

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

УТВЕРЖДАЮ  
 Директор ИИЦЭ  
  
 А.С. Матвеев  
 «21» июня 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2023 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

<b>Переходные процессы в системах электроснабжения</b>			
Направление подготовки/ специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника		
Основная профессиональная образовательная программа	Управление объектами электроэнергетических систем		
Специализация (профиль)	Электроснабжение		
Уровень образования	высшее образование – бакалавриат		
Курс	4	семестр	7
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	16	
	Практические занятия	16	
	Лабораторные занятия	16	
	ВСЕГО	48	
Самостоятельная работа, ч		60	
ИТОГО, ч		108	

Вид промежуточной аттестации	Экзамен	Обеспечивающее подразделение	ОЭЭ
И.о. заведующего кафедрой – руководителя отделения			И.А. Разживин
Руководитель ОПОП			В.В. Шестакова
Преподаватель			Д.С. Никитин

2023 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

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

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код	Наименование	Код	Наименование
ПК(У)-3	Способен проводить проектирование в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных методов, применяемым к системам электроснабжения объектов и технологическим установкам	И.ПК(У)-3.1	Производит проектирование элементов систем электроснабжения, отдельных разделов и в целом проектов систем электроснабжения объектов и технологических установок в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных методов и специализированных программных комплексов	ПК(У)-3.1В2	Владеет навыками чтения и изображения схем отдельных элементов и в целом систем электроснабжения объектов и технологических установок
				ПК(У)-3.1В3	Владеет опытом моделирования отдельных элементов и в целом систем электроснабжения объектов и технологических установок с использованием различных специализированных программных комплексов
				ПК(У)-3.1В1	Владеет навыками использования специализированных программных комплексов для проектирования элементов систем электроснабжения, отдельных разделов и в целом проектов систем электроснабжения объектов и технологических установок
				ПК(У)-3.1У3	Умеет планировать, рассчитывать и анализировать результаты исследования, связанные с моделированием отдельных элементов и в целом систем электроснабжения объектов и технологических установок с использованием различных специализированных программных комплексов
				ПК(У)-3.1У2	Умеет выбирать элементы систем электроснабжения

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код	Наименование	Код	Наименование
					объектов и технологических установок и проверять их на соответствие нормативным требованиям
				ПК(У)-3.1У1	Умеет подготавливать исходные данные в соответствии с правилами специализированных программных комплексов для проектирования элементов систем электропитания, отдельных разделов и в целом проектов систем электропитания объектов и технологических установок
				ПК(У)-3.133	Знает программы, предназначенные для написания и модификации документов, проведения расчетов, моделирования процессов в отдельных элементах и в целом системах электропитания объектов и технологических установках
				ПК(У)-3.132	Знает требования законодательства Российской Федерации, нормативных правовых актов и нормативных технических документов к функционированию объектов, для которых предназначены системы электропитания и технологические установки
				ПК(У)-3.131	Знает назначение отдельных элементов систем электропитания объектов и технологических установок

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

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 СЭС	И.ПК(У)-3.1.
РД-2	Уметь для расчета переходных процессов составлять и рассчитывать параметры схемы замещения элементов систем электроснабжения	И.ПК(У)-3.1.
РД-3	Владеть методами расчета режимов трехфазного, несимметричного коротких замыканий для систем электроснабжения	И.ПК(У)-3.1.
РД-4	Применять методы расчёта статической и динамической устойчивости узлов нагрузок и условий параллельной работы электрических машин.	И.ПК(У)-3.1.

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. Общие вопросы курса	РД-1, РД-2	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	2
Раздел 2. Короткие замыкания	РД-1, РД-2, РД-3	Лекции	3
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	30
Раздел 3. Несимметричные аварийные режимы	РД-1, РД-2, РД-3	Лекции	3
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	1
		Самостоятельная работа	30
Раздел 4. Основные понятия, принимаемые при расчете устойчивости системы электроснабжения	РД-1, РД-2, РД-4	Лекции	2
		Лабораторные занятия	1
		Самостоятельная работа	26

Содержание разделов дисциплины:

### **Раздел 1. Общие вопросы курса**

Краткое содержание дисциплины, ее связь с другими дисциплинами. Структура курса. Понятия, определение и описание переходных процессов. Математические модели элементов систем электроснабжения: синхронных и асинхронных машин, трансформаторов, линий электропередачи, токоограничивающих и шунтирующих реакторов.

#### **Темы лекций:**

1. Общие сведения о переходных процессах в электрических системах. Указания к выполнению расчетов переходных процессов

#### **Темы практических занятий:**

1. Расчет параметров схемы замещения системы электроснабжения промышленного предприятия

#### **Названия лабораторных работ:**

1. Вводное занятие. Порядок проведения лабораторных работ. Требования к отчетам по лабораторным работам

## ***Раздел 2. Короткие замыкания***

Виды, причины возникновения и последствия коротких замыканий. Назначения расчетов и требования, предъявляемые к ним. Допущения, принимаемые при расчетах. Схемы замещения и расчет их параметров. Преобразования схем замещения. Трехфазное короткое замыкание в простейшей электрической цепи, питаемой от шин неизменного напряжения. Наибольшее действующее значение полного тока. Эквивалентная постоянная времени. Расчет начального сверхпереходного и ударного токов короткого замыкания. Влияние предшествующего режима и фазы включения на величину тока короткого замыкания. Метод расчетных кривых

### **Темы лекций:**

2. Короткие замыкание в энергетических системах
3. Практические методы расчета трехфазного короткого замыкания

### **Темы практических занятий:**

2. Расчет трехфазного короткого замыкания

### **Названия лабораторных работ:**

2. 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:**

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

### **Темы практических занятий:**

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

### **Названия лабораторных работ:**

3. 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:**

6. Статическая устойчивость системы

### **Названия лабораторных работ:**

4. Исследование статической устойчивости одномашинной энергосистемы

## 5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины 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, расчетно-графических работ и домашних контрольных работ;
- 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. 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.. — Библиогр.: с. 69... –

2. Мастерова, Ольга Альбертовна. Переходные процессы в системах электроснабжения : учебное пособие для вузов / О. А. Мастерова; Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2009. — 167 с.: ил.. — Библиогр.: с. 166... –

3. 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.. –

4. Переходные процессы в электрических системах : сборник задач / Д. В. Армеев [и др.]; Новосибирский государственный технический университет (НГТУ) ; отв. за вып. В. М. Левин. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014. — 331 с.: ил.. — Библиогр.: с. 310.. — ISBN 978-5-7782-2498-8.. –

#### Дополнительная литература

5. Готман, Владимир Иванович. Короткие замыкания и несимметричные режимы в электроэнергетических системах : учебное пособие [Электронный ресурс] / В. И. Готман; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 14.4 MB). — Томск: Изд-во ТПУ, 2011. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Adobe Reader... — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m63.pdf>

6. 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.. –

7. Шабад, Виктор Клементьевич. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах : учебное пособие / В. К. Шабад. — Москва: Академия, 2013. — 191 с.: ил.. — Высшее профессиональное образование. Энергетика. — Бакалавриат. — Библиогр.: с. 187.. — ISBN 978-5-7695-9822-7.. –

8. Хрущёв, Юрий Васильевич. Электроэнергетические системы и сети. Электромеханические переходные процессы : учебное пособие для прикладного бакалавриата / Ю. В. Хрущёв, К. И. Заповодников, А. Ю. Юшков; Национальный исследовательский Томский

политехнический университет (ТПУ). — Москва: Юрайт, 2016. — 153 с.: ил. — Университеты России. — Библиогр.: с. 153.. — ISBN 978-5-9916-6536-0.. —

9. Хохлова, Татьяна Евгеньевна. Переходные процессы в системах электроснабжения : электронный курс / Т. Е. Хохлова; Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Инженерная школа энергетики, Отделение электроэнергетики и электротехники (ОЭЭ). — Электрон. дан.. — Томск: TPU Moodle, 2015. — Заглавие с экрана. — Доступ по логину и паролю... — URL: <http://design.lms.tpu.ru/course/view.php?id=2745>

## 6.2. Информационное и программное обеспечение

1. Переходные процессы в системах электроснабжения (Электронный курс). URL: <https://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=866>;

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

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. Adobe Acrobat Reader;
2. Microsoft Office;
3. Google Chrome;
4. LibreOffice Mozilla Public License 2.0;
5. Firefox ESR Mozilla Public License 2.0;
6. PDF-XChange Viewer.

## 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 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, аудитория 328	Комплект мебели на 98 посадочных мест; Доска аудиторная настенная (1 шт.); Комплект учебной мебели на 98 посадочных мест (1 шт.); Компьютер (1 шт.); Проектор (1 шт.); компьютер (1 шт.); проектор (1 шт.).
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, аудитория 325	Комплект мебели на 28 посадочных мест; Доска аудиторная настенная (1 шт.); Компьютер (1 шт.); Проектор (1 шт.); компьютер (1 шт.); проектор (1 шт.).
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, аудитория 121	Комплект мебели на 16 посадочных мест; Доска аудиторная настенная (1 шт.); Комплект учебной мебели на 16 посадочных мест (1 шт.); Компьютер (16 шт.); компьютер (16 шт.).

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики основной профессиональной образовательной программы «Управление объектами электроэнергетических систем» направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / специализации «Электроснабжение» (прием 2023 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	Степень, звание	ФИО
Доцент	к.т.н., -	Д. С. Никитин

Программа одобрена на заседании Отделения электроэнергетики и электротехники ИШЭ (протокол от 01.06.2023 г. №9).

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



И.А. Разживин

### Лист изменений рабочей программы дисциплины

Учебный год	Содержание / изменение	Обсуждено на заседании ОЭЭ (протокол)