параметров гидравлических приводов. В результате выполнения практического задания рассматривается методика выбора параметров гидропривода при различных способах регулирования.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
22	Пневматические приводы. В результате выполнения практического задания рассматриваются особенности применения, типовые схемы и элементы пневматических приводов.
23	Динамика пневматических приводов. В результате выполнения практического задания рассматриваются составление уравнений динамики для различных типов пневматических приводов.
24	Выбор параметров пневматических приводов. В результате выполнения практического задания рассматривается выбор параметров пневматических приводов при различных системах управления.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

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

4.4. Примерный перечень тем видов работ

2. Примерный перечень тем курсовых работ

1. Проектирование гидравлического привода с дроссельным регулированием скорости
2. Проектирование гидравлического привода с объемным регулированием скорости
3. Проектирование системы управления гидравлическим приводом
4. Проектирование пневматического привода
5. Проектирование системы управления автоматизированным пневматическим приводом
6. Проектирование системы управления автоматизированным гидравлическим приводом
7. Расчет привода с реечной передачей
8. Расчет привода с шарико-винтовой передачей
9. Расчет привода с планетарным редуктором
10. Расчет привода с волновой передачей

1. Примерный перечень тем курсовых проектов
 1. Проектирование привода с бесколлекторным двигателем постоянного тока
 2. Проектирование привода с асинхронным двигателем
 3. Проектирование привода с синхронным двигателем
 4. Проектирование привода с шаговым двигателем
 5. Проектирование системы управления приводом с бесколлекторным двигателем постоянного тока
 6. Проектирование системы управления приводом с асинхронным двигателем
 7. Проектирование системы управления приводом с синхронным двигателем
 8. Проектирование системы управления приводом с шаговым двигателем
 9. Проектирование системы приводов для 3 осевого манипулятора
 10. Проектирование системы приводов для 6 осевого манипулятора

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	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.	https://e.lanbook.com/book/168799 (дата обращения: 07.03.2024). — Текст: электронный.
2	Лозовецкий, В. В. Гидро- и пневмосистемы транспортно-технологических машин : учебное пособие / В. В. Лозовецкий. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 560 с.	https://e.lanbook.com/book/210929 (дата обращения: 21.05.2024). — Текст: электронный.
3	Фролов, Ю. М. Проектирование электропривода промышленных механизмов : учебное пособие / Ю. М. Фролов, В. П. Шелякин. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 448 с.	https://e.lanbook.com/book/211517 (дата обращения: 21.05.2024). — Текст: электронный.
4	Фролов, Ю. М. Регулируемый асинхронный электропривод : учебное пособие / Ю. М. Фролов, В. П. Шелякин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 464 с. — ISBN 978-5-8114-2177-0.	https://e.lanbook.com/book/212645 (дата обращения: 21.05.2024). — Текст: электронный.

5	Трифонова, Г. О. Гидропневмопривод: следящие системы приводов : учебное пособие для вузов / Г. О. Трифонова, О. И. Трифонова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 140 с.	https://urait.ru/bcode/542977 (дата обращения: 21.05.2024). — Текст: электронный.
6	Рачков, М. Ю. Пневматические системы автоматики : учебное пособие для вузов / М. Ю. Рачков. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 264 с.	https://urait.ru/bcode/538446 (дата обращения: 21.05.2024). — Текст: электронный.

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/>).

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

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

Электронно-библиотечная система [Znanium](http://znanium.ru/) (<http://znanium.ru/>).

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

Microsoft Internet Explorer (или другой браузер).

Операционная система Microsoft Windows.

Microsoft Office.

Microsoft Project.

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

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные компьютерной техникой и наборами демонстрационного оборудования.

9. Форма промежуточной аттестации:

Курсовая работа во 2 семестре.

Курсовой проект в 3 семестре.

Экзамен во 2, 3 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»

Н.А. Зайцева

Согласовано:

Заведующий кафедрой НТТС

А.Н. Неклюдов

Председатель учебно-методической
комиссии

С.В. Володин