

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.

«30» июня 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2016 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ заочная**

| Математическое моделирование в электроэнергетике |                                                                 |         |    |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------|----|
| Направление подготовки                           | 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника                     |         |    |
| Образовательная программа                        | Электроэнергетика                                               |         |    |
| Специализация                                    | Релейная защита и автоматизация<br>электроэнергетических систем |         |    |
| Уровень образования                              | высшее образование - бакалавриат                                |         |    |
|                                                  |                                                                 |         |    |
| Курс                                             | 5                                                               | семестр | 9  |
| Трудоемкость в кредитах<br>(зачетных единицах)   | 4                                                               |         |    |
| Виды учебной деятельности                        | Временной ресурс                                                |         |    |
| Контактная (аудиторная)<br>работа, ч             | Лекции                                                          |         | 10 |
|                                                  | Практические занятия                                            |         | –  |
|                                                  | Лабораторные занятия                                            |         | 10 |
|                                                  | ВСЕГО                                                           |         | 20 |
| Самостоятельная работа, ч                        |                                                                 | 124     |    |
| ИТОГО, ч                                         |                                                                 | 144     |    |

|                                                                            |                                                                                     |                              |                 |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------|
| Вид промежуточной аттестации                                               | экзамен                                                                             | Обеспечивающее подразделение | ОЭЭ             |
| И.о. заведующего кафедрой –<br>руководителя отделения на<br>правах кафедры |  |                              | Ивашутенко А.С. |
| Руководитель ООП                                                           |  |                              | Шестакова В.В.  |
| Преподаватель                                                              |  |                              | Колчанова В.А.  |

2020 г.

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 6 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

| Код компетенции | Наименование компетенции                                                                                                                                                              | Код индикатора | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции) |                                                                                                                         |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                                                                                                                                                       |                | Код                                                         | Наименование                                                                                                            |
| ОПК(У)-2.       | Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач | Р7, Р8         | ОПК(У)-2.В19                                                | Владеет опытом применения прикладных программ при создании математических моделей объектов электроэнергетических систем |
|                 |                                                                                                                                                                                       |                | ОПК(У)-2.У19                                                | Умеет моделировать объекты электроэнергетических систем с использованием специальных программных средств                |
|                 |                                                                                                                                                                                       |                | ОПК(У)-2.319                                                | Знает методы и общие принципы создания математических моделей объектов электроэнергетических систем                     |

### 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 разделы математики для моделирования электроэнергетических систем                                                         | ОПК(У)-2.                        |
| РД 2                                          | Реализовывать математические модели электроустановок на базе современных программно-технических комплексов                          | ОПК(У)-2.                        |
| РД3                                           | Применять общие принципы идеализации электрических, электромагнитных и электромеханических установок при их математическом описании | ОПК(У)-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. |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| Раздел 1. Аппарат матричной алгебры при исследовании многомерных систем               | РД1, РД3                                     | Лекции                    | 4                 |
|                                                                                       |                                              | Практические занятия      |                   |
|                                                                                       |                                              | Лабораторные занятия      | 2                 |
|                                                                                       |                                              | Самостоятельная работа    | 30                |
| Раздел 2. Линейные и нелинейные уравнения установившегося режима и способы их решения | РД1, РД2, РД3,                               | Лекции                    | 2                 |
|                                                                                       |                                              | Практические занятия      |                   |
|                                                                                       |                                              | Лабораторные занятия      | 2                 |
|                                                                                       |                                              | Самостоятельная работа    | 30                |
| Раздел 3. Численные и аналитические методы решения систем дифференциальных уравнений  | РД1, РД3                                     | Лекции                    | 2                 |
|                                                                                       |                                              | Практические занятия      |                   |
|                                                                                       |                                              | Лабораторные занятия      | 2                 |
|                                                                                       |                                              | Самостоятельная работа    | 30                |
| Раздел 4. Принципы моделирования динамических и статических систем                    | РД1, РД2, РД3                                | Лекции                    | 2                 |
|                                                                                       |                                              | Практические занятия      |                   |
|                                                                                       |                                              | Лабораторные занятия      | 4                 |
|                                                                                       |                                              | Самостоятельная работа    | 34                |

Содержание разделов дисциплины:

#### Раздел 1. Аппарат матричной алгебры при исследовании многомерных систем

Роль математического моделирования в научно-технических исследованиях. Общие принципы идеализации электрических, механических и электромеханических систем при их математическом описании. Линейные уравнения узловых напряжений как основа расчета установившегося режима. Особенности матрицы собственных и взаимных проводимостей узлов и матрицы собственных и взаимных сопротивлений узлов. Нормы, числа обусловленности матриц. Численные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Нормы, числа обусловленности матриц. Метод Гаусса. Метод Зейделя. Метод Гаусса-Зейделя. Метод простой итерации.

#### Темы лекций:

1. Общие принципы идеализации электрических, механических и электромеханических систем при их математическом описании. Линейные уравнения узловых напряжений как основа расчета установившегося режима.
2. Численные методы решения систем линейных алгебраических уравнений.

#### Темы лабораторных работ:

1. Расчет установившегося режима в ЭЭС на основе уравнений в форме балансов токов.

#### Раздел 2. Линейные и нелинейные уравнения установившегося режима и способы их решения

Идеализированные элементы электрических схем замещения, ограничение числа степеней свободы, линеаризуемые и существенно-нелинейные системы. Нелинейные

уравнения узловых напряжений в форме баланса токов и баланса мощностей. Численные методы решения систем нелинейных алгебраических уравнений. Метод Ньютона – метод касательных, исследование сходимости метода Ньютона. Исследование модифицированного метода Ньютона для решения уравнений установившегося режима. Метод итераций – метод последовательных приближений. Сходимость метода Ньютона. Связь сходимости с якобианом уравнений установившегося режима в точке решения.

**Темы лекций:**

3. Идеализированные элементы электрических схем замещения, ограничение числа степеней свободы, линеаризуемые и существенно-нелинейные системы. Численные методы решения систем нелинейных алгебраических уравнений.

**Темы лабораторных работ:**

1. Расчет установившегося режима электрической сети ЭЭС на основе уравнений в форме баланса мощностей.

|                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 3. Численные и аналитические методы решения систем дифференциальных уравнений</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|

Метод переменных состояния. Численно-аналитические методы решения уравнений состояния. Замена переменных состояния при расчетах сложных электрических цепей. Правило Рунге для оценки погрешности и выбор шага интегрирования.

Жесткие системы дифференциальных уравнений. Сведение расчета переходных процессов к расчету цепи постоянного тока.

**Темы лекций:**

4. Метод переменных состояния.

**Темы лабораторных работ:**

2. Моделирование переходных процессов в ЭЭС методом переменных состояния.

|                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 4. Принципы моделирования динамических и статических систем</b> |
|---------------------------------------------------------------------------|

Моделирование систем различной физической природы на примере электрических и механических систем. Физический смысл условий, принимаемых при составлении уравнений. Основные формы уравнений установившегося режима и вопросы существования и неоднозначности их решения.

**Темы лекций:**

5. Моделирование систем различной физической природы на примере электрических и механических систем. Основные формы уравнений установившегося режима и вопросы существования и неоднозначности их решения.

**Темы лабораторных работ:**

1. Моделирование устойчивых и неустойчивых состояний равновесия в линейных и линеаризованных системах.
2. Моделирование переходных процессов асинхронного двигателя.

## 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;
- Работа в электронном курсе (изучение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий и контролирующих мероприятий и др.);
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Подготовка к лабораторным работам;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1. Учебно-методическое обеспечение

1. Моделирование и виртуальное прототипирование : учебное пособие / И. И. Косенко [и др.]. — Москва: Инфра-М Альфа-М Уникум Сервис, 2015. — 176 с.: ил.. — Технологический сервис. — Магистратура. — Библиогр.: с. 174..  
<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C292846>
2. Мамонова Т.Е. Информационные технологии. Лабораторный практикум: учебное пособие для прикладного бакалавриата / Т. Е. Мамонова; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Москва: Юрайт, 2016. — 177 с.: ил.. — Университеты России. — Библиогр.: с. 177.  
<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C338565>
3. Л. К. Бурулько. Математическое моделирование электромеханических систем [Электронный ресурс ]учебное пособие: / Л. К. Бурулько ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Энергетический институт (ЭНИИ), Кафедра электропривода и электрооборудования (ЭПЭО) . — Томск : Изд-во ТПУ , 2014  
<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C297012>

### Дополнительная литература:

1. Егоров В.Н., Корженевский-Яковлев О.В. Цифровое моделирование систем электропривода. — Л.: Энергоатомиздат, 1986. — 50 с.  
<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C33551>
2. Кучинский Г.С. Частичные разряды в высоковольтных конструкциях. М.: Л.: Энергия, 1979 — 223 с.  
<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C33849>
3. Шишенок Н.А. и др. Основы теории надежности и эксплуатации радиоэлектронной техники. — М.: Изд-во "Советское радио", 1978. — 284 с.  
<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C169346>

### 6.2. Информационное и программное обеспечение

Электронный курс: Математическое моделирование в электроэнергетике;

Режим доступа: <https://eor.lms.tpu.ru/course/view.php?id=1977>

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке:

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

1. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Microsoft Office 2013 Standard Russian Academic;
2. Document Foundation LibreOffice;
3. Cisco Webex Meetings\$
4. Zoom Zoom.
5. Google Chrome
6. Mathcad 15 Academic Floating
7. MathWorks MATLAB Full Suite R2017b (vap.tpu.ru)

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

В учебном процессе используется следующее оборудование:

| №  | Наименование специальных помещений                                                                                                                                                                                              | Наименование оборудования                                                                                                                                                |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации<br><br>634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7<br>323                       | Компьютер - 1 шт.; Проектор - 2 шт.; Телевизор - 3 шт.<br>Доска аудиторная настенная - 4 шт.; Стол лабораторный - 2 шт.; Комплект учебной мебели на 122 посадочных мест; |
| 2. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс)<br><br>634034 г. Томская область, Томск, Усова улица, д.7<br>119 | Компьютер - 16 шт.<br>Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Шкаф для документов - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 16 посадочных мест;                                    |
|    |                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                          |

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы Электроэнергетика по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / специализация «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» (приема 2016 г., заочная форма обучения).

Разработчик(и):

| Должность  | степень | ФИО            |
|------------|---------|----------------|
| Доцент ОЭЭ | к.т.н.  | Колчанова В.А. |

Программа одобрена на заседании кафедры электроэнергетических систем (протокол от 15.06.2016 г. № 15).

И.о. заведующего кафедрой –  
руководителя отделения на правах кафедры,  
к.т.н.



А.С. Ивашутенко

**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

| <b>Учебный год</b>          | <b>Содержание /изменение</b>                                                                                                                                                                                                         | <b>Обсуждено на заседании<br/>ОЭЭ<br/>протокол</b> |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 2018/2019<br>учебный<br>год | 1. Изменена система оценивания.                                                                                                                                                                                                      | От 27.08.18 №4/1                                   |
| 2020/2021<br>учебный<br>год | 1. Обновлено программное обеспечение.<br>2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем.<br>3. Обновлено содержание разделов дисциплины.<br>4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС. | От 25.06.2020 г.<br>№6                             |