

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.
«25» июня 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Электроэнергетические системы и сети				
Направление подготовки Образовательная программа	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника			
	Электроэнергетика			
Специализация	Электрические станции			
Уровень образования	высшее образование – бакалавриат			
Курс	3	семестр	6	
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6			
Виды учебной деятельности	Временной ресурс			
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		32	
	Практические занятия		32	
	Лабораторные занятия		32	
	ВСЕГО		96	
Самостоятельная работа, ч			128	
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект)			курсовой проект	
ИТОГО, ч			216	
Вид промежуточной аттестации	Диф. зач., экзамен	Обеспечивающее подразделение		ОЭЭ

И.о. заведующего кафедрой –
руководителя отделения на
правах кафедры
Руководитель ООП

Преподаватель

	Ивашутенко А.С.
	Шестакова В.В.
	Фикс Н.П.

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)-3.5.	Применяет математический аппарат и компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа режимов электроэнергетических систем.	ОПК(У)-3.5В1	Владеет опытом формирования исходных данных для расчета режимов электрических сетей в соответствии с правилами профессиональных программных комплексов
				ОПК(У)-3.5У1	Умеет определять состав оборудования электроэнергетических установок различного назначения и его параметры
				ОПК(У)-3.5З1	Знает методы анализа режимов электрических сетей, расчета потерь электроэнергии, мероприятия по снижению потерь
				ОПК(У)-3.5В2	Владеет опытом анализа и регулирования режимов электрических сетей с применением профессиональных программных комплексов
				ОПК(У)-3.5У2	Умеет применять профессиональные программные комплексы для расчета и анализа режимов электроэнергетических систем
				ОПК(У)-3.5З2	Знает возможности профессиональных программных комплексов, правила подготовки исходных данных

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к базовой 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 инженерные знания, современные методы и инструменты	И.ОПК(У)-3.5.

	инженерной деятельности для решения задач расчёта и анализа режимов <i>электроэнергетических систем и сетей</i> .	
РД 2	Рассчитывать и проектировать <i>электрические сети</i> .	И.ОПК(У)-3.5.
РД 3	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при планировании и проведении вычислительного эксперимента для определения параметров и характеристик <i>электроэнергетических систем и сетей</i> .	И.ОПК(У)-3.5.
РД 4	Выполнять обработку и анализ данных, полученных при исследованиях режимов <i>электроэнергетических систем и сетей</i> .	И.ОПК(У)-3.5.

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. Основные положения курса	РД1	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	5
Раздел 2. Конструктивная часть воздушных и кабельных линий электропередачи	РД1	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	5
Раздел 3. Схемы замещения, характеристики и параметры элементов электрических сетей энергосистем	РД1, РД2, РД3	Лекции	5
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	10
Раздел 4. Расчёты установившихся режимов электрических сетей	РД1, РД2, РД3, РД4	Лекции	9
		Практические занятия	14
		Лабораторные занятия	18
		Самостоятельная работа	15
Раздел 5. Балансы мощностей	РД1, РД2, РД3, РД4	Лекции	6
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	5

Раздел 6. Регулирование напряжения	РД1, РД2, РД3, РД4	Лекции	4
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	10
Раздел 7. Потери электрической энергии	РД1, РД2, РД3, РД4	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	10
Раздел 8. Проектирование электрических сетей	РД1, РД2, РД3, РД4	Лекции	2
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	70

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Основные положения курса

Электроэнергетическая система (ЭЭС) как подсистема топливно-энергетического комплекса. Основные термины и определения. Классификация потребителей по степени надёжности электроснабжения. Классификация электрических сетей. Понятие номинального напряжения. Классы номинальных напряжений. Обзор нормативно-технической документации.

Темы лекций:

1. Основные положения курса.

Темы практических занятий:

1. Выбор конфигурации электрической сети.

Раздел 2. Конструктивная часть воздушных и кабельных линий электропередачи

Воздушная линия электропередачи. Определение воздушной линии электропередачи. Основные элементы и конструктивные характеристики воздушных линий электропередачи. Требования, предъявляемые к конструкции. Провода, изоляция, арматура и опоры воздушных линий. Маркировка проводов воздушных линий электропередачи. Кабельная линия электропередачи. Определение кабельной линии электропередачи. Классификация кабельных линий электропередачи. Маркировка кабелей.

Темы лекций:

1. Конструктивная часть воздушных и кабельных линий электропередачи.

Темы практических занятий:

1. Выбор сечений проводов воздушных линий электропередачи. Выполнение необходимых проверок выбранного сечения.

Раздел 3. Схемы замещения, характеристики и параметры элементов электрических сетей энергосистем

Схемы замещения и параметры линий электропередачи. Схемы замещения и параметры одноцепной транспонированной воздушной линии с нерасщеплённой фазой. Схемы замещения и параметры одноцепной транспонированной воздушной линии с расщеплённой фазой. Схема замещения кабельной линии. Потери мощности в воздушной линии электропередачи. Потери мощности в кабельной линии электропередачи. Схема замещения двухобмоточного трансформатора. Схемы замещения трёхобмоточного

трансформатора и автотрансформатора. Потери мощности в двухобмоточных трансформаторах. Потери мощности в трёхобмоточных трансформаторах и автотрансформаторах. Маркировка трансформаторов и автотрансформаторов. Модели нагрузок в расчётах установившихся режимов. Способы задания нагрузок при расчётах режимов электрических сетей. Графики электрических нагрузок. Виды графиков нагрузок. Характеристики графиков нагрузок.

Темы лекций:

1. Модели линий электропередачи.
2. Модели трансформаторов и автотрансформаторов.
3. Модели нагрузок в расчётах установившихся режимов.

Темы практических занятий:

1. Определение параметров схемы замещения воздушной и кабельной линий электропередачи. Определение параметров воздушной линии с расщеплённой фазой.
2. Определение параметров схемы замещения трансформаторов и автотрансформаторов.
3. Определение потерь мощности в элементах электрической сети.

Названия лабораторных работ:

1. Формирование исходных данных и создание расчётных моделей радиальной и кольцевой электрических сетей.

Раздел 4. Расчёты установившихся режимов электрических сетей

Общие положения. Режим электрической сети. Нормальный режим. Установившиеся режимы. Цели расчёта установившегося режима. Расчёт режимов линий электропередачи. Расчёт режима линии электропередачи по известным току и напряжению нагрузки. Векторные диаграммы токов и напряжений. Расчёт режима линии электропередачи по заданным параметрам нагрузки и источника. Понятия падения и потери напряжения. Определение расчётной нагрузки узла электрической сети. Определение действительного напряжения на стороне низшего напряжения подстанции. Расчёт режимов замкнутых электрических сетей. Расчёт режима простой замкнутой (кольцевой) сети. Расчёт режимов сложных электрических сетей. Основные методы расчёта режимов сложных электроэнергетических систем и сетей. Программные комплексы для расчёта режимов электрических сетей. Ввод исходных данных и расчёт режима.

Темы лекций:

1. Расчёт режимов линий электропередачи. Расчёт режима линии электропередачи по известным току и напряжению нагрузки.
2. Расчёт режима линии по заданной мощности нагрузки и напряжению источника. Расчёт режимов радиальных электрических сетей.
3. Расчёт электрической сети с разными номинальными напряжениями.
4. Расчёт режимов замкнутых электрических сетей.
5. Расчёт режимов сложных электрических сетей.

Темы практических занятий:

1. Определение потерь и падения напряжения в элементах электрической сети. Расчёт режима радиальной электрической сети методом последовательных приближений.
2. Расчёт режима радиальной электрической сети по заданным параметрам в узле нагрузки. Расчёт режима радиальной электрической сети по заданным параметрам в узле питания.
3. Расчёт режима электрической сети с разными классами номинальных напряжений.

4. Расчёт потоков и потерь мощности в замкнутых электрических сетях. Расчёт электрической сети с двусторонним питанием.

Названия лабораторных работ:

1. Создание цифровых моделей радиальной и кольцевой электрических сетей в программном комплексе «RastrWin3». Расчёт режимов максимальных нагрузок и серии ремонтных режимов, выбор мероприятий по регулированию напряжения.
2. Расчёт режима минимальных нагрузок в радиальной и замкнутой электрических сетях 110-220 кВ, выбор мероприятий по регулированию напряжения и снижению потерь мощности.

Раздел 5. Балансы мощностей

Темы лекций:

Баланс активной мощности и его связь с частотой. Первичное, вторичное и третичное регулирование частоты в энергосистеме. Баланс реактивной мощности и его связь с напряжением. Источники и потребители реактивной мощности. Выработка реактивной мощности на электростанциях. Выработка и потребление реактивной мощности компенсирующими устройствами.

Темы лекций:

1. Баланс активной мощности и его связь с частотой. Регулирование частоты в энергосистеме.
2. Баланс реактивной мощности и его связь с напряжением.
3. Выработка реактивной мощности на электростанциях. Выработка и потребление реактивной мощности компенсирующими устройствами.

Темы практических занятий:

1. Составление баланса мощностей. Выбор мощности компенсирующих устройств.

Раздел 6. Регулирование напряжения

Общая характеристика режима по напряжению и способов его регулирования. Регулирование напряжения с помощью узловых и линейных регулирующих устройств. Принципы регулирования напряжения в распределительных сетях.

Темы лекций:

1. Регулирование напряжения с помощью узловых и линейных регулирующих устройств.
2. Принципы регулирования напряжения в распределительных сетях.

Темы практических занятий:

1. Решение задач по регулированию напряжения.

Названия лабораторных работ:

1. Применение компенсирующих устройств как средств регулирования коэффициента мощности и напряжения.

Раздел 7. Потери электрической энергии

Классификация потерь электроэнергии. Методы расчёта потерь электроэнергии. Мероприятия по снижению потерь электроэнергии.

Темы лекций:

1. Классификация и методы расчёта потерь электроэнергии. Мероприятия по снижению

потерь электроэнергии.

Темы практических занятий:

1. Расчёт потерь электрической энергии.

Раздел 8. Проектирование электрических сетей

Темы лекций:

Задачи проектирования. Основные технико-экономические показатели. Критерий выбора оптимального варианта электрической сети.

Темы лекций:

1. Проектирование электрических сетей.

Тематика курсового проекта

Проектирование электрической сети 220/110 кВ (исходные данные – по варианту)

В курсовом проекте «Проектирование электрической сети 220/110 кВ» решается задача проектирования вновь сооружаемой электрической сети 220/110 кВ, питаемой от одного источника электрической энергии. В соответствии с заданием решается комплекс вопросов технического, технологического и экономического характера.

Выполнение этого проекта необходимо для закрепления теоретических знаний и приобретения практических навыков проектирования и расчёта режимов электрических сетей. Выполняемые расчёты являются индивидуальными для каждого студента.

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.

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.

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	БЕЖЗ	ИЙК	ЛМ	НОП	РСТ	УФХ	ЦЧШЩ	ЫБЭЮЯ
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
$U_{\text{РЭС max}}$, кВ	246	242	238	242	246	240	244	249	242	238
$U_{\text{РЭС min}}$, 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:

- работа с лекционным материалом, материалом практических занятий, лабораторных работ, поиск и анализ источников информации по теме курсового проекта;
- работа в онлайн-курсе (изучение теоретического материала, выполнение заданий и контролирующих мероприятий);
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную работу;
- подготовка к лабораторным работам и практическим занятиям;
- выполнение отчётов по лабораторным работам, решение практических задач;
- выполнение курсового проекта;
- подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

1. Лыкин, Анатолий Владимирович. Электроэнергетические системы и сети: учебник для вузов / А. В. Лыкин; Новосибирский государственный технический университет (НГТУ). — Москва: Юрайт, 2019. — 362 с.: ил. — Университеты России. — Библиогр.: с. 329-332. — Текст : непосредственный .
2. Электроэнергетические системы и сети : учебное пособие / О.М. Ларин, В.И. Бирюлин, А.Н. Горлов [и др.]. — 3-е изд. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 130 с. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znanium.com/catalog/product/1058860> (дата обращения: 19.06.2019)

Дополнительная литература:

1. 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: 28.05.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
 2. Балаков Ю.Н., Проектирование схем электроустановок : учебное пособие для вузов / Ю.Н. Балаков, М.Ш. Мисриханов, А.В. Шунтов - М. : Издательский дом МЭИ, 2016. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010136.html> (дата обращения: 19.06.2019). - Режим доступа : по подписке.
 3. 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: 19.06.2019).
- Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Ананичева, Светлана Семеновна. Электроэнергетические системы и сети. Примеры и задачи: учебное пособие для вузов / С. С. Ананичева, С. Н. Шелюг; Уральский федеральный университет (УрФУ). — 2-е изд. — Москва; Екатеринбург: Юрайт Изд-во Уральского ун-та, 2018. — 178 с.: ил. — Университеты России. — Библиогр.: с. 176-177.. — ISBN 978-5-534-07672-1. — ISBN 978-5-7996-1784-4. 1 экз

6.2. Информационное обеспечение

1. Информационно-справочных система «Кодекс» - <http://kodeks.lib.tpu.ru/>
2. Научно-электронная библиотека eLIBRARY.RU - <https://elibrary.ru/defaultx.asp>
3. Электронно-библиотечная система «Консультант студента»
<http://www.studentlibrary.ru/>
4. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
5. Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>
6. Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» - <https://new.znanium.com/>
7. Электроэнергетические системы и сети: электронный курс / Н. П. Фикс, Н. Л. Бацева; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Энергетический институт (ЭНИИ), Кафедра электрических сетей и электротехники (ЭСиЭ). — Электрон. дан. — Томск: TPU Moodle, 2014. — Заглавие с экрана. — Доступ по логину и паролю. Режим доступа: <http://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=346>.

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

1. Rastr Win 3 – 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 (учебная лаборатория) 634050 г. Томская область, Томск, улица Усова, д.7, учебный корпус №8, аудитория 250	Телевизор – 1 шт, компьютеры – 13 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / ООП Электроэнергетика (приёма 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
Доцент ОЭЭ		Фикс Н.П.

Программа одобрена на заседании отделения Электроэнергетики и электротехники ИШЭ (протокол от 25.06.2020 г. № 5)



/А.С. Ивашутенко

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании ОЭЭ протокол
2021___/22_ __ учебный год	1. Дополнено содержание разделов дисциплины 2. Обновлено программное обеспечение 3. Актуализированы исходные данные для практической части дисциплины	От 11.05.2021 г. № ___6_____
2022/2023	1. Дополнено содержание разделов дисциплины 2. Обновлено программное обеспечение 3. Актуализированы исходные данные для практической части дисциплины	От 11.05.2022 г. № ___6_____