

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)

Основы математического моделирования

Направление подготовки: 15.03.06 Мехатроника и робототехника

Направленность (профиль): Электрооборудование и электропривод
подвижного состава

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: 04.07.2025

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целями освоения дисциплины (модуля) являются:

- формирование теоретических знаний о принципах математического моделирования электрооборудования и электроприводов;
- развитие практических навыков создания, анализа и применения математических моделей для решения инженерных задач;
- подготовка к использованию современных программных комплексов для моделирования и оптимизации систем электрооборудования.

Задачами дисциплины (модуля) являются:

- изучение основ построения математических моделей электротехнических систем;
- освоение методов моделирования электрических машин, преобразователей и систем управления;
- развитие навыков работы с программными пакетами;
- изучение методов верификации и валидации моделей;
- формирование умений анализа результатов моделирования и их практического применения.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

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

ПК-3 - Способен осуществлять выполнение экспериментов и оформление результатов исследований и разработок в области проектирования ПСЖД;

ПК-4 - Способен осуществлять предпроектное обследование и подготовку технико-экономического обоснования создания электрооборудования и электропривода ПСЖД.

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

Знать:

- основные принципы математического моделирования технических систем;
- методы составления дифференциальных уравнений для электротехнических устройств;
- особенности моделирования различных типов электрических машин и преобразователей;

- принципы работы с современными программными комплексами моделирования.

Уметь:

- составлять математические модели элементов электрооборудования;
- проводить компьютерное моделирование электротехнических систем;
- анализировать переходные и установившиеся режимы работы электроприводов;
- оценивать достоверность результатов моделирования;
- оптимизировать параметры систем на основе модельных исследований.

Владеть:

- навыками работы с MATLAB/Simulink и другими пакетами моделирования;
- методами параметрической идентификации моделей;
- технологиями анализа и визуализации результатов моделирования;
- навыками оформления отчетов по результатам моделирования.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 3 з.е. (108 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
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	80	80
В том числе:		
Занятия лекционного типа	32	32
Занятия семинарского типа	48	48

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 28 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	Введение в математическое моделирование Рассматриваемые вопросы: - основные понятия и принципы математического моделирования; - классификация видов математических моделей; - этапы построения математических моделей; - применение моделирования в электрооборудовании и электроприводах.
2	Моделирование электрических цепей Рассматриваемые вопросы: - основные законы и уравнения электрических цепей; - методы составления дифференциальных уравнений для электрических схем; - моделирование переходных процессов в цепях; - примеры моделей тяговых электрических цепей.
3	Моделирование электромеханических систем Рассматриваемые вопросы: - уравнения электромеханического преобразования энергии; - модели двигателей постоянного и переменного тока; - учет механических характеристик в моделях; - примеры моделей электроприводов подвижного состава.
4	Моделирование магнитных систем Рассматриваемые вопросы: - основные уравнения электромагнитного поля; - моделирование магнитных цепей; - учет нелинейных свойств магнитных материалов; - примеры моделей тяговых трансформаторов.
5	Численные методы решения дифференциальных уравнений Рассматриваемые вопросы: - методы Эйлера и Рунге-Кутты; - устойчивость численных методов; - выбор шага интегрирования; - применение для моделирования электромеханических систем.
6	Моделирование систем управления Рассматриваемые вопросы: - принципы построения моделей систем автоматического регулирования; - передаточные функции элементов;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- моделирование ПИД-регуляторов; - примеры моделей управления тяговым приводом.
7	Моделирование в MATLAB/Simulink Рассматриваемые вопросы: - основные возможности MATLAB для моделирования; - построение блок-схем в Simulink; - моделирование электрических машин; - анализ результатов моделирования.
8	Моделирование переходных процессов Рассматриваемые вопросы: - виды переходных процессов в электрооборудовании; - методы анализа устойчивости; - моделирование пусковых режимов; - примеры переходных процессов в тяговых приводах.
9	Параметрическая идентификация моделей Рассматриваемые вопросы: - методы определения параметров моделей; - экспериментальное определение характеристик; - верификация моделей; - примеры для тяговых двигателей.
10	Оптимизация моделей Рассматриваемые вопросы: - критерии оптимизации электрооборудования; - методы параметрической оптимизации; - оптимизация энергопотребления; - примеры для тяговых приводов.

4.2. Занятия семинарского типа.

Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Моделирование простых электрических цепей в MATLAB В результате выполнения лабораторной работы студенты научатся составлять математические модели простых электрических цепей, решать задачи анализа цепей постоянного тока и анализировать полученные результаты.
2	Исследование переходных процессов в RLC-цепях В результате выполнения лабораторной работы студенты освоят методы моделирования переходных процессов, научатся анализировать влияние параметров элементов на характер переходных процессов.
3	Моделирование работы трансформатора В результате выполнения лабораторной работы студенты изучат принципы математического моделирования трансформаторов, включая учет нелинейных характеристик магнитопровода.
4	Моделирование двигателя постоянного тока В результате выполнения лабораторной работы студенты создадут модель ДПТ, исследуют его механические характеристики и переходные процессы при пуске.
5	Моделирование асинхронного двигателя В результате выполнения лабораторной работы студенты построят модель асинхронного двигателя, исследуют его рабочие характеристики и динамические режимы.

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
6	Моделирование синхронного генератора В результате выполнения лабораторной работы студенты изучат принципы моделирования синхронных машин и анализ их характеристик при различных нагрузках.
7	Моделирование тягового электропривода В результате выполнения лабораторной работы студенты исследуют динамические характеристики тягового привода при разгоне и торможении.
8	Моделирование рекуперативного торможения В результате выполнения лабораторной работы студенты изучат принципы моделирования процессов рекуперации энергии в тяговых системах.
9	Исследование электромагнитной совместимости В результате выполнения лабораторной работы студенты изучат методы моделирования помех и способов их подавления в электрооборудовании.
10	Моделирование системы питания от контактной сети В результате выполнения лабораторной работы студенты исследуют взаимодействие тягового привода с контактной сетью.
11	Создание цифрового двойника электродвигателя В результате выполнения лабораторной работы студенты осваивают принципы разработки цифровых двойников электрооборудования.
12	Моделирование систем векторного управления В результате выполнения лабораторной работы студенты изучат принципы моделирования современных систем управления электроприводами.
13	Исследование переходных процессов в полупроводниковых преобразователях В результате выполнения лабораторной работы студенты изучат динамические процессы в силовых электронных устройствах.
14	Моделирование тягового электровоза В результате выполнения лабораторной работы студенты создадут упрощенную модель тягового электровоза и исследуют его характеристики.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Текущая подготовка к лабораторным работам
2	Самостоятельное изучение дополнительной литературы
3	Выполнение расчетно-графической работы.
4	Подготовка к промежуточной аттестации.
5	Подготовка к текущему контролю.

4.4. Примерный перечень тем расчетно-графических работ

Тема: "Моделирование и оптимизация тягового электропривода подвижного состава"

Общее задание для всех вариантов:

- разработать математическую модель тягового электропривода в MATLAB/Simulink;

- провести анализ статических и динамических характеристик;
- выполнить оптимизацию параметров системы управления;
- оценить энергетическую эффективность.

Варианты:

1. Двигатель постоянного тока (ДПТ) независимого возбуждения

Мощность: 150 кВт

Напряжение: 1500 В

Сопротивление якоря: 0.05 Ом

Передаточное число редуктора: 5.2

2. Асинхронный двигатель (АД) с короткозамкнутым ротором

Мощность: 180 кВт

Напряжение: 3000 В

Скольжение: 2.5%

Частота ШИМ: 5 кГц

3. Синхронный двигатель (СД) с постоянными магнитами

Мощность: 200 кВт

Число полюсов: 6

Максимальная скорость: 4000 об/мин

КПД: 96%

4. Тяговый привод электровоза

Тип: ДПТ последовательного возбуждения

Мощность: 500 кВт

Максимальное ускорение: 0.8 м/с²

Масса состава: 1000 т

5. Привод электропоезда

Тип: АД с векторным управлением

Мощность на ось: 120 кВт

Диапазон скоростей: 0-160 км/ч

Система рекуперации

6. Городской электротранспорт (трамвай)

Тип: СД с независимым возбуждением

Мощность: 250 кВт

Рабочее напряжение: 750 В

Тормозной путь: 50 м (при 40 км/ч)

7. Привод грузового электровоза

Тип: ДПТ смешанного возбуждения

Мощность: 800 кВт

Максимальное тяговое усилие: 300 кН

Градиент подъема: 12‰

8. Высокоскоростной электропоезд

Тип: АД с частотным управлением

Мощность: 350 кВт на вагон

Максимальная скорость: 250 км/ч

Ускорение при разгоне: 0.6 м/с²

9. Метрополитен (вагон)

Тип: ДПТ с импульсным управлением

Мощность: 180 кВт

Напряжение: 825 В

Время разгона до 60 км/ч: 30 с

10. Маневровый электровоз

Тип: АД с непосредственным преобразователем частоты

Мощность: 400 кВт

Диапазон регулирования скорости: 1:50

Перегрузочная способность: 2.5

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Герман-Галкин, С. Г. Виртуальные лаборатории полупроводниковых систем в среде Matlab-Simulink : учебник для вузов / С. Г. Герман-Галкин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 444 с. — ISBN 978-5-507-50698-9.	URL: https://e.lanbook.com/book/457226 (дата обращения: 04.07.2025). - Текст: электронный.

2	Кудинов, Ю. И. Теория автоматического управления (с использованием MATLAB — SIMULINK). Практикум : учебное пособие для вузов / Ю. И. Кудинов, Ф. Ф. Пащенко, А. Ю. Келина. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 280 с. — ISBN 978-5-507-50930-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. —	URL: https://e.lanbook.com/book/489395 (дата обращения: 04.07.2025). - Текст: электронный.
3	Фурсов, В. Б. Моделирование электропривода : учебное пособие / В. Б. Фурсов. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 220 с. — ISBN 978-5-8114-3566-1.	URL: https://e.lanbook.com/book/206741 (дата обращения: 04.07.2025). - Текст: электронный.
4	Фролов, В. Я. Устройства силовой электроники и преобразовательной техники с разомкнутыми и замкнутыми системами управления в среде Matlab — Simulink / В. Я. Фролов, В. В. Смородинов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 332 с. — ISBN 978-5-507-47260-4.	URL: https://e.lanbook.com/book/349991 (дата обращения: 04.07.2025). - Текст: электронный.
5	Терехин, В. Б. Компьютерное моделирование систем электропривода постоянного и переменного тока в Simulink : учебное пособие / В. Б. Терехин, Ю. Н. Дементьев. — Томск : ТПУ, 2015. — 307 с. — ISBN 978-5-4387-0558-1.	URL: https://e.lanbook.com/book/82848 (дата обращения: 04.07.2025). - 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 системы «Консультант Плюс», «Гарант».

Электронно-библиотечная система издательства «Лань» (<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); MatLab Simulink; SimInTech; Codesys.

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:

Зачет в 5 семестре.

10. Оценочные материалы.

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

Авторы:

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

А.Н. Неклюдов

Согласовано:

Заведующий кафедрой НТТС

П.А. Григорьев

Председатель учебно-методической
комиссии

С.В. Володин