

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИИШЭ

Матвеев А.С.

« 29 » 06 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2018 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ заочная**

**Математическое моделирование в электротехнике**

Направление подготовки/ специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Инжиниринг электропривода и электрооборудования		
Специализация	Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений		
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат		
Курс	5	семестр	9
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	10	
	Практические занятия	-	
	Лабораторные занятия	10	
	ВСЕГО	20	
Самостоятельная работа, ч		88	
ИТОГО, ч		108	

Вид промежуточной  
аттестации

Экзамен

Обеспечивающее  
подразделение

ОЭЭ ИШЭ

И.о. зав. каф. – руководителя  
отделения на правах кафедры  
Руководитель ООП

Преподаватель

Ивашутенко А.С.

Воронина Н.А.

Воронина Н.А.

2020 г.

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ПК(У)-1	Способен осуществлять сбор и анализ данных для проектирования объектов профессиональной деятельности	И.ПК(У)-1.2	Проводит работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований для проектирования объектов профессиональной деятельности	ПК(У)-1.2B1	Владеет навыками моделирования электротехнических систем
				ПК(У)-1.2У1	Умеет применять методы математического анализа при проведении исследований и решении прикладных задач в профессиональной сфере
				ПК(У)-1.231	Знает общие принципы идеализации электротехнических систем при их математическом описании

### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД 1	Применять информационные и информационно-коммуникационные технологии, для решения профессиональных задач по расчету и анализу электрических устройств и объектов.	И.ПК(У)-2.1
РД 2	Применять базовые, математические и профессиональные знания при моделировании и решении прикладных задач в профессиональной деятельности	И.ПК(У)-2.1

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел 1. Методы решения систем дифференциальных уравнений, описывающих процессы в электротехнических устройствах	РД1, РД2	Лекции	2
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	17
Раздел 2. Математическое описание двигателя постоянного тока независимого возбуждения	РД1, РД2	Лекции	2
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	17
Раздел 3. Математическое описание асинхронного двигателя	РД1, РД2	Лекции	2
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	17
Раздел 4. Статические и динамические характеристики в асинхронном электроприводе со скалярным управлением	РД1, РД2	Лекции	2
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	18
Раздел 5. Оптимизация контура регулирования	РД1, РД2	Лекции	2
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	19

Содержание разделов дисциплины:

<p><b>Раздел 1. Методы решения систем дифференциальных уравнений, описывающих процессы в электротехнических устройствах</b></p>
---

Дифференциальные уравнения состояния для электрических цепей по законам Кирхгофа. Представление дифференциальных уравнения в нормальной форме. Обзор аналитических и численных методов решения дифференциальных уравнений. Операторный метод и численный метод Эйлера. Представление математического описания динамического объекта в виде операторной структурной схемы.

##### Темы лекций:

1. Дифференциальные уравнения состояния для электрических цепей по законам Кирхгофа. Законы коммутации в электрических цепях. Представление дифференциальных уравнения в нормальной форме Коши. Обзор аналитических и численных методов решения дифференциальных уравнений.
2. Решение дифференциальных уравнений операторным методом с помощью преобразований Лапласа и численным методом Эйлера на примере электрических цепей первого и второго порядка с нулевыми и ненулевыми начальными условиями.
3. Представление математического описания динамического объекта в виде структурной схемы с помощью прямого преобразования Лапласа. Примеры на электрических цепях первого и второго порядка.

##### Названия лабораторных работ:

1. Моделирование переходных процессов в электрических цепях.

## **Раздел 2. Математическое описание двигателя постоянного тока независимого возбуждения**

Принцип работы двигателя постоянного тока. Математическое описание в форме дифференциальных уравнений. Решение полученных уравнений с помощью операторного метода и численного метода Эйлера. Структурная схема двигателя постоянного тока. Уравнения для статических режимов.

### **Темы лекций:**

1. Физический принцип работы двигателя постоянного тока (ДПТ). Математическое описание ДПТ в форме дифференциальных уравнений. Решение полученных уравнений с помощью операторного метода и численного метода Эйлера. Структурная схема ДПТ. Уравнения для статических режимов.

### **Названия лабораторных работ:**

1. Математическое моделирование двигателя постоянного тока независимого возбуждения

## **Раздел 3. Математическое описание асинхронного двигателя**

Физический принцип работы асинхронного электродвигателя. Уравнения для статических характеристик. Математическая модель асинхронного двигателя в неподвижной двухфазной системе координат. Структурная схема асинхронного электродвигателя.

### **Темы лекций:**

1. Принцип работы асинхронного электродвигателя (АД). Уравнения для статических, механических и электромеханических характеристик. Математическая модель АД в неподвижной двухфазной системе координат. Структурная схема асинхронного электродвигателя.

### **Названия лабораторных работ:**

1. Математическое моделирование асинхронного электродвигателя.

## **Раздел 4. Статические и динамические характеристики в асинхронном электроприводе со скалярным управлением**

Общие сведения о скалярном частотном управлении асинхронным электродвигателем. Закон Костенко. Законы управления для различных типов нагрузки электропривода. Статические и динамические характеристики асинхронного электропривода со скалярным управлением.

### **Темы лекций:**

1. Общие сведения о скалярном частотном управлении асинхронным электродвигателем. Закон Костенко. Законы управления для различных типов нагрузки электропривода. Закон регулирования  $U_1/f_1 = \text{const}$ : статические характеристики, структурная схема электропривода, случаи необходимости IR-компенсации и её реализация на модели.
2. Закон регулирования  $U_1/f_1^2 = \text{const}$ : статические характеристики, структурная схема электропривода, случаи необходимости коррекции вольт-частотной характеристики и её реализация на модели.

**Названия лабораторных работ:**

1. Моделирование скалярной системы управления асинхронным электродвигателем.

<b>Раздел 5. Оптимизация контура регулирования</b>
--

Основные сведения о системах подчиненного регулирования. Типы регуляторов. Модульный и симметричный оптимумы для синтеза замкнутого контура регулирования. Показатели качества переходных процессов.

**Темы лекций:**

1. Основные сведения о системах подчиненного регулирования. Типы регуляторов. Модульный и симметричный оптимумы для синтеза замкнутого контура регулирования. Показатели качества переходных процессов.

**Названия лабораторных работ:**

1. Оптимизация контура регулирования.

**5. Организация самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

**6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины****6.1. Учебно-методическое обеспечение**

Основная литература:

1. Глазырин А. С. Математическое моделирование электромеханических систем. Аналитические методы: учебное пособие [Электронный ресурс] / А. С. Глазырин; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – 1 компьютерный файл (pdf, 5.7 MB). – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – Заглавие с титульного экрана. – Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2011/m26.pdf>, дата обращения 15.03.2018.
2. Компьютерное моделирование электромеханических систем постоянного и переменного тока в среде MATLAB Simulink: учебное пособие [Электронный ресурс] / Ю. Н. Дементьев [и др.]; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – 1 компьютерный файл (pdf, 9 883 KB). – Томск: Изд-во ТПУ, 2018. – Заглавие с титульного экрана. – Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2018/m035.pdf>, дата обращения 15.03.2018.

Дополнительная литература:

1. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем: учебник / В.П. Тарасик. – Минск: Новое знание, 2013. – 584 с. – ISBN 978-985-475-539-7. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL:

- <https://e.lanbook.com/book/4324> – Режим доступа: для авториз. пользователей, дата обращения 15.03.2018.
2. Бурулько Л. К. Математическое моделирование электромеханических систем: учебное пособие / Л. К. Бурулько; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. Ч. 1: Математическое моделирование преобразователей электрической энергии переменного тока. — 1 компьютерный файл (pdf; 1.1 МВ). – 2014. – Заглавие с титульного экрана. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m336.pdf>, дата обращения 15.03.2018.
3. Аристов А. В. Имитационное моделирование электромеханических систем: учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] / А. В. Аристов, Л. А. Паюк; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – 1 компьютерный файл (pdf; 899 КВ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – Заглавие с титульного экрана. – Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2011/m164.pdf>, дата обращения 15.03.2018.
4. Терёхин В. Б. Компьютерное моделирование систем электропривода постоянного и переменного тока в Simulink: учебное пособие [Электронный ресурс] / В. Б. Терёхин, Ю. Н. Дементьев; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – 1 компьютерный файл (pdf; 9.2 МВ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – Заглавие с титульного экрана. – Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m034.pdf> (контент) , дата обращения 15.03.2018.
5. Глазырин А. С. Математическое моделирование электромеханических систем. Аналитические методы: учебное пособие для вузов / А. С. Глазырин; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 205 с.: ил.. – Библиогр.: с. 194.. – ISBN 978-5-98298-838-6.

## **6.2. Информационное и программное обеспечение**

Математическое моделирование в электротехнике, курс Ворониной Н.А. для ДОТ <https://eor.lms.tpu.ru/course/view.php?id=1137>

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ):

1. Google Chrome
2. Microsoft Office 2013 Standard Russian Academic
3. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic
4. Adobe Acrobat Reader DC
5. Document Foundation LibreOffice
6. PTC Mathcad 15 Academic Floating
7. MathWorks MATLAB Full Suite R2017b (установлено vap.tpu.ru)

## 7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7 348	Комплект оборудования для проведения занятий: Компьютер - 1 шт.; Телевизор - 1 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс)  634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7 121	Комплект оборудования для проведения занятий: Компьютер - 16 шт.
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7 127	Комплект оборудования для проведения самостоятельной и групповой работы:  Компьютер - 50 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы «Инжиниринг электропривода и электрооборудования» по специализации «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений» направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (прием 2018 г., заочная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	ФИО
доцент ОЭЭ	Воронина Н.А.

Программа одобрена на заседании Отделения электроэнергетики и электротехники ИШЭ (протокол №7 от 22.06.2018 г.).

И.о. зав. кафедрой – руководителя отделения  
на правах кафедры ОЭЭ ИШЭ, к.т.н.

/А.С. Ивашутенко/



**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

<b>Учебный год</b>	<b>Содержание /изменение</b>	<b>Обсуждено на заседании ОЭЭ ИШЭ / (протокол)</b>
2018/2019 учебный год	1. Изменена система оценивания	от 27.08.2018 г. № 4/1
2019/2020 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание дисциплины 4. Обновлен список литературы	от 27.06.2019 г. № 6
2020/2021 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание дисциплины 4. Обновлен список литературы	от 25.06.2020 г. №6
2021/2022 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание дисциплины 4. Обновлен список литературы	от 11.05.2021 г. № 6/1
2022/2023 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание дисциплины 4. Обновлен список литературы	от 29.06.2022 №6