

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 2019 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

| Переходные процессы в энергосистемах                    |                                                   |         |   |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------|---|
| Направление подготовки/<br>специальность                | 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника       |         |   |
| Образовательная программа<br>(направленность (профиль)) | Электроэнергетика                                 |         |   |
| Специализация                                           | Высоковольтные электроэнергетика и электротехника |         |   |
| Уровень образования                                     | высшее образование - бакалавриат                  |         |   |
| Курс                                                    | 4                                                 | семестр | 7 |
| Трудоемкость в кредитах<br>(зачетных единицах)          | 3                                                 |         |   |
| Виды учебной деятельности                               | Временной ресурс                                  |         |   |
| Контактная (аудиторная)<br>работа, ч                    | Лекции                                            | 16      |   |
|                                                         | Практические занятия                              | 16      |   |
|                                                         | Лабораторные занятия                              | 16      |   |
|                                                         | ВСЕГО                                             | 48      |   |
| Самостоятельная работа, ч                               |                                                   | 60      |   |
| ИТОГО, ч                                                |                                                   | 108     |   |

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

2020 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5.4 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) -2.       | Способен составить конкурентно-способные варианты технических решений при проектировании объектов ПД | И.ПК(У)-2.1.                      | Обосновывает выбор целесообразного решения задач проектирования электроустановок и аппаратов различных типов | ПК(У)-2.1В1                                                 | Владеет методами расчетов токов короткого замыкания (КЗ) при различных видах КЗ в энергосистемах                                  |
|                 |                                                                                                      |                                   |                                                                                                              | ПК(У)-2.1У1                                                 | Умеет рассчитывать параметры схем замещения электроустановок, составлять и преобразовывать схемы в зависимости от вида и места КЗ |
|                 |                                                                                                      |                                   |                                                                                                              | ПК(У)-2.1З1                                                 | Знает технические средства для ограничения токов КЗ                                                                               |
|                 |                                                                                                      |                                   |                                                                                                              | ПК(У)-2.1В2                                                 | Владеет навыками расчетов статической и динамической устойчивости энергосистем простой структуры                                  |
|                 |                                                                                                      |                                   |                                                                                                              | ПК(У)-2.1У2                                                 | Умеет учитывать влияния переходных процессов на устойчивость энергосистем                                                         |
|                 |                                                                                                      |                                   |                                                                                                              | ПК(У)-2.1З2                                                 | Знает мероприятия по повышению устойчивости энергосистем                                                                          |

## 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 знания общих законов электротехники для расчета электрических параметров при переходных процессах в энергосистемах | И.ПК(У)-2.1.                     |
| РД 2                                          | Выполнять расчеты токов и напряжений при продольной и поперечной несимметриях.                                               | И.ПК(У)-2.1.                     |
| РД 3                                          | Определять статическую и динамическую устойчивость простейшей электрической системы.                                         | 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.<br>Общие сведения о переходных процессах в электрических системах              | РД1, РД2                                     | Лекции                    | 4                 |
|                                                                                          |                                              | Практические занятия      | 4                 |
|                                                                                          |                                              | Лабораторные занятия      | 4                 |
|                                                                                          |                                              | Самостоятельная работа    | 16                |
| Раздел 2.<br>Переходные процессы при симметричных коротких замыканиях в трехфазных цепях | РД1, РД2                                     | Лекции                    | 4                 |
|                                                                                          |                                              | Практические занятия      | 4                 |
|                                                                                          |                                              | Лабораторные занятия      | 4                 |
|                                                                                          |                                              | Самостоятельная работа    | 18                |
| Раздел 3.<br>Несимметричные переходные процессы в электрической сети                     | РД1, РД2,                                    | Лекции                    | 4                 |
|                                                                                          |                                              | Практические занятия      | 4                 |
|                                                                                          |                                              | Лабораторные занятия      | 4                 |
|                                                                                          |                                              | Самостоятельная работа    | 18                |
| Раздел 4.<br>Устойчивость электрических систем                                           | РД1, РД3                                     | Лекции                    | 4                 |
|                                                                                          |                                              | Практические занятия      | 4                 |
|                                                                                          |                                              | Лабораторные занятия      | 4                 |
|                                                                                          |                                              | Самостоятельная работа    | 16                |

Содержание разделов дисциплины:

##### **Раздел 1. Общие сведения о переходных процессах в электрических системах**

Общие сведения об переходных процессах в электроэнергетических системах. Основные понятия и определения. Причины возникновения и последствия переходных процессов. Виды переходных процессов.

Назначение расчетов и требования, предъявляемые к ним. Основные допущения при расчетах. Составление схем замещения и расчет их параметров. Система относительных единиц. Приведение параметров схемы к основной ступени напряжения. Представление элементов в схемах замещения при расчетах переходных процессов. Параметры синхронной машины в переходном режиме. Преобразование схем замещения.

##### **Темы лекций:**

1. Общие сведения об переходных процессах в электроэнергетических системах.
2. Основные допущения при расчетах переходных процессов.

##### **Темы практических занятий:**

1. Система относительных единиц. Точное и приближенное приведение параметров схемы к основной ступени напряжения.
2. Составление схем замещения и расчет их параметров.

##### **Названия лабораторных работ:**

1. Исследование режима трехфазного короткого замыкания в простейшей цепи.

##### **Раздел 2. Переходные процессы при симметричных коротких замыканиях в трехфазных цепях**

Трехфазное короткое замыкание в простейшей цепи, подключенной к шинам бесконечной мощности. Законы изменения периодической и аperiodической составляющих тока во времени. Волновые и векторные диаграммы токов и напряжений. Определение начального значения аperiodической составляющей тока и постоянной времени затухания. Ударный ток короткого замыкания. Действующее значение тока короткого замыкания.

**Темы лекций:**

1. Переходные процессы в простейшей трехфазной цепи.
2. Влияние и учет нагрузки в начальный момент трехфазного КЗ.

**Темы практических занятий:**

1. Расчет основных характеристик тока и остаточных напряжений при трехфазном коротком замыкании в электрической цепи.
2. Выбор выключателя по отключающей способности.

**Названия лабораторных работ:**

1. Исследование влияния нагрузки в начальный момент трехфазного короткого замыкания.

**Раздел 3. Несимметричные переходные процессы в электрической сети**

Понятие о поперечной и продольной несимметрии. Применение метода симметричных составляющих к исследованию несимметричных режимов. Принцип независимости действия симметричных составляющих. Сопротивления обратной и нулевой последовательностей элементов электрической системы. Общие положения по составлению и преобразованию схем отдельных последовательностей и расчету их результирующих параметров.

Граничные условия при различных видах несимметричных коротких замыканий. Соотношения между симметричными составляющими и полными значениями токов и напряжений по месту несимметрии при однофазном, двухфазном и двухфазном на землю коротких замыканиях. Правило эквивалентности прямой последовательности. Комплексные схемы замещения. Сравнение видов короткого замыкания. Векторные диаграммы и эпюры распределения токов и напряжений.

Граничные условия при различных видах продольной несимметрии. Соотношения между симметричными составляющими, полными токами и падениями напряжений при разрыве одной и двух фаз. Комплексные схемы замещения.

**Темы лекций:**

1. Основные положения в исследовании несимметричных переходных процессов.
2. Однократная поперечная и продольная несимметрия.

**Темы практических занятий:**

1. Составление и преобразование схем замещения различных последовательностей.
2. Расчет токов и напряжений при несимметричных коротких замыканиях.

**Названия лабораторных работ:**

1. Распределение симметричных составляющих напряжений при несимметричных коротких замыканиях.

**Раздел 4. Устойчивость электрических систем**

Общие сведения об электромеханических переходных процессах. Основные понятия и определения. Основные допущения, принимаемые при анализе. Задачи расчета устойчивости электрических систем. Характеристика мощности простейшей электрической системы. Уравнение движения ротора генератора.

Статическая устойчивость простейшей электрической системы. Практические критерии статической устойчивости простейшей системы. Устойчивость при сложной связи генератора с системой. Влияние параметров схемы на характеристики мощности. Статическая устойчивость генератора с автоматическим регулированием возбуждения.

Понятие о динамической устойчивости. Анализ динамической устойчивости системы методом площадей. Динамическая устойчивость при коротком замыкании на линии. Предельный угол отключения короткого замыкания.

**Темы лекций:**

1. Статическая устойчивость простейшей электрической системы.

2. Динамическая устойчивость электрической системы.

**Темы практических занятий:**

1. Расчет статической устойчивости простейшей энергосистемы.

2. Расчет динамической устойчивости одномашинной системы с использованием метода площадей.

**Названия лабораторных работ:**

1. Исследование статической устойчивости одномашинной энергосистемы.

## **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;
- Выполнение домашних заданий;
- 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. Александров, В. В. Расчет токов коротких замыканий в электроэнергетических системах: учебное пособие / В. В. Александров, А. А. Малютин. – 2-е изд., стер. – Москва: ФЛИНТА, 2016. – 133 с. – ISBN 978-5-9765-2705-8. – Текст : электронный. – URL: <https://ezproxy.ha.tpu.ru:2483/catalog/product/1089343> (дата обращения: 12.05.2020);

2. Папков, Б.В. Электроэнергетические системы и сети. Токи короткого замыкания: учебник и практикум для вузов / Б.В. Папков, В.Ю. Вуколов. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2020. – 353 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-9916-8148-3. – Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. URL: <https://ezproxy.ha.tpu.ru:3013/bcode/452082> (дата обращения: 12.05.2020);

3. Хрущев, Ю.В. Электроэнергетические системы и сети. Электромеханические переходные процессы: учебное пособие для вузов / Ю.В. Хрущев, К.И. Заповодников, А.Ю. Юшков. – Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 153 с. — (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-02713-6. – Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. – URL: <https://ezproxy.ha.tpu.ru:3013/bcode/451312> (дата обращения: 12.05.2020).

Дополнительная литература:

1. Готман, Владимир Иванович. Короткие замыкания и несимметричные режимы в электроэнергетических системах: учебное пособие / В. И. Готман; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 240 с.: ил. – Библиогр.: с. 235. – ISBN 978-5-98298-848-5. URL: <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C223318>;

2. Куликов, Юрий Алексеевич. Переходные процессы в электроэнергетических системах: учебное пособие / Ю. А. Куликов. – Москва: Омега-Л, 2013. – 380 с.: ил.. – Высшее техническое образование. – Библиогр.: с. 348-352. – Глоссарий: с. 366-375.. – ISBN 978-5-370-02938-7. URL: <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C258144>;

3. Ульянов, Сергей Александрович. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах : учебник / С. А. Ульянов. – 2-е изд., стер.. – Москва: Арис, 2010. – 520 с.: ил.. – На обложке: Электромагнитные переходные процессы. – Библиогр.: с. 514.. –

ISBN

978-5-904673-01-7.

URL:

<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C180579>.

## 6.2. Информационное и программное обеспечение

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. Microsoft Office Standard – Академическая лицензия.
2. ПК Mathcad – Академическая лицензия.

## 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:<br>634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 346                     | Доска аудиторная настенная - 1 шт.;<br>Комплект учебной мебели на 46 посадочных мест;<br>Компьютер - 1 шт.; Телевизор - 1 шт.               |
| 2. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:<br>634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 345                     | Доска аудиторная настенная - 1 шт.;<br>Комплект учебной мебели на 32 посадочных мест;<br>Компьютер - 1 шт.; Телевизор - 1 шт.               |
| 3. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс)<br>634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 119 | Доска аудиторная настенная - 1 шт.;<br>Шкаф для документов - 1 шт.;<br>Комплект учебной мебели на 16 посадочных мест;<br>Компьютер - 16 шт. |

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы «Электроэнергетика» / специализация «Высоковольтные электроэнергетика и электротехника» по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (прием 2019 г., очная форма обучения).

**Разработчик:**

| Должность  | Степень, звание | ФИО        |
|------------|-----------------|------------|
| Доцент ОЭЭ | к.т.н.          | Юшков А.Ю. |

Программа одобрена на заседании отделения электроэнергетики и электротехники ИШЭ (протокол от 27 июня 2019 г. № 6).

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

/ Ивашутенко А.С./

**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

| <b>Учебный год</b>    | <b>Содержание /изменение</b>                                                                                               | <b>Обсуждено на заседании ОЭЭ</b> |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 2020/2021 учебный год | 1. Обновлен перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем.                                        | От 25.06.2020 г.<br>№ 6           |
| 2021/2022 учебный год | 1. Обновлен перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем.<br>2.Обновлено программное обеспечение | От 11.05.2021 г.<br>№ 6/1         |
| 2022/2023 учебный год | 1. Обновлен перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем.                                        | От 29.06.2022 г.<br>№ 6           |