

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

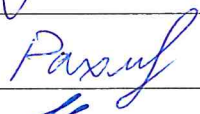
УТВЕРЖДАЮ
Директор ИИПЭ

Матвеев А.С.
«30» 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2019 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Электроэнергетические системы и сети			
Направление подготовки	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника		
Образовательная программа	“Electric Power Generation and Transportation” (Производство и транспортировка электрической энергии)		
Специализация	“Electric Power Generation and Transportation” (Производство и транспортировка электрической энергии)		
Уровень образования	высшее образование – магистратура		
Курс	1	семестр	1
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	8	
	Практические занятия	32	
	Лабораторные занятия	24	
	ВСЕГО	64	
Самостоятельная работа, ч			152
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект)			курсовой проект
ИТОГО, ч			216

Вид промежуточной аттестации	Экзамен, диф. зачёт	Обеспечивающее подразделение	ОЭЭ
------------------------------	------------------------	------------------------------	-----

И.о. заведующего кафедрой - руководителя ОЭЭ на правах кафедры		Ивашутенко А.С.
Руководитель ООП		Рахматуллин И.А.
Преподаватель		Фикс Н.П.

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5.4 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)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки	И.ОПК(У)-1.3	Формулирует критерии оценки принятых решений	ОПК(У)-1.3В1	Владеет опытом формализации решения исследовательских задач
				ОПК(У)-1.3У1	Умеет выбрать или создать критерии оценки принимаемых решений
				ОПК(У)-1.3З1	Знает методы и принципы выбора и создания критериев оценки принимаемых решений
ПК(У)-2	Способен проводить экспертизы предлагаемых проектно-конструкторских решений и новых технологических решений	И.ПК(У)-2.1	проектирует электрические сети энергосистем.	ПК(У)-2.1В1	работы с документацией, стандартами, патентами и другими источниками отечественной и зарубежной научно-технической информации
				ПК(У)-2.1У1	стадий ведения проектных работ изделий, устройств, объектов, систем и состава проектной документации, использовать нормативные документы, регламентирующие проектные разработки изделий, устройств, объектов, систем электротехнического и электроэнергетического назначения
				ПК(У)-2.1З1	стадий ведения проектных работ изделий, устройств, объектов, систем и состава проектной документации
ПК(У)-3	Способен управлять передачей и распределением электрической энергии по электроэнергетическим системам и сетям	И.ПК(У)-3.1	анализирует и рассчитывает параметры и режимы электроэнергетических систем и сетей	ПК(У)-3.1В1	математического и физического моделирования режимов, процессов, состояний объектов электроэнергетики и электротехники
				ПК(У)-3.1У1	применять методы математического анализа при проведении научных исследований и решении прикладных задач в профессиональной сфере
				ПК(У)-3.1З1	основных понятий и содержание классических разделов высшей математики
ПК(У)-7	Способен осваивать новое электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт.	И.ПК(У)-7.1	Выбирает новое электрооборудование для управления производством и транспортировкой электрической энергии	ПК(У)-7.1В1	проектирования объектов электроэнергетики (электрических станций и подстанций; схем электроснабжения городов и предприятий, электроэнергетических сетей и систем, релейной защиты и автоматики, электрооборудования высокого напряжения)
				ПК(У)-7.1У1	учитывать экологические факторы воздействия объектов электроэнергетики на окружающую среду и обслуживающий персонал в проектных разработках
				ПК(У)-7.1З1	технических условий проектных разработок объектов электроэнергетики (электрических станций и подстанций; схем электроснабжения городов и предприятий, электроэнергетических сетей и систем, релейной защиты и автоматики, электрооборудования высокого напряжения)

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)-1.3
РД 2	Рассчитывать и проектировать <i>электрические сети</i> .	И.ПК(У)-2.1
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.ПК(У)-3.1
РД 4	Выполнять обработку и анализ данных, полученных при исследованиях режимов <i>электроэнергетических систем и сетей</i> .	И.ПК(У)-7.1

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. Основные положения курса	РД1	Лекции	1
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	20
Раздел 2. Модели элементов электроэнергетических систем	РД1, РД2, РД3	Лекции	3
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	20
Раздел 3. Расчёты установившихся режимов электрических сетей	РД1, РД2, РД3, РД4	Лекции	2
		Практические занятия	14
		Лабораторные занятия	10
		Самостоятельная работа	20
Раздел 4. Балансы мощностей и регулирование напряжения	РД1, РД2, РД3, РД4	Лекции	1
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	20
Раздел 5. Потери мощности и электрической энергии	РД1, РД2, РД3, РД4	Лекции	1
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	20

Раздел 6. Анализ и проектирование электрических сетей	РД1, РД2, РД3, РД4	Лекции	-
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	52

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. Модели элементов электроэнергетических систем

Воздушная линия 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. Классификация кабельных линий электропередачи. Маркировка кабелей. Схемы замещения и параметры линий электропередачи. Потери мощности в 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 элементов электроэнергетических систем.

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 3. Расчёты установившихся режимов электрических сетей

Общие положения. Режим электрической сети. Нормальный режим. Установившиеся режимы. Цели расчёта установившегося режима. Расчёт режимов линий электропередачи. Векторные диаграммы токов и напряжений. Понятия падения и потери напряжения.

Режим холостого хода и режим натуральной мощности воздушной линии электропередачи. Расчёт режимов радиальных электрических сетей. Расчёт режимов замкнутых электрических сетей. Расчёт режима простой замкнутой сети. Расчёт режима сети с двусторонним питанием. Расчёт режимов сложных электрических сетей. Основные методы расчёта режимов электроэнергетических систем и сетей. Программные комплексы для расчёта режимов электрических сетей.

Темы лекций:

1. Расчёты установившихся режимов 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. Расчёт режимов максимальных нагрузок и серии ремонтных режимов.

Раздел 4. Балансы мощностей и регулирование напряжения

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. 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. Балансы мощностей и регулирование напряжения.

Темы практических занятий:

1. Составление баланса мощностей. Выбор мощности компенсирующих устройств.
2. Решение задач по регулированию напряжения.

Названия лабораторных работ:

1. Применение компенсирующих устройств и регулирование напряжения.

Раздел 5. Потери мощности и электрической энергии
--

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

Темы лекций:

1. Потери мощности и электрической энергии.

Темы практических занятий:

1. Расчёт потерь мощности и электрической энергии.

Раздел 6. Анализ и проектирование электрических сетей

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

Темы лекций:

1. Анализ и проектирование электрических сетей.

Темы практических занятий:

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

Тематика курсового проекта

В соответствии с учебным графиком предусмотрено выполнение курсового проекта. 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	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
$U_{PЭС \max}$, 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:

- 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.
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).
3. Alexandra von Meier, Electric Power Systems. A conceptual Introduction. – A John Wiley and Sons, Inc., Publication, 2006. – 328 p. Access by Tomsk Polytechnic University: https://www.lib.tpu.ru/fulltext_db/wiley-online-library.html.
4. Electric Power Systems. Edited by Michel Crapepe. – A John Wiley and Sons, Inc., Publication, 2008. – 376 p. Access by Tomsk Polytechnic University: https://www.lib.tpu.ru/fulltext_db/wiley-online-library.html.

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. Glover, J.D., M.S. Sarma, and T.J. Overbye, Power System Analysis and Design. 2012, USA: Cengage Learning.
3. Electric Power Generation, Transmission and Distribution. Second Edition. Electric Power Engineering Handbook. Edited by Leonard L. Grigsby. – CRC Press Taylor and Francis Group, 2007. – 500 p.
4. T.A. Short, Electric Power Distribution Equipment and Systems. – CRC Press Taylor and Francis Group, 2007. – 312 p.
5. Electric Power Substation Engineering. Edited by John D. McDonald. – CRC Press LLC, 2003. – 287 p.

6.2. Информационное обеспечение

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

1. Электронный курс «Electric Power Systems and Networks». Режим доступа: <https://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=3145>.

Информационно-справочные системы:

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

Профессиональные Базы данных:

1. Научно-электронная библиотека eLIBRARY.RU - <https://elibrary.ru/defaultx.asp>

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

1. Rastr Win 3 – Академическая лицензия.
2. NEPLAN – Академическая лицензия.
3. PowerWorld Simulator – Академическая лицензия.
4. Document Foundation LibreOffice.

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 (компьютерный класс) 634037 г. Томская область, Томск, улица Усова, д.7, 127.	Комплект учебной мебели на 33 посадочных мест; Шкаф для одежды - 1 шт.; Тумба подкатная - 2 шт.; Компьютер - 50 шт.


Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника “Electric Power Generation and Transportation” (Производство и транспортировка электрической энергии) приема 2019 г., очная форма обучения.

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
Доцент ОЭЭ		Фикс Н.П.

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

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

 /Ивашутенко А.С./

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании ОЭЭ протокол
2019/2020 учебный год	<ol style="list-style-type: none">1. Изменено содержание разделов рабочей программы дисциплины «Электроэнергетические системы и сети»;2. Обновлено программное обеспечение.	От 27.06.2019 г. № 6