

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

УТВЕРЖДАЮ




Директор ИИЭ

Матвеев А.С.

«30» июня 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2018 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ заочная**

Комплексный проект			
Направление подготовки Образовательная программа Специализация Уровень образования Курс Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах) Виды учебной деятельности	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника		
	Электроэнергетика		
	Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем		
	высшее образование - бакалавриат		
	5	семестр	9
	4		
	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		2
	Практические занятия		2
	Лабораторные занятия		-
	ВСЕГО		4
Самостоятельная работа, ч			140
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект)			Курсовой проект
ИТОГО, ч			144

Вид промежуточной аттестации	Диф. зачет	Обеспечивающее подразделение	ОЭЭ
И.о. заведующего кафедрой – руководителя отделения ЭЭ на правах кафедры Руководитель ООП  Преподаватель			Ивашутенко А.С.
			Шестакова В.В.
			Шестакова В.В.

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
ОПК(У)-3	Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин	И.ОПК(У)-3.4.	Анализирует режимы работы трансформаторов, электрических машин, электромагнитных, электромеханических аппаратов различных типов, использует знание их режимов работы и характеристик	ОПК(У)-3.4B5	Владеет опытом выбора коммутационных электрических аппаратов и токоведущих частей для конкретных условий эксплуатации
				ОПК(У)-3.4Y5	Умеет осуществлять выбор коммутационных электрических аппаратов и токоведущих частей для конкретных условий эксплуатации
				ОПК(У)-3.435	Знает конструкцию и принципы действия коммутационных электрических аппаратов и токоведущих частей
				ОПК(У)-3.4B2	Владеет опытом исследования и анализа режимов работы трансформаторов и электрических машин
				ОПК(У)-3.4Y2	Умеет рассчитывать по схемам замещения параметры электрических режимов работы трансформаторов и электрических машин, формулировать выводы по полученным результатам
				ОПК(У)-3.432	Знает схемы замещения трансформаторов, электрических машин и правила расчета их элементов
ПК(У) -1	Способен проводить сбор и анализ данных для проектирования объектов профессиональной деятельности	И.ПК(У)-1.1.	Способен осуществлять поиск, обработку и анализ информации для проектирования электроустановок и аппаратов различных типов	ПК(У)-1.1B1	Владеет навыками поиска информации с использованием компьютерной техники и информационных технологий
				ПК(У)-1.1Y1	Умеет формулировать условия поиска информации и ранжировать найденную информацию по степени значимости для решения задач проектирования
				ПК(У)-1.131	Знает основные проблемы в сфере проектирования систем релейной защиты и автоматики
				ПК(У)-1.1B2	Владеет навыками оформления текста и электрических схем в соответствии с требованиями
				ПК(У)-1.1Y2	Умеет применять современные средства вычислительной техники, коммуникации и связи
				ПК(У)-1.132	Знает принятые обозначения энергетического оборудования и устройств релейной защиты на электрических схемах
		И.ПК(У)-1.2.	Способен представлять информацию в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	ПК(У)-1.2B1	Владеет навыками работы с техническими справочниками, действующими стандартами организаций, положениями и инструкциями по оформлению технической документации
				ПК(У)-1.2Y1	Умеет пользоваться техническими справочниками, действующими стандартами организаций, положениями и инструкциями по оформлению технической документации
				ПК(У)-1.231	Знает действующие стандарты организаций, положения и инструкции по оформлению технической документации
				ПК(У)-1.2B2	Владеет способами и приемами редактирования текстов и изображения различных элементов с использованием средств компьютерной графики
				ПК(У)-1.2Y2	Умеет применять офисные технологии при оформлении отчетов и презентаций
				ПК(У)-1.232	Знает основные требования к оформлению презентаций и структуре докладов
ПК(У) -3.	Способен проводить проектирование в	И.ПК(У)-3.1.	Способен проводить проектирование электроустановок	ПК(У)-3.1B1	Владеет навыками использования профессионального программного комплекса для проектирования систем релейной защиты и автоматики

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
	соответствии с техническим заданием с использованием стандартных методов		и аппаратов различных типов в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных методов	ПК(У)-3.1У1	Умеет подготавливать исходные данные в соответствии с правилами профессионального программного комплекса для проектирования систем релейной защиты и автоматики
				ПК(У)-3.131	Знает назначение и требования к устройствам РЗА и сетевой автоматики
				ПК(У)-3.1В2	Владеет навыками чтения схем релейной защиты, выполненной на электромеханической базе и на микропроцессорной базе
				ПК(У)-3.1У2	Умеет рассчитывать параметры срабатывания релейной защиты различных типов и оценивать их на соответствие нормативным требованиям
				ПК(У)-3.132	Знает характеристики и основные отличия устройств релейной защиты и автоматики от разных производителей

## 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	Исследовать и анализировать режимы работы трансформаторов и электрических машин	И.ОПК(У)-3.4.
РД 2	Применять знания общих законов электротехники и конструкции основного оборудования ЭЭС для формирования баз данных в ПК	И.ПК(У)-3.1.
РД 3	Выполнять расчеты установившихся режимов ЭЭС с применением профессиональных ПК	И.ПК(У)-3.1.
РД 4	Оценивать рассчитанные параметры срабатывания устройств релейной защиты на соответствие нормативным требованиям с применением профессионального ПК	И.ПК(У)-3.1.
РД-5	Выбирать коммутационные электрические аппараты и токоведущие части для конкретных условий эксплуатации	И.ОПК(У)-3.4.
РД 6.	Пользоваться техническими справочниками, действующими стандартами организаций, положениями и инструкциями по оформлению технической документации	И.ПК(У)-1.1, И.ПК(У)-1.2
РД 7	Представлять информацию в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	И.ПК(У)-1.1, И.ПК(У)-1.2

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

## 4. Структура и содержание дисциплины

### Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел 1.	РД1, РД2,	Лекции	2

<b>Проектирование схемы электроснабжения</b>	РД3, РД6, РД7	Практические занятия	<b>2</b>
		Лабораторные занятия	–
		Самостоятельная работа	<b>35</b>
<b>Раздел 2. Выбор основного оборудования и коммутационных аппаратов для понижающей подстанции</b>	РД5, РД6, РД7	Лекции	–
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	–
<b>Раздел 3. Расчет установившегося режима распределительной сети</b>	РД5, РД6, РД7	Самостоятельная работа	<b>35</b>
		Лекции	–
		Практические занятия	-
<b>Раздел 4. Расчет параметров срабатывания устройств релейной защиты</b>	РД4, РД6, РД7	Лабораторные занятия	–
		Самостоятельная работа	<b>35</b>
		Лекции	–
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	–
		Самостоятельная работа	<b>39</b>

Содержание разделов дисциплины:

### **Раздел 1. Проектирование схемы электроснабжения**

**Темы:**

1. Расчет двух вариантов схем электроснабжения: радиальной и кольцевой.
2. Расчет и выбор марки проводов для воздушных ЛЭП.

### **Раздел 2. Выбор основного оборудования и коммутационных аппаратов для понижающей подстанции**

**Темы:**

1. Выбор понижающих трансформаторов на подстанциях.
2. Выбор и проверка измерительных трансформаторов тока и напряжения, устанавливаемых на подстанции.
3. Выбор коммутационных аппаратов.

### **Раздел 3. Расчет установившегося режима распределительной сети**

**Темы:**

1. Планирование и расчет типичных установившихся режимов распределительной сети.
2. Выбор мощности и места установки КУ в распределительной сети.

### **Раздел 4. Расчет параметров срабатывания устройств релейной защиты**

**Темы:**

1. Расчет токов КЗ на шинах электростанции и подстанций энергорайона.
2. Выбор и обоснование устанавливаемых защит в соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) и принятыми нормативными документами.
3. Расчет параметров срабатывания основных защит основного оборудования.

**Тематики курсового проекта**  
**Проектирование распределительной сети 220/110 кВ и релейной защиты**  
**основного оборудования подстанций**

Курсовой проект выполняется с использованием профессиональных ПК РАСТР, АРМ СРЗА.

Исходные данные для выполнения курсового проекта приведены в пяти таблицах (табл. 1–5). Заданы координаты точек, соответствующие положению источника питания и подстанций в пространстве, масштаб, активные мощности в режиме максимальных нагрузок, коэффициенты мощности, активные мощности в режиме минимальных нагрузок (в процентах от активных мощностей в режиме максимальных нагрузок), время использования максимальной нагрузки, напряжение на источнике. Коэффициент  $K_k$  показывает процентное содержание электроприёмников I и II категорий в составе комплексной нагрузки подстанции. Номинальное напряжение электроприёмников  $U = 10$  кВ.

Вариант исходных данных (табл. 1–5) для выполнения курсового проекта определяется по первым трём буквам фамилии и инициалам студента. Например, студент Иванов Сергей Петрович будет иметь шифр задания ИВАСП. Это означает, что из табл. 1 исходных данных к соответствующему индивидуальному заданию следует взять вариант – И, из табл. 2 – В, из табл. 3 – А, из табл. 4 – С, из табл. 5 – П. Если фамилия состоит из одной или двух букв, то в качестве второй и третьей буквы следует взять букву А. Если нет второго инициала, то в качестве пятой буквы следует взять букву А.

Таблица 1

Исходные данные для подстанции 1

Варианты	АБ	ВГД	ЕЁЖЗ	ИЙК	ЛМ	НОП	РСТ	УФХ	ЦЧШЩ	ЫЬЭЮЯ
$X$ , см	6	6,5	7,0	7,5	8,0	7,5	6,5	7,0	6,0	8,0
$Y$ , см	1,5	1,0	0,5	0,0	1,5	1,0	0,0	1,5	0,0	0,0
$P_{\max}$ , МВт	40	50	60	70	80	90	100	110	110	110
$T_{\max}$ , час	3800	4000	3800	4000	3800	4000	4200	4400	4600	4800
$\cos \varphi$	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,80
$K_k$ , %	100	100	80	80	100	100	80	80	100	100

Таблица 2

Исходные данные для подстанции 2

Варианты	АБ	ВГД	ЕЁЖЗ	ИЙК	ЛМ	НОП	РСТ	УФХ	ЦЧШЩ	ЫЬЭЮЯ
$X$ , см	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	2,5	3,0	4,0	4,5	3,5
$Y$ , см	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,5	3,0	4,0	4,5	4,5
$P_{\max}$ , МВт	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
$T_{\max}$ , час	2400	2600	2800	3000	3200	3200	3000	2800	2600	2400
$\cos \varphi$	0,75	0,75	0,79	0,77	0,75	0,77	0,79	0,77	0,75	0,77
$K_k$ , %	30	40	50	30	40	50	30	40	50	30

Таблица 3

## Исходные данные для подстанции 3

Варианты	АБ	ВГД	БЕЖЗ	ИЙК	ЛМ	НОП	РСТ	УФХ	ЦЧШЩ	ЫБЭЮЯ
$X$ , см	5,0	6,5	5,0	6,0	5,0	6,5	5,0	6,0	6,0	5,5
$Y$ , см	7,0	7,0	5,0	5,0	6,5	6,5	5,5	5,5	5,0	6,5
$P_{\max}$ , МВт	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20
$T_{\max}$ , час	6200	6300	8000	7900	7800	7700	7600	7400	7200	7000
$\cos \varphi$	0,84	0,82	0,80	0,82	0,84	0,86	0,84	0,82	0,80	0,82
$K_k$ , %	70	75	60	65	70	75	60	65	70	75

Таблица 4

## Исходные данные для подстанции 4

Варианты	АБ	ВГД	БЕЖЗ	ИЙК	ЛМ	НОП	РСТ	УФХ	ЦЧШЩ	ЫБЭЮЯ
$X$ , см	8,0	10,0	10,0	8,0	9,0	9,0	9,0	8,0	10,0	9,5
$Y$ , см	4,5	4,5	2,5	2,5	3,5	4,5	2,5	3,5	3,5	4,0
$P_{\max}$ , МВт	10,0	10,0	8,0	8,0	11,0	11,0	9,0	9,0	8,0	8,0
$T_{\max}$ , час	5300	5000	4700	5300	5000	4700	5300	5000	4700	5300
$\cos \varphi$	0,80	0,78	0,76	0,80	0,78	0,78	0,78	0,76	0,80	0,82
$K_k$ , %	20	30	40	0	0	0	0	20	30	40

Таблица 5

## Параметры системы и режима

Варианты	АБ	ВГД	БЕЖЗ	ИЙК	ЛМ	НОП	РСТ	УФХ	ЦЧШЩ	ЫБЭЮЯ
$X$ , см	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	7,0	11,0	12,0	11,0	3,0
$Y$ , см	0,0	3,0	7,0	9,0	10,0	10,0	8,0	4,0	0,0	0,0
$U_{PЭС\max}$ , кВ	246	242	238	242	246	240	244	249	242	238
$U_{PЭС\min}$ , кВ	227	235	229	237	231	233	225	225	229	229
$\cos \varphi_0$	0,90	0,91	0,91	0,90	0,92	0,93	0,90	0,92	0,9	0,92
$P_{\min}$ , % от $P_{\max}$	50	51	52	50	51	52	45	50	55	50
Масштаб, км/см	10	10	15	15	15	15	20	20	10	10

## **5. Организация самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Работа над курсовым проектом (междисциплинарным проектом);
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

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

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

#### **Основная литература:**

1. Короткевич, М. А. Эксплуатация электрических сетей : учебник / М. А. Короткевич. — 2-е изд., испр. и доп. — Минск : Вышэйшая школа, 2014. — 350 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/65617> (дата обращения: 19.06.2018). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Чернобровов, Николай Васильевич. Релейная защита энергетических систем : учебное пособие для техникумов / Н. В. Чернобровов, В. А. Семенов. — Екатеринбург: Юланд, 2016. — 800 с.: ил. - Текст : непосредственный 47 экз.
3. Старшинов В.А., Электрическая часть электростанций и подстанций : учебное пособие / В.А. Старшинов, М.В. Пираторов, М.А. Козина; под ред. В.А. Старшинова. - М. : Издательский дом МЭИ, 2015. - 296 с. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. — URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383008744.html>.
4. Ополева, Галина Николаевна. Схемы и подстанции электроснабжения : справочник : учебное пособие для вузов / Г. Н. Ополева. — М.: Форум: Инфра-М, 2010, - 480 с.

#### **Дополнительная литература:**

1. Неклепаев, Борис Николаевич. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: учебное пособие/ Б. Н. Неклепаев, И. П. Крючков : учебное пособие / Б. Н. Неклепаев, И. П. Крючков. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2014. — 607 с.
2. Карапетян, И. Г. Справочник по проектированию электрических сетей : справочник / И. Г. Карапетян, Д. Л. Файбисович, И. М. Шапиро ; под редакцией Д. Л. Файбисовича. — 4-е, изд. — Москва : ЭНАС, 2017. — 376 с. — ISBN 978-5-4248-0049-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/104578> (дата обращения: 28.05.2018). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **6.2. Информационное и программное обеспечение**

Лицензионное 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 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. 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 (компьютерный класс)  634034 г. Томская область, Томск, Усова улица, д.7 126	Компьютер - 20 шт. Комплект учебной мебели на 20 посадочных мест.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации  634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7 326	Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт. Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 44 посадочных мест.


Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / ООП Электроэнергетика / специализация «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» (приема 2018 г., заочная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	ФИО
Доцент ОЭЭ	В.В. Шестакова

Программа одобрена на заседании отделения Электроэнергетики и электротехники ИШЭ (протокол от 22.06.2018 г. № 7).

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

 /А.С. Ивашутенко



**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании ОЭЭ (протокол)
2018/2019 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение. 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем. 3. Обновлено содержание разделов дисциплины. 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС. 5. Изменена система оценивания.	От 22.06.2018 г. №7     От 27.08.18 №4/1
2019/2020 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение. 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем. 3. Обновлено содержание разделов дисциплины. 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС.	От 27.06.2019 г. №6
2020/2021 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение. 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем. 3. Обновлено содержание разделов дисциплины. 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС.	От 25.06.2020 г. №6