

**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)**

**Электрооборудование и электропривод**

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: 610876  
Подписал: заведующий кафедрой Григорьев Павел  
Александрович  
Дата: 01.06.2025

## 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,
- знакомство студентов с конструктивными особенностями электрооборудования промышленных роботов;
- изучение назначения, принципа действия, конструкции электрооборудования промышленных роботов и методов его выбора.

Задачами дисциплины (модуля) являются:

- изучение основных понятий электропривода;
- освоение теории электропривода для робототехники;
- овладение знаниями об электрооборудовании промышленных роботов;
- овладение методами расчета и проектирования электроприводов промышленных роботов;
- развитие умений по рациональному выбору элементов электрооборудования;
- формирование навыков решения задач при проектировании электроприводов промышленных роботов;
- формирование навыков принятия наилучших решений из всех возможных;
- формирование представлений у студентов о путях развития и совершенствования электрооборудования, применяемого в приводах промышленных роботов.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

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

**ОПК-11** - Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые программные методы 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 участвовать в монтаже, наладке, настройке и сдаче в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей;

**ПК-2** - Способен производить комплексную настройку мехатронных и робототехнических систем, используя программное обеспечение контроллеров и управляющих ЭВМ, их систем управления ;

**ПК-3** - Способен разрабатывать электронные устройства мехатронных и робототехнических систем.

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

**Знать:**

- алгоритмы и современные методы расчетов и проектирования мехатронных и робототехнических систем;
- способы монтажа, наладки, настройки образцов мехатронных и робототехнических систем;
- способы комплексной настройки мехатронных и робототехнических систем;
- способы разработки электронных устройств.

**Уметь:**

- разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые методы расчетов и проектирования устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем;
- способы монтажа, наладки, настройки образцов мехатронных и робототехнических систем;
- способы комплексной настройки мехатронных и робототехнических систем;
- разрабатывать электронные устройства.

**Владеть:**

- навыками по применению современных методов расчета и проектирования мехатронных и робототехнических систем;
- методами монтажа и наладки мехатронных и робототехнических систем;
- навыками комплексной настройки мехатронных и робототехнических систем;
- навыками разработки электронных устройств.

3. Объем дисциплины (модуля).

### 3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 7 з.е. (252 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	
		№4	№5
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	160	64	96
В том числе:			
Занятия лекционного типа	64	32	32
Занятия семинарского типа	96	32	64

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 92 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	Обзор электрических устройств мехатронных и робототехнических систем Рассматриваемые вопросы: - обзор оборудования шкафов управления промышленных роботов; - назначение электрических устройств.
2	Устройства управления Рассматриваемые вопросы:

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- реле;</li> <li>- пускатель;</li> <li>- контактор.</li> </ul>
3	<b>Трансформаторы</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- устройство;</li> <li>- уравнения напряжений;</li> <li>- уравнения МДС и токов.</li> </ul>
4	<b>Юстировка роботов</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- устройство дифференциального трансформатора LVDT;</li> <li>- наладочное устройство для юстировки;</li> <li>- последовательность юстировки.</li> </ul>
5	<b>Резольверы</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- устройство резольвера, индуктопина, редуктопина.</li> </ul>
6	<b>Энкодеры</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- виды энкодеров;</li> <li>- устройство энкодера.</li> </ul>
7	<b>Калибровка для робота</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- датчики для калибровки;</li> <li>- виды калибровки инструмента;</li> <li>- калибровка базы.</li> </ul>
8	<b>Бесколлекторные машины переменного тока</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- устройство статора и ротора.</li> </ul>
9	<b>ЭДС обмотки статора</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- ЭДС катушки, катушечной группы, обмотки;</li> <li>- зубцовые гармоники ЭДС.</li> </ul>
10	<b>МДС обмотки статора</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- МДС сосредоточенной обмотки;</li> <li>- МДС распределенной обмотки;</li> <li>- МДС трехфазной обмотки статора.</li> </ul>
11	<b>Асинхронные двигатели. Режимы работы</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- двигательный режим;</li> <li>- генераторный режим;</li> <li>- потери и КПД.</li> </ul>
12	<b>Асинхронные электродвигатели. Магнитная цепь</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- расчет магнитной цепи.</li> </ul>
13	<b>Асинхронные электродвигатели. Электромагнитный момент</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- электромагнитный момент;</li> <li>- механическая характеристика.</li> </ul>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
14	<b>Нагревание и охлаждение электродвигателей</b> Рассматриваемые вопросы: - классы нагревостойкости; - режимы работы электродвигателей; - способы охлаждения электродвигателей.
15	<b>Бесконтактные датчики</b> Рассматриваемые вопросы: - устройство; - выходы датчиков; - подключение датчиков.
16	<b>Бесконтактные датчики для защиты оператора</b> Рассматриваемые вопросы: - виды датчиков для защиты оператора.
17	<b>Контроллеры. ПЛК безопасности</b> Рассматриваемые вопросы: - устройство; - схема подключения.
18	<b>Контроллеры. Реле безопасности</b> Рассматриваемые вопросы: - устройство; - схема подключения.
19	<b>Электрические схемы</b> Рассматриваемые вопросы: - виды схем; - схемы роботов.
20	<b>Электрические схемы роботов</b> Рассматриваемые вопросы: - разбор схем роботов; - оформление схем.
21	<b>Синхронные электродвигатели</b> Рассматриваемые вопросы: - устройство; - потери и КПД.
22	<b>Синхронные электродвигатели</b> Рассматриваемые вопросы: -электромагнитный момент; - угловая характеристика; - механическая характеристика.
23	<b>Бесколлекторные электродвигатели постоянного тока</b> Рассматриваемые вопросы: - коллекторные и бесколлекторные электродвигатели; - конструкции вентильных электродвигателей; - режимы управления инвертора; - датчики положения ротора.
24	<b>Инверторы</b> Рассматриваемые вопросы: - устройство инвертора; - определение положение ротора по обратной ЭДС; - электронный регулятор скорости.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
25	Преобразователи частоты/Сервоусилители Рассматриваемые вопросы: - виды управления; - принцип работы преобразователя частоты/сервоусилителя; - выбор и подключение преобразователя частоты/сервоусилителя.
26	Векторное управление Рассматриваемые вопросы: - системы координат; - координатные преобразования; - векторное управление асинхронным электродвигателем; - математическая модель асинхронного электродвигателя.
27	Векторное управление Рассматриваемые вопросы: - математическая модель синхронного электродвигателя; - векторное управление синхронным электродвигателем; - широтно-импульсная модуляция.
28	Тормозной резистор Рассматриваемые вопросы: - расчет параметров тормозного резистора.
29	Устройства защиты. Автоматический выключатель Рассматриваемые вопросы: - устройство автоматических выключателей.
30	Устройства защиты. Автоматический выключатель дифференциального тока Рассматриваемые вопросы: - устройство автоматических выключателей дифференциального тока.
31	Шаговые электродвигатели Рассматриваемые вопросы: - устройство; - режим коммутации обмоток; - механическая характеристика; - резонанс.
32	Шаговые электродвигатели Рассматриваемые вопросы: - управление скоростью нарастания тока; - мостовая схема; - управление скоростью спада тока; - драйвер.

#### 4.2. Занятия семинарского типа.

##### Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Расчет намагничивающего тока обмотки статора В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом намагничивающего тока.

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
2	Расчет механической характеристики асинхронного двигателя В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом механической характеристики.
3	Расчет мощности электродвигателя по нагрузочной диаграмме В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом мощности двигателей на основе заданных параметров звеньев.
4	Выбор энкодера В результате выполнения задания лабораторной работы рассматриваются вопросы, связанные с выбором энкодера.
5	Алгоритмы обработки сигнала энкодера В результате выполнения задания лабораторной работы рассматриваются вопросы, связанные с выбором энкодера.
6	Выбор резольвера В результате выполнения задания лабораторной работы рассматриваются вопросы, связанные с выбором резольвера.
7	Алгоритмы обработки сигнала резольвера В результате выполнения задания лабораторной работы рассматриваются вопросы, связанные с реализацией алгоритма обработки сигнала.
8	Выбор бесконтактных датчиков В результате выполнения задания лабораторной работы рассматриваются вопросы, связанные с выбором бесконтактных датчиков.
9	Измерение сопротивления изоляции В результате выполнения задания лабораторной работы рассматриваются вопросы, связанные с проектированием и моделирование робота.
10	Аппаратура управления электроприводом В результате выполнения задания лабораторной работы рассматриваются вопросы, связанные с изучением аппаратуры управления.
11	Средства защиты электропривода В результате выполнения задания лабораторной работы рассматриваются вопросы, связанные с изучением средств защиты.
12	Нереверсивный электропривод двигателя и его механическая характеристика В результате выполнения задания лабораторной работы рассматриваются вопросы, связанные с изучением нереверсивного привода.
13	Динамическое торможение асинхронного двигателя В результате выполнения задания лабораторной работы рассматриваются вопросы, связанные с изучением торможения.
14	Реверсивный электропривод В результате выполнения задания лабораторной работы рассматриваются вопросы, связанные с изучением электропривода.
15	Исследование электропривода под нагрузкой В результате выполнения задания лабораторной работы рассматриваются вопросы, связанные с исследованием привода.
16	Построение рабочих характеристик асинхронного двигателя В результате выполнения задания лабораторной работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом параметров для рабочих характеристик.
17	Исследование однофазного трансформатора В результате выполнения задания лабораторной работы рассматриваются вопросы, связанные с исследованием однофазного трансформатора.

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
18	Исследование трехфазного трансформатора В результате выполнения задания лабораторной работы рассматриваются вопросы, связанные с исследованием трехфазного трансформатора
19	Исследование синхронного двигателя с трапецеидальной ЭДС В результате выполнения задания лабораторной работы рассматриваются вопросы, связанные с исследованием синхронного двигателя.
20	Исследование синхронного двигателя с синусоидальной ЭДС В результате выполнения задания лабораторной работы рассматриваются вопросы, связанные с исследованием синхронного двигателя.
21	Исследование двигателя постоянного тока В результате выполнения задания лабораторной работы рассматриваются вопросы, связанные с исследованием двигателя постоянного тока.
22	Определение характеристик бесколлекторного электродвигателя постоянного тока В результате выполнения задания лабораторной работы рассматриваются вопросы, связанные с определением характеристик бесколлекторного электродвигателя постоянного тока.
23	Исследование синхронного генератора В результате выполнения задания лабораторной работы рассматриваются вопросы, связанные с исследованием синхронного генератора.
24	Исследование синхронного компенсатора В результате выполнения задания лабораторной работы рассматриваются вопросы, связанные с исследованием синхронного компенсатора.

### Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Создание релейно-контактных схем В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с созданием релейно-контактных схем.
2	Расчет номинальной мощности трансформатора В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом номинальной мощности трансформатора.
3	Расчет поперечного сечения обмоточных проводов и стержня магнитопровода В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом параметров трансформатора.
4	Калибровка инструмента робота В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с калибровкой.
5	Калибровка базы в пределах рабочей зоны робота В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с калибровкой.
6	Расчет ЭДС фазной обмотки статора В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом ЭДС фазной обмотки.
7	Расчет частоты вращения асинхронного электродвигателя В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом частоты вращения.
8	Расчет КПД В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом КПД.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
9	Создание электрических схем с ПЛК безопасности В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с созданием схем.
10	Подключение бесконтактных датчиков к ПЛК безопасности В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с подключением датчиков.
11	Выбор сервоусилителя для синхронного электропривода В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом параметров сервоусилителя.
12	Расчет тормозного резистора В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом тормозного резистора.
13	Модель асинхронного двигателя В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с реализацией модели асинхронного двигателя.
14	ШИМ в электроприводе переменного тока В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с реализацией ШИМ.
15	Модель синхронного двигателя с синусоидальной ЭДС В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с реализацией модели синхронного двигателя.
16	Модель синхронного двигателя с трапецеидальной ЭДС В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с реализацией модели синхронного двигателя.
17	Расчет механических приведенных параметров В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом механических приведенных параметров.
18	Расчет электрических приведенных параметров В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом электрических приведенных параметров.
19	Проектирование системы управления с синхронным двигателем В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с проектированием системы управления.
20	Проектирование системы управления бесколлекторным двигателем постоянного тока В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с проектированием системы управления.
21	Проектирование системы управления с шаговым двигателем В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с проектированием системы управления.
22	Модель бесколлекторного электродвигателя постоянного тока В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с реализацией модели бесколлекторного двигателя.
23	Выбор автоматического выключателя В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с выбором автоматического выключателя.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
24	Модель шагового электродвигателя В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с реализацией модели шагового двигателя.

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Подготовка к практическим занятиям.
2	Подготовка к лабораторным работам.
3	Выполнение курсового проекта.
4	Подготовка к промежуточной аттестации.
5	Подготовка к текущему контролю.

#### 4.4. Примерный перечень тем курсовых проектов

В рамках курсового проекта выполняется расчет привода промышленных роботов в соответствии с параметрами, указанными в задании.

При выполнении выполняется обзор существующих электрических приводов робототехнических систем и схем управления ими с составлением принципиальной электрической схемы привода, расчетом параметров заданного электрического привода и выбором его основных элементов.

Темы:

1. Расчет параметров электропривода одноосевого позиционера
2. Расчет параметров электропривода двухосевого позиционера
3. Расчет параметров электропривода поворотного звена в вертикальной плоскости для промышленного робота
4. Расчет параметров электропривода поворотного звена в горизонтальной плоскости для промышленного робота
5. Расчет параметров электропривода мехатронного устройства с реечной передачей
6. Расчет параметров электропривода мехатронного устройства с шарико-винтовой передачей
7. Расчет параметров электропривода мехатронного устройства по вариантам
8. Расчет параметров электропривода мехатронного устройства по вариантам

9. Расчет параметров электропривода мехатронного устройства по вариантам

10. Расчет параметров электропривода мехатронного устройства по вариантам

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: <a href="https://urait.ru/bcode/490862">https://urait.ru/bcode/490862</a> (дата обращения: 02.04.2023). - Текст: электронный.
2	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: <a href="https://e.lanbook.com/book/168799">https://e.lanbook.com/book/168799</a> (дата обращения: 02.04.2023). - Текст: электронный.
3	Фролов, Ю. М. Проектирование электропривода промышленных механизмов : учебное пособие / Ю. М. Фролов, В. П. Шелякин. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 448с.	URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/168642">https://e.lanbook.com/book/168642</a> (дата обращения: 02.04.2023). - Текст: электронный.
4	Сафиуллин, Р. Н. Электротехника и электрооборудование транспортных средств / Р. Н. Сафиуллин, В. В. Резниченко, М. А. Керимов ; под ред Р. Н. Сафиуллиной. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 400 с. — ISBN 978-5-507-46212-4.	URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/302318">https://e.lanbook.com/book/302318</a> (дата обращения: 23.04.2023). - 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/>)

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 Лань (<http://e.lanbook.com/>)

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

KiCad, EasyEDA, Electronics 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. Программное обеспечение для создания текстовых и графических документов, презентаций.

2. Специализированная лекционная аудитория с мультимедиа аппаратурой и интерактивной доской.

3. Для проведения тестирования: компьютерный класс.

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

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 4 семестре.

Курсовой проект в 5 семестре.

Экзамен в 5 семестре.

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»

А.В. Мишин

Согласовано:

Заведующий кафедрой НТТС

П.А. Григорьев

Председатель учебно-методической  
комиссии

С.В. Володин