

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

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИИПЭ  
 Матвеев А.С.  
«30» июня 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2019 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ заочная**

| <b>Электромагнитные переходные процессы</b>    |                                                    |            |   |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------|---|
| Направление подготовки                         | <b>13.03.02 Электроэнергетика и электротехника</b> |            |   |
| Образовательная программа                      | <b>Электроэнергетика</b>                           |            |   |
| Специализация                                  | <b>Электроснабжение</b>                            |            |   |
| Уровень образования                            | высшее образование - бакалавриат                   |            |   |
| Курс                                           | 5                                                  | семестр    | 9 |
| Трудоемкость в кредитах<br>(зачетных единицах) | <b>3</b>                                           |            |   |
| Виды учебной деятельности                      | Временной ресурс                                   |            |   |
| Контактная (аудиторная)<br>работа, ч           | Лекции                                             | <b>10</b>  |   |
|                                                | Практические занятия                               | <b>6</b>   |   |
|                                                | Лабораторные занятия                               | <b>6</b>   |   |
|                                                | ВСЕГО                                              | <b>22</b>  |   |
| Самостоятельная работа, ч                      |                                                    | <b>86</b>  |   |
| ИТОГО, ч                                       |                                                    | <b>108</b> |   |

|                                                 |                                                                                     |                              |            |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------|
| Вид промежуточной аттестации                    | <b>Экзамен</b>                                                                      | Обеспечивающее подразделение | <b>ОЭЭ</b> |
| И.о. заведующего кафедрой –<br>руководителя ОЭЭ |  | Ивашутенко А.С.              |            |
| Руководитель ООП                                |  | Шестакова В.В.               |            |
| Преподаватель                                   |  | Хохлова Т.Е.                 |            |

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) - 2.      | Способен составить конкурентно-способные варианты технических решений при техническом аудите, предпроектном обследовании и проектировании систем электроснабжения объектов и технологических установок | И.ПК(У) -2.1.                     | Производит выбор оптимального технического решения задач технического аудита, предпроектного обследования и проектирования систем электроснабжения объектов и технологических установок | ПК(У)- 2.1B1                                                | Владеет методами математического и физического моделирования режимов, процессов, состояний систем электроснабжения объектов и технологических установок для расчета токов короткого замыкания (КЗ), выбора и проверки оборудования, повышения эксплуатационной надежности |
|                 |                                                                                                                                                                                                        |                                   |                                                                                                                                                                                         | ПК(У)- 2.1У1                                                | Умеет составлять, оптимизировать и рассчитывать параметры схем замещения систем электроснабжения объектов и технологических установок, составлять и преобразовывать схемы в зависимости от поставленных целей, видов и мест КЗ                                            |
|                 |                                                                                                                                                                                                        |                                   |                                                                                                                                                                                         | ПК(У)- 2.131                                                | Знает требования современных российских и зарубежных стандартов к техническим средствам для повышения надежности, защиты систем электроснабжения и технологических установок от токов КЗ и ограничения токов КЗ                                                           |
|                 |                                                                                                                                                                                                        |                                   |                                                                                                                                                                                         | ПК(У)- 2.1B2                                                | Владеет навыками расчетов статической и динамической устойчивости в системах электроснабжения объектов и технологических установках                                                                                                                                       |
|                 |                                                                                                                                                                                                        |                                   |                                                                                                                                                                                         | ПК(У)- 2.1У2                                                | Умеет рассчитывать переходные процессы в узлах нагрузки                                                                                                                                                                                                                   |
|                 |                                                                                                                                                                                                        |                                   |                                                                                                                                                                                         | ПК(У)- 2.132                                                | Знает мероприятия по повышению устойчивости и качества переходных процессов в системах электроснабжения объектов и технологических установках                                                                                                                             |
|                 |                                                                                                                                                                                                        |                                   |                                                                                                                                                                                         | ПК(У)- 2.1B3                                                | Владеет опытом обоснования итоговых рекомендаций и разработки технической документации при решении прикладных и исследовательских задач в системах электроснабжения объектов и технологических установках                                                                 |
|                 |                                                                                                                                                                                                        |                                   |                                                                                                                                                                                         | ПК(У)- 2.1У3                                                | Умеет подготавливать исходные данные для разработки проектной и рабочей документации элементов систем электроснабжения, отдельных разделов и в целом проектов систем электроснабжения объектов и технологических установок                                                |
|                 |                                                                                                                                                                                                        |                                   |                                                                                                                                                                                         | ПК(У)- 2.133                                                | Знает универсальные методы инженерного анализа применительно к элементам систем электроснабжения, отдельным разделам и в целом проектам систем электроснабжения объектов и технологическим установкам                                                                     |

## 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<br>достижения<br>компетенции |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Код                                           | Наименование                                                                                                                                  |                                        |
| РД 1                                          | Применять знания общих законов электротехники для расчета электрических параметров при электромагнитных переходных процессах в СЭС            | И.ПК(У)-2.1.                           |
| РД 2                                          | Уметь для расчета электромагнитных переходных процессов составлять и рассчитывать параметры схемы замещения элементов систем электроснабжения | И.ПК(У)-2.1.                           |
| РД3                                           | Владеть методами расчета режимов трехфазного, несимметричного коротких замыканий для систем электроснабжения                                  | И.ПК(У)-2.1.                           |
| РД4                                           | Применять методы расчёта статической и динамической устойчивости узлов нагрузок и условий параллельной работы электрических машин.            | 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. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| <b>Раздел 1. Основные положения курса</b>                                                        | РД1, РД2                                     | Лекции                    | 2                 |
|                                                                                                  |                                              | Практические занятия      | -                 |
|                                                                                                  |                                              | Лабораторные занятия      | -                 |
| <b>Раздел 2. Переходные процессы при коротких замыканиях</b>                                     | РД1, РД2, РД3                                | Лекции                    | 3                 |
|                                                                                                  |                                              | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                                                  |                                              | Лабораторные занятия      | 2                 |
|                                                                                                  |                                              | Самостоятельная работа    | 33                |
| <b>Раздел 3. Несимметричные аварийные режимы</b>                                                 | РД1, РД2, РД3                                | Лекции                    | 3                 |
|                                                                                                  |                                              | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                                                  |                                              | Лабораторные занятия      | 2                 |
|                                                                                                  |                                              | Самостоятельная работа    | 33                |
| <b>Раздел 4. Основные понятия, принимаемые при расчете устойчивости системы электроснабжения</b> | РД1, РД2, РД4                                | Лекции                    | 2                 |
|                                                                                                  |                                              | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                                                  |                                              | Лабораторные занятия      | 2                 |
|                                                                                                  |                                              | Самостоятельная работа    | 20                |

Содержание разделов дисциплины:

##### **Раздел 1. Основные положения курса**

Изучение общих сведений об электромагнитных переходных процессах, основных определений, причин возникновения и последствий переходных процессов., назначение расчетов и требований, предъявляемых к ним. Анализ расчетных условий и основных допущений при расчетах. Изучение системы относительных и именованных единиц. Составление и преобразование схем замещения

##### **Темы лекций:**

1. Общие сведения об электромагнитных переходных процессах.

##### **Темы практических занятий:**

1. Составление и преобразование схем замещения.

##### **Раздел 2. Переходные процессы при коротких замыканиях**

Изучение простейшей трехфазной цепи. Анализ трехфазного короткого замыкания в простейшей цепи, подключенной к источнику бесконечной мощности. Изучение законов изменения периодической и аperiodической составляющих тока в функции времени. Анализ волновых и векторных диаграмм токов и напряжений. Определение начального значения аperiodической составляющей тока и постоянной времени затухания, ударного тока. Анализ влияния предшествующего режима и фазы включения на величину тока короткого замыкания.

##### **Темы лекций:**

2. Анализ трехфазного короткого замыкания в простейшей цепи, подключенной к источнику бесконечной мощности.

**Темы практических занятий:**

1. Определение начального значения апериодической составляющей тока и постоянной времени затухания.

**Названия лабораторной работы**

1. Исследование режима трехфазного короткого замыкания в простейшей цепи.

**Раздел 3. Несимметричные аварийные режимы**

Метод симметричной составляющей. Параметры элементов обратной и нулевой последовательностей. Схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей. Однократная поперечная несимметрия. Алгоритм расчета тока несимметричного короткого замыкания. Правило эквивалентности прямой последовательности. Комплексные схемы замещения. Сравнение токов различных видов короткого замыкания. Распределение симметричных составляющих. Общая характеристика распределительных сетей. Простое замыкание на землю. Учет изменения параметров проводников сети. Учет местных источников и нагрузок. Расчет токов короткого замыкания в сетях напряжением ниже 1000 В. Оптимизация режима заземления нейтралей в электрических системах. Токоограничивающие устройства. Координация уровней токов коротких замыканий и параметры электротехнического оборудования.

**Темы лекций:**

1. Несимметричные переходные процессы в электрической сети.
2. Особенности расчета несимметричных переходных процессов в распределительных сетях и в электроустановках до 1 кВ.

**Темы практических занятий:**

1. Расчет токов и напряжений при несимметричных коротких замыканиях.
2. Расчет режимов коротких замыканий в сетях до 1000 В.

**Названия лабораторных работ:**

1. Исследование распределения симметричных составляющих напряжений при несимметричных коротких замыканиях.

**Раздел 4. Основные понятия, принимаемые при расчете устойчивости системы электроснабжения**

Основные понятия и определения. Задачи расчета устойчивости СЭС. Уравнение движения ротора генератора. Характеристика мощности простейшей системы. Статическая устойчивость простых систем. Устойчивость при сложной связи генератора с системой. Понятие о динамической устойчивости СЭС. Оценка динамической устойчивости системы методом площадей. Динамическая устойчивость при КЗ на линии. Предельный угол отключения КЗ. Статическая устойчивость АД и СД. Вторичные признаки устойчивости нагрузки. Динамическая устойчивость двигательной нагрузки.

**Темы лекций:**

1. Статическая устойчивость системы.
2. Динамическая устойчивость системы.

**Темы практических занятий:**

1. Расчет статической устойчивости простейшей системы. Определение коэффициента запаса устойчивости

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;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим занятиям;
- Выполнение курсового проекта;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

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

### **6.1. Учебно-методическое обеспечение**

Основная литература:

1. Готман, Владимир Иванович. Переходные процессы в системах электроснабжения. Расчет режимов короткого замыкания в системе электроснабжения промышленного предприятия : учебно-методическое пособие / В. И. Готман; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт дистанционного образования (ИДО). — Томск: Изд-во ТПУ, 2012. — 70 с.: ил.. — Текст : непосредственный 85 экз.
2. Куликов, Юрий Алексеевич. Переходные процессы в электроэнергетических системах : учебное пособие / Ю. А. Куликов. — Москва: Омега-Л, 2013. — 380 с.: ил.. — Текст : непосредственный 6 экз.
3. Армеев Д.В., Переходные процессы в электрических системах / Армеев Д.В., Гусев Е.П. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2014. - 332 с. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778224988.html> (дата обращения: 19.06.2019). - Режим доступа : по подписке.

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. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m63.pdf> (дата обращения: 19.06.2019) Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст: электронный
2. Ульянов, Сергей Александрович. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах : учебник / С. А. Ульянов. — 2-е изд., стер.. — Москва: Арис, 2010. — 520 с.: ил.. — Текст : непосредственный 149 экз.
3. Шабад, Виктор Клементьевич. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах : учебник в электронном формате / В. К. Шабад.

— Москва: Академия, 2013. — Высшее профессиональное образование.  
Энергетика. — Бакалавриат. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/FN/fn-119.pdf> (дата обращения: 19.06.2019) Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст: электронный

4. Хрущёв Ю. В. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических процессах: учебное пособие / Ю. В. Хрущёв, К. И. Заповодников, А. Ю. Юшков; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Энергетический институт (ЭНИИ), Кафедра электрических сетей и электротехники (ЭСиЭ). – 2-е изд.. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m492.pdf> (дата обращения: 19.06.2019 07.04.2020) Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст: электронный
5. Хохлова Т. Е. Переходные процессы в системах электроснабжения : электронный курс / Т. Е. Хохлова; Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Инженерная школа энергетики, Отделение электроэнергетики и электротехники (ОЭЭ). – URL: <http://design.lms.tpu.ru/course/view.php?id=2745> (дата обращения: 19.06.2019) Режим доступа: по логину и паролю. — Текст: электронный

## 6.2. Информационное и программное обеспечение

### Информационное обеспечение

1. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
2. Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» - <https://new.znanium.com/>
3. Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>
4. Электронно-библиотечная система «Консультант студента»  
<http://www.studentlibrary.ru/>

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

1. Microsoft Office Standard 16 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. | Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий:<br>634050, Томская область, г. Томск, ул. Усова, 7, корп. 8, ауд. 119 – 122, 126 | компьютеры– 15 шт.        |
| 2. | Учебная аудитория для проведения практических занятий:<br>634050, Томская область, г. Томск, ул. Усова, 7, корп. 8, ауд. 119 – 122, 126 | компьютеры– 15 шт.        |

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / Электроэнергетика / специализация «Электроснабжение» (приема 2019 г., заочная форма обучения).

Разработчик(и):

| Должность  | ФИО          |
|------------|--------------|
| Доцент ОЭЭ | Т.Е. Хохлова |

Программа одобрена на заседании Отделения Электроэнергетики и электротехники (протокол от «27» июня 2019г. №6).

И.о. заведующего кафедрой – руководителя ОЭЭ  
к.т.н, доцент

 /А.С. Ивашутенко/

**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. Обновлены цели и результаты освоения дисциплины<br>2. Обновлено ПО в рабочей программе дисциплины<br>3. Обновлен перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем.<br>4. Обновлен список литературы | 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           |