

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

СОГЛАСОВАНО:

Выпускающая кафедра НТТС  
Заведующий кафедрой НТТС



А.Н. Неклюдов

25 мая 2020 г.

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИТТСУ



П.Ф. Бестемьянов

26 мая 2020 г.

Кафедра «Электропоезда и локомотивы»

Автор Шаров Вячеслав Анатольевич, к.т.н., доцент

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Электрические машины**

Направление подготовки:	15.03.01 – Машиностроение
Профиль:	Роботы и робототехнические системы
Квалификация выпускника:	Бакалавр
Форма обучения:	очная
Год начала подготовки	2020

Одобрено на заседании Учебно-методической комиссии института Протокол № 10 26 мая 2020 г. Председатель учебно-методической комиссии  С.В. Володин	Одобрено на заседании кафедры Протокол № 13 20 мая 2020 г. Заведующий кафедрой  О.Е. Пудовиков
---	--

Рабочая программа учебной 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: 5214  
Подписал: Заведующий кафедрой Пудовиков Олег  
Евгеньевич  
Дата: 20.05.2020

Москва 2020 г.

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины (модуля) "Специальные электрические машины" является формирование у обучающихся определенного состава компетенций, которые базируются на характеристиках будущей профессиональной деятельности: дать необходимый объем современных знаний о специальных электрических машинах в системах электропривода роботов и робототехнических систем.

Предметом модуля является изучение конструкций, принципов действия, моделирования систем управления электрическими машинами роботов и робототехнических систем.

Основные задачи модуля:

- изучение основных конструкций и принципа действия электрических машин;
- получение системного представления о машинах постоянного и переменного тока, основных характеристиках и способах управления;
- изучение математического описания машин постоянного и переменного тока, систем уравнений и основных законов управления;
- получение базовых знаний по силовым преобразовательным устройствам, предназначенным для управления электрическими машинами;
- получение навыков построения виртуальных моделей электрических машин;
- получение навыков построения моделей систем электропривода на основе применения инструментов и методов математического и виртуального моделирования;
- получение навыков моделирования электропривода в системах автоматического управления и мехатронике.

По завершении модуля студенты должны:

Знать:

- основные конструкции и принцип действия электрических машин постоянного и переменного тока;
- базовые характеристики машин постоянного и переменного тока, способы пуска и управления, основные энергетические соотношения;
- математическое описание машин постоянного и переменного тока, применяемое в системах автоматического управления;
- основные конструкции и принцип действия полупроводниковых силовых преобразователей;
- способы управления электроприводами постоянного и переменного тока;
- методы моделирования электрических машин и систем электропривода постоянного и переменного тока

Уметь:

- описать систему управления электроприводом постоянного и переменного тока;
- проводить настройку регуляторов систем управления электроприводом;
- создавать модели электрических машин постоянного и переменного тока;
- создавать модели систем электропривода;
- проводить имитационные эксперименты и анализировать полученные результаты.

## **2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО**

Учебная дисциплина "Электрические машины" относится к блоку 1 "Дисциплины (модули)" и входит в его вариативную часть.

### **2.1. Наименования предшествующих дисциплин**

Для изучения данной дисциплины необходимы следующие знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

#### **2.1.1. Физика:**

Знания:

Умения:

Навыки:

### **2.2. Наименование последующих дисциплин**

Результаты освоения дисциплины используются при изучении последующих учебных дисциплин:

#### **2.2.1. Силовые установки**

### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения дисциплины студент должен:

№ п/п	Код и название компетенции	Ожидаемые результаты
1	ПКР-3 Способен осуществлять разработку конструкторской документации на специализированное оборудование мехатронных и робототехнических систем;	ПКР-3.1 Знает типовые технические решения оборудования мехатронных и робототехнических систем и способен их использовать при создании специализированного оборудования мехатронных и робототехнических систем. ПКР-3.2 Анализирует существующие и принимает участие в разработке новых технологических процессов с использованием мехатронных и робототехнических систем.
2	УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними. УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации. Определяет в рамках выбранного алгоритма вопросы (задачи), подлежащие дальнейшей разработке. Предлагает способы их решения. УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ И АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСАХ

##### 4.1. Общая трудоемкость дисциплины составляет:

2 зачетных единиц (72 ак. ч.).

##### 4.2. Распределение объема учебной дисциплины на контактную работу с преподавателем и самостоятельную работу обучающихся

Вид учебной работы	Количество часов	
	Всего по учебному плану	Семестр 6
Контактная работа	24	24,15
Аудиторные занятия (всего):	24	24
В том числе:		
лекции (Л)	12	12
лабораторные работы (ЛР)(лабораторный практикум) (ЛП)	12	12
Самостоятельная работа (всего)	48	48
ОБЩАЯ трудоемкость дисциплины, часы:	72	72
ОБЩАЯ трудоемкость дисциплины, зач.ед.:	2.0	2.0
Текущий контроль успеваемости (количество и вид текущего контроля)	ПК1	ПК1
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	ЗаО	ЗаО

### 4.3. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

№ п/п	Семестр	Тема (раздел) учебной дисциплины	Виды учебной деятельности в часах/ в том числе интерактивной форме						Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	
			Л	ЛР	ПЗ/ТП	КСР	СР	Всего		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	6	Раздел 1 Основы построения систем управления. Принципы построения систем автоматизированного электропривода Запись дифференциальных уравнений в операторном виде. Передаточная функция. Синтез регуляторов в замкнутых системах. Пропорциональные, интегральные, пропорционально-интегральные, пропорционально-интегрально-дифференциальные регуляторы. Примеры построения моделей систем управления с регуляторами.	1	8				15	24	
2	6	Раздел 2 Электрические машины постоянного тока. Конструкция и принцип действия машин постоянного тока. Основные энергетические соотношения и характеристики. Генераторы и двигатели. Способы управления и регулирования.	1						1	ПК1
3	6	Раздел 3 Полупроводниковые преобразователи для питания и управления электрическими машинами. Виды и	1	1				2	4	

№ п/п	Семестр	Тема (раздел) учебной дисциплины	Виды учебной деятельности в часах/ в том числе интерактивной форме						Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ/ТП	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		классификация преобразователей. Управляемые выпрямители. Транзисторные преобразователи. Автономные инверторы. Принципы и способы управления.							
4	6	Раздел 4 Электропривод постоянного тока. Часть 1. Двигатели постоянного тока систем автоматики. Дифференциальные уравнения ДПТ. Построение моделей ДПТ разных систем возбуждения.	1					1	
5	6	Раздел 5 Электропривод постоянного тока. Часть 2. Электропривод постоянного тока с управляемым выпрямителем. Электропривод постоянного тока с широтно-импульсным управлением. Математическое описание и построение моделей.	1	1			15	17	
6	6	Раздел 6 Электрические машины переменного тока. Часть 1. Конструкция и принцип действия машин переменного тока. Основные энергетические соотношения и характеристики. Асинхронные и синхронные двигатели. Способы управления и	1					1	



№ п/п	Семестр	Тема (раздел) учебной дисциплины	Виды учебной деятельности в часах/ в том числе интерактивной форме						Формы текущего контроля успеваемости и промежу- точной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ/ТП	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Зачет с оценкой							
11		Всего:	12	12			48	72	

#### 4.4. Лабораторные работы / практические занятия

Практические занятия учебным планом не предусмотрены.

Лабораторные работы предусмотрены в объеме 12 ак. ч.

№ п/п	№ семестра	Тема (раздел) учебной дисциплины	Наименование занятий	Всего часов/ из них часов в интерактивной форме
1	2	3	4	5
1	6	РАЗДЕЛ 1 Основы построения систем управления.	Конспект лекций, презентационные материалы, изучение основной и дополнительной литературы	1
2	6	РАЗДЕЛ 1 Основы построения систем управления.	Конспект лекций, презентационные материалы, изучение основной и дополнительной литературы	1
3	6	РАЗДЕЛ 3 Полупроводниковые преобразователи для питания и управления электрическими машинами.	Конспект лекций, презентационные материалы, изучение основной и дополнительной литературы	1
4	6	РАЗДЕЛ 5 Электропривод постоянного тока. Часть 2.	Конспект лекций, презентационные материалы, изучение основной и дополнительной литературы	1
5	6	РАЗДЕЛ 7 Электрические машины переменного тока. Часть 2.	Конспект лекций, презентационные материалы, изучение основной и дополнительной литературы	1
6	6	РАЗДЕЛ 9 Нечеткая логика в электроприводе.	Конспект лекций, презентационные материалы, изучение основной и дополнительной литературы	1
7	6		Основы построения систем управления.  Принципы построения систем автоматизированного электропривода Запись дифференциальных уравнений в операторном виде. Передаточная функция. Синтез регуляторов в замкнутых системах. Пропорциональные, интегральные, пропорционально-интегральные, пропорционально-интегрально-дифференциальные регуляторы. Примеры построения моделей систем управления с регуляторами.	7
ВСЕГО:				13/0

#### 4.5. Примерная тематика курсовых проектов (работ)

Курсовых проектов (работ) не предусмотрено.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Предполагается применение интерактивных способов обучения, которое планируется применять на практических занятиях по MATLAB. В дополнение к практическому материалу добавляются видео-ролики в соответствии с изучаемой темой.

Текущий контроль знаний организуется в тестовом режиме.

В качестве дополнения к интерактивному обучению предполагается применить компьютерные симуляции при построении интерактивных и виртуальных моделей систем автоматизированного электропривода.

Важнейшее направление – организация и работа студенческих исследовательских групп по актуальным направлениям научно-исследовательской работы кафедры:

- моделирование систем электропривода транспортных средств с новыми видами тяговых двигателей;
- разработка и моделирование систем электропривода с применением управления на основе нечеткой логики и нейронных сетей.

Дополнительно планируется организация «круглых столов» с приглашением ведущих специалистов по железнодорожному подвижному составу.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

№ п/п	№ семестра	Тема (раздел) учебной дисциплины	Вид самостоятельной работы студента. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы	Всего часов
1	2	3	4	5
1	6	РАЗДЕЛ 1 Основы построения систем управления.	Конспект лекций, презентационные материалы, изучение основной и дополнительной литературы	15
2	6	РАЗДЕЛ 3 Полупроводниковые преобразователи для питания и управления электрическими машинами.	Конспект лекций, презентационные материалы, изучение основной и дополнительной литературы	2
3	6	РАЗДЕЛ 5 Электропривод постоянного тока. Часть 2.	Конспект лекций, презентационные материалы, изучение основной и дополнительной литературы	15
4	6	РАЗДЕЛ 7 Электрические машины переменного тока. Часть 2.	Конспект лекций, презентационные материалы, изучение основной и дополнительной литературы	15
5	6	РАЗДЕЛ 9 Нечеткая логика в электроприводе.	Конспект лекций, презентационные материалы, изучение основной и дополнительной литературы	1
<b>ВСЕГО:</b>				<b>48</b>

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 7.1. Основная литература

№ п / п	Наименование	Автор (ы)	Год и место издания Место доступа	Исползуется при изучении разделов, номера страниц
1	Электрические машины	А.И. Вольдек	Энергия, Ленингр. отд-ние, 1974 НТБ (уч.3); НТБ (уч.6); НТБ (фб.)	Все разделы
2	MATLAB 7	Ануфриев И.Е., Смирнов А.Б., Смирнова Е.Н.	СПб.: БХВ-Петербург, 2005 <a href="https://lib.agu.site/books/114/1292/">https://lib.agu.site/books/114/1292/</a>	Все разделы
3	Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК	Герман-Галкин С.Г.	СПб.: КОРОНА-век, 2008 <a href="https://www.studmed.ru/german-galkin-s-g-matlab-simulink-proektirovanie-mehatronnyh-sistem-na-pk_2d071ee41f2.html">https://www.studmed.ru/german-galkin-s-g-matlab-simulink-proektirovanie-mehatronnyh-sistem-na-pk_2d071ee41f2.html</a>	Все разделы
4	Компьютерное моделирование полупроводниковых систем. В MATLAB В 6.0. Учебное пособие.	Герман-Галкин С.Г.	СПб.: КОРОНА принт, 2001 <a href="https://booktech.ru/books/sapr-i-drugie/12906-kompyuternoe-modelirovanie-poluprovodnikovyh-sistem-v-matlab-6-0-2001-s-g-german-galkin.html">https://booktech.ru/books/sapr-i-drugie/12906-kompyuternoe-modelirovanie-poluprovodnikovyh-sistem-v-matlab-6-0-2001-s-g-german-galkin.html</a>	Все разделы
5	Моделирование процессов и систем в MATLAB В. Учебный курс.	Лазарев Ю.	СПб.: Питер, Киев: Издательская группа ВHV, 2005 <a href="http://www.statproject.ru/load/spetsialnaja_literatura/materialy_po_mathworks_matlab/lazarev_ju_f_modelirovanie_processov_i_sistem_v_matlab_uchebnyj_kurs/42-1-0-372">http://www.statproject.ru/load/spetsialnaja_literatura/materialy_po_mathworks_matlab/lazarev_ju_f_modelirovanie_processov_i_sistem_v_matlab_uchebnyj_kurs/42-1-0-372</a>	Все разделы
6	Simulink: среда создания инженерных	Черных И.В.	ДИАЛОГ-МИФИ, 2003 <a href="https://studizba.com/files/show/djvu/3137-1-chernyh-i-v-simulink-sreda-dlya.html">https://studizba.com/files/show/djvu/3137-1-chernyh-i-v-simulink-sreda-dlya.html</a>	Все разделы

	приложение/ Под общ. ред. к.т.н. В.Г. Потемкина.		
--	--	--	--

## 7.2. Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Автор (ы)	Год и место издания Место доступа	Используется при изучении разделов, номера страниц
7	Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink.	Черных И.В.	М: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008 <a href="https://www.elec.ru/library/info/modelirovanie-ustrojstv-chernyh/">https://www.elec.ru/library/info/modelirovanie-ustrojstv-chernyh/</a>	Все разделы
8	Control Sysytem Toolbox/ Matlab 5 для студентов/ Под общ. ред. к.т.н. В.Г. Потемкина	Медведев В.С., Потемкин В.Г.	ДИАЛОГ-МИФИ, 1999 <a href="http://studmed.ru/medvedev-vs-potemkin-vg-control-system-toolbox-matlab-5-x-dlya-studentov_7da00993084.html">studmed.ru/medvedev-vs-potemkin-vg-control-system-toolbox-matlab-5-x-dlya-studentov_7da00993084.html</a>	Все разделы
9	Современное и перспективное алгоритмическое обеспечение частотно-регулируемых электроприводов.	Козярук А.Е., Рудаков В.В.	Санкт-Петербург, 2004 <a href="https://www.studmed.ru/kozyaruk-ae-rudakov-vv-sovremennoe-i-perspektivnoe-algoritmicheskoe-obespechenie-chastotno-reguliruemyyh-elektroprivodov_78c68c8c58e.html">https://www.studmed.ru/kozyaruk-ae-rudakov-vv-sovremennoe-i-perspektivnoe-algoritmicheskoe-obespechenie-chastotno-reguliruemyyh-elektroprivodov_78c68c8c58e.html</a>	Все разделы

## 8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Основной перечень ресурсов сети «Интернет», предназначенных для освоения дисциплины (модуля):

1. <http://www.exponenta.ru/>
2. <http://www.knowledge.ru/books/Mathcad-2000/>
3. <http://www.matlab.ru/simulink/>

## 9. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Программное обеспечение: ОС Windows 8, пакеты Matlab версии 10.0 и выше, Microsoft Office с MS Project версии 2010 и выше.

## 10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Компьютерный класс с предустановленным программным обеспечением (см. выше) на 10 рабочих мест (минимально).

Наличие мультимедийного оборудования, необходимого для проведения лекций и практических занятий в формате презентаций и представления самостоятельных работ студентов.

## **11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

В процессе освоения теории первой части дисциплины необходимо основной упор сделать на изучение двух базовых источников [1, 3, 4], конструкциям электрических машин постоянного и переменного тока, способам управления двигателей. Необходимо знать общие принципы построения систем управления, математическое представление передаточных функций, синтез регуляторов в подчиненных системах управления. Отдельное внимание следует уделить полупроводниковым системам питания и управления электроприводов постоянного и переменного тока, как базы для дальнейшего изучения систем электропривода.

Важнейшее значение при изучении дисциплины имеет правильное изложение математических моделей как отдельных подсистем электроприводов, так и их комплексное представление. Здесь применяются, комплексные числа, метод пространственного вектора, анализ Фурье и другой математический аппарат. Процессы моделирования основаны на использовании программного продукта MATLAB и его приложения Simulink. Для самостоятельного и более глубокого изучения предмета необходимо использовать предлагаемую основную и дополнительную литературу. Целесообразно обратить внимание на новые методы управления системами электропривода, основанные на алгоритмах нечеткой логики и нейронных сетей, как наиболее перспективное направление в системах мехатроники и робототехники.