

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.
«01» сентября 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ заочная

Электроэнергетические системы и сети				
Направление подготовки Образовательная программа	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника			
	Электроэнергетика			
Специализация Уровень образования	Электроснабжение			
	высшее образование – бакалавриат			
Курс Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3	семестр	6	
	6			
Виды учебной деятельности	Временной ресурс			
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		10	
	Практические занятия		8	
	Лабораторные занятия		8	
	ВСЕГО		26	
Самостоятельная работа, ч			190	
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		Ивашутенко А.С.
Руководитель ООП		Шестакова В.В.
Преподаватель		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 инженерной деятельности для решения задач расчёта и анализа режимов <i>электроэнергетических систем и сетей</i> .	И.ОПК(У)-3.5.
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	1
		Практические занятия	
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	15
Раздел 2. Конструктивная часть воздушных и кабельных линий электропередачи	РД1	Лекции	1
		Практические занятия	1
		Лабораторные занятия	
		Самостоятельная работа	15
Раздел 3. Схемы замещения, характеристики и параметры элементов электрических сетей энергосистем	РД1, РД2, РД3	Лекции	2
		Практические занятия	1
		Лабораторные занятия	
		Самостоятельная работа	20
Раздел 4. Расчёты установившихся режимов электрических сетей	РД1, РД2, РД3, РД4	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	25
Раздел 5. Балансы мощностей	РД1, РД2, РД3, РД4	Лекции	1
		Практические занятия	1
		Лабораторные занятия	
		Самостоятельная работа	15
Раздел 6. Регулирование напряжения	РД1, РД2, РД3, РД4	Лекции	1
		Практические занятия	1
		Лабораторные занятия	
		Самостоятельная работа	20
Раздел 7. Потери электрической энергии	РД1, РД2, РД3, РД4	Лекции	1
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	
		Самостоятельная работа	20
Раздел 8. Проектирование электрических сетей	РД1, РД2, РД3, РД4	Лекции	1
		Практические занятия	
		Лабораторные занятия	
		Самостоятельная работа	60

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.

Названия лабораторных работ:

1. Формирование исходных данных к курсовому проекту «Проектирование электрической сети 220/110 кВ»

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

Темы практических занятий:

1. Схемы замещения, характеристики и параметры элементов электрических сетей энергосистем.

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. Расчёты установившихся режимов электрических сетей.

Темы практических занятий:

1. Расчёты установившихся режимов электрических сетей.

Названия лабораторных работ:

1. Расчёт режима максимальных нагрузок радиальной электрической сети.
2. Расчёт режима максимальных нагрузок замкнутой электрической сети.
3. Расчёт режимов замкнутой электрической сети с помощью программного комплекса.

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. Балансы мощностей.

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.

Темы практических занятий:

1. Решение задач по регулированию 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	БЕЖЗ	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	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	ЫЬЭЮЯ
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	ЫЬЭЮЯ
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	БЕЖ	ИЙК	ЛМ	НОП	РСТ	УФХ	ЦЧШЩ	ЫЬЭЮЯ
$X, \text{ см}$	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	7,0	11,0	12,0	11,0	3,0
$Y, \text{ см}$	0,0	3,0	7,0	9,0	10,0	10,0	8,0	4,0	0,0	0,0
$U_{\text{РЭС max}}, \text{ кВ}$	246	242	238	242	246	240	244	249	242	238
$U_{\text{РЭС min}}, \text{ кВ}$	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
$P_{\text{min}}, \% \text{ от } P_{\text{max}}$	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 контролируемых 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. 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.

Дополнительная литература:

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: 19.06.2018). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. 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: 19.06.2018). - Режим доступа : по подписке.

6.2. Информационное обеспечение

Электронный курс «Электроэнергетические системы и сети» Режим доступа: <https://eor.lms.tpu.ru/course/view.php?id=2152>.

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. RastrWin3 Student.

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, 7 346	Компьютер - 1 шт.; Телевизор - 1 шт. Доска аудиторная настенная - 1 шт.;Комплект учебной мебели на 46 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, 7 201	Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт. Доска аудиторная настенная - 1 шт.;Комплект учебной мебели на 98 посадочных мест;
3.	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.

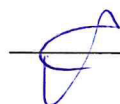
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы «Электроэнергетика» по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» / специализация «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» (прием 2020 г., заочная форма обучения).

Разработчик:

Должность	Степень, звание	ФИО
Доцент ОЭЭ	к.пед.н.	Фикс Н.П.

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

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

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании ОЭЭ
2021/2022 учебный год	1. Обновлено цели и результаты освоения дисциплины 2. Обновлено ПО в рабочей программе дисциплины 3. Обновлен перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем. 4. Обновлен список литературы	От 11.05.2021 г. № 6/1
2022/2023 учебный год	1. Обновлен перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем.	От 29.06.2022 г. № 6