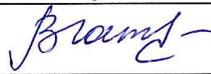


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
 «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

 УТВЕРЖДАЮ  
 Директор ИШЭ  
 Матвеев А.С.  
 «01» 09 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2020 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ заочная**

<b>Математическое моделирование в электротехнике</b>		
Направление подготовки/ специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника	
Образовательная программа (направленность (профиль))	Промышленная электротехника и автоматизация	
Специализация	Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений	
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат	
Курс	<b>5</b>	семестр <b>10</b>
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	<b>3</b>	
Виды учебной деятельности	Временной ресурс	
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	<b>10</b>
	Практические занятия	<b>6</b>
	Лабораторные занятия	<b>10</b>
	ВСЕГО	<b>26</b>
Самостоятельная работа, ч		<b>82</b>
ИТОГО, ч		<b>108</b>

Вид промежуточной аттестации	<b>Экзамен</b>	Обеспечивающее подразделение	<b>ОЭЭ ИШЭ</b>
И.о. заведующего кафедрой - руководителя отделения на правах кафедры			Ивашутенко А.С.
Руководитель ООП			Воронина Н.А.
Преподаватель			Воронина Н.А.

### 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)-1.2В1	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)-1.2З1	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)-1.2
РД 2	Применять базовые, математические и профессиональные знания при моделировании и решении прикладных задач в профессиональной деятельности	И.ПК(У)-1.2

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.
<b>Раздел 1. Методы решения систем дифференциальных уравнений, описывающих процессы в электротехнических устройствах</b>	РД1, РД2	Лекции	<b>2</b>
		Практические занятия	<b>2</b>
		Лабораторные занятия	<b>2</b>
		Самостоятельная работа	<b>18</b>
<b>Раздел 2. Математическое описание двигателя постоянного тока независимого возбуждения</b>	РД1, РД2	Лекции	<b>2</b>
		Практические занятия	<b>1</b>
		Лабораторные занятия	<b>2</b>
		Самостоятельная работа	<b>16</b>
<b>Раздел 3. Математическое описание асинхронного двигателя</b>	РД1, РД2	Лекции	<b>2</b>
		Практические занятия	<b>1</b>
		Лабораторные занятия	<b>2</b>
		Самостоятельная работа	<b>16</b>
<b>Раздел 4. Статические и динамические характеристики в асинхронном электроприводе со скалярным управлением</b>	РД1, РД2	Лекции	<b>2</b>
		Практические занятия	<b>1</b>
		Лабораторные занятия	<b>2</b>
		Самостоятельная работа	<b>16</b>
<b>Раздел 5. Оптимизация контура регулирования</b>	РД1, РД2	Лекции	<b>2</b>
		Практические занятия	<b>1</b>
		Лабораторные занятия	<b>2</b>
		Самостоятельная работа	<b>16</b>

Содержание разделов дисциплины:

**Раздел 1. Методы решения систем дифференциальных уравнений, описывающих процессы в электротехнических устройствах**

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.

**Темы практических занятий:**

1. Составление дифференциальных уравнений для электрических цепей по законам Кирхгофа.
2. Решение систем дифференциальных уравнений операторным методом и численным методом Эйлера.
3. Представление математической модели электрической цепи в форме структурной операторной схемы.

**Названия лабораторных работ:**

1. Моделирование переходных процессов в электрических цепях.

<b>Раздел 2. Математическое описание двигателя постоянного тока независимого возбуждения</b>
--

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.

**Темы практических занятий:**

1. Математическая модель ДПТ, уравнения для статических и динамических режимов работы.

**Названия лабораторных работ:**

1. Математическое моделирование двигателя постоянного тока независимого возбуждения

<b>Раздел 3. Математическое описание асинхронного двигателя</b>
---

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.

**Темы практических занятий:**

1. Математическая модель асинхронного двигателя, переход от дифференциальных уравнений к операторной структурной схеме.

**Названия лабораторных работ:**

1. Математическое моделирование асинхронного электродвигателя.

<b>Раздел 4. Статические и динамические характеристики в асинхронном</b>
--

## **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.

### **Темы практических занятий:**

1. Математическая модель асинхронного электропривода с законом регулирования  $U_1/f_1 = \text{const}$ , IR-компенсация.
2. Математическая модель асинхронного электропривода с законом регулирования  $U_1/f_1^2 = \text{const}$ , коррекция вольт-частотной характеристики.

### **Названия лабораторных работ:**

1. Моделирование скалярной системы управления асинхронным электродвигателем.

## **Раздел 5. Оптимизация контура регулирования**

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.

### **Темы практических занятий:**

1. Синтез замкнутого контура регулирования по модульному и симметричному оптимуму.

### **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>
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>

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.
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 MB). – 2014. – Заглавие с титульного экрана. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m336.pdf>
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 KB). – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – Заглавие с титульного экрана. – Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2011/m164.pdf>
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 MB). — Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – Заглавие с титульного экрана. – Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m034.pdf> (контент)
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 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 Standard Russian Academic
3. Document Foundation LibreOffice
4. Adobe Acrobat Reader DC
5. PTC Mathcad 15 Academic Floating
6. MathWorks MATLAB Full Suite R2017b (установлено var.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:  Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 24 посадочных мест; 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:  Комплект учебной мебели на 16 посадочных мест; Компьютер - 16 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы «Промышленная электротехника и автоматизация» по специализации «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений» направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (прием 2020 г., заочная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность		ФИО
доцент ОЭЭ		Воронина Н.А.

Программа одобрена на заседании Отделения электроэнергетики и электротехники (протокол от «1» сентября 2020 г № 1/1).

И.о. заведующего кафедрой - руководителя отделения  
на правах кафедры ОЭЭ ИШЭ, к.т.н.



/А.С. Ивашутенко/

подпись

**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

<b>Учебный год</b>	<b>Содержание /изменение</b>	<b>Обсуждено на заседании ОЭЭ ИШЭ / (протокол)</b>
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