

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

УТВЕРЖДАЮ
 Директор ИИЦЭ


 Матвеев А.С.
 «26» июль 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Характеристики электрооборудования электростанций и подстанций			
Направление подготовки/ специальность	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Управление режимами электроэнергетических систем		
Специализация	Управление режимами электроэнергетических систем		
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	1	семестр	2
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 ОЭЭ на правах кафедры Руководитель ООП Преподаватели		Ивашутенко А.С.
		Прохоров А.В.
		Кац И.М.
		Вайнштейн Р.А.
		Прохоров А.В.

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
ПК(У)-2	Способен анализировать и прогнозировать условия работы отдельных компонентов электроэнергетической системы, их взаимное влияние и совокупное воздействие, оказываемое на состояние и показатели работы системы в целом	И.ПК(У)-2.1	Анализирует зависимости между параметрами и характеристиками компонентов энергосистемы, параметрами режима, показателями работы и характером протекания переходных процессов в электроэнергетической системе	ПК(У)- 2.131	Знает: конструктивные особенности и технические характеристики линий электропередачи, генерирующего и электросетевого оборудования
				ПК(У)- 2.1У1	Умеет: анализировать влияние конструктивных параметров и технических характеристик линий электропередачи, генерирующего и электросетевого оборудования на параметры режима, показатели работы и характер протекания переходных процессов в электроэнергетической системе
				ПК(У)- 2.1В1	Владеет: методами оценки потерь мощности, определения предельных уровней напряжения, значений перетоков мощности, углов электропередачи, отклонений частоты, уровней токов нагрузочных режимов и коротких замыканий, в том числе определения их допустимой длительности
				ПК(У)- 2.133	Знает: виды схем энергосистем и электрических соединений объектов энергетики, типовые принципиальные электрические схемы распределительных устройств
				ПК(У)- 2.1У4	Умеет: читать схемы энергосистем, схемы электрических соединений объектов электроэнергетики

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	Оценивать влияние внешних факторов, параметров режима и конструкции на допустимую загрузку генерирующего и электросетевого оборудования	И.ПК(У)-2.1
РД 2	Определять допустимость режима работы электрооборудования в соответствии с его конструкцией и паспортными данными	И.ПК(У)-2.1
РД 3	Принимать решение об изменении режима работы оборудования с учетом его конструкции	И.ПК(У)-2.1

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.
<i>Раздел (модуль) 1. Генерирующее оборудование электростанций</i>	РД 1, РД 2, РД 3	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	10
<i>Раздел (модуль) 2. Силовые трансформаторы и автотрансформаторы</i>	РД 1, РД 2, РД 3	Лекции	4
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	10
<i>Раздел (модуль) 3. Электрические аппараты</i>	РД 1, РД 2, РД 3	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	10
<i>Раздел (модуль) 4. Схемы распределительных устройств электростанций и подстанций</i>	РД 1, РД 2, РД 3	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	10
<i>Раздел (модуль) 5. Электрические схемы электростанций и подстанций</i>	РД 1, РД 2, РД 3	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	10
<i>Раздел (модуль) 6. Режимы заземления нейтрали в электрических системах</i>	РД 1, РД 2, РД 3	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	10

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Генерирующее оборудование электростанций

Генераторы тепловых и атомных электростанций (турбогенераторы). Базовые сведения о конструкции турбогенераторов. Генераторы гидроэлектростанций (гидрогенераторы). Базовые сведения о конструкции гидрогенераторов. Основные конструктивные и режимные параметры, определяющие полную номинальную мощность генератора: линейная плотность тока статора, магнитная индукция в воздушном зазоре, длина активной части генератора, частота вращения. Системы охлаждения генераторов. Повышение эффективности системы охлаждения – современный путь повышения номинальной мощности генераторов. Косвенные системы охлаждения. Газовые: воздушные и водородные. Непосредственные системы охлаждения. Охлаждающие среды, используемые в системах непосредственного охлаждения (водород, вода, масло). Особенности конструкции генераторов с непосредственным охлаждением. Допустимая температура активных частей генератора при различных видах изоляции обмотки статора и ротора. Система температурного контроля генераторов. Основные виды систем возбуждения генераторов. Автоматическое гашение поля генераторов. Синхронные компенсаторы. Особенности конструкции синхронных компенсаторов. Режимы работы синхронного компенсатора. Максимальная реактивная мощность в режиме выдачи и в режиме потребления. Допустимая нагрузка турбогенераторов. Влияние на допустимую нагрузку

генераторов температуры и расхода охлаждающих сред. Влияние на допустимую нагрузку генераторов отклонения напряжения и частоты. Влияние на допустимую нагрузку генераторов отклонения коэффициента мощности от номинального (диаграмма мощности). Ненормальные режимы работы генераторов. Кратковременные перегрузки по токам статора и ротора. Несимметричные режимы работы генераторов. Несимметричные токи нагрузки Асинхронный режим при потере возбуждения.

Темы лекций:

1. Генераторы тепловых и атомных электростанций (турбогенераторы).
2. Генераторы гидроэлектростанций (гидрогенераторы).
3. Основные конструктивные и режимные параметры, определяющие полную номинальную мощность генератора.
4. Допустимая нагрузка турбогенераторов.
5. Ненормальные режимы работы генераторов.

Темы практических занятий:

1. Построение диаграммы мощности неявнополюсного синхронного генератора
2. Построение диаграммы мощности явнополюсного синхронного генератора

Названия лабораторных работ:

1. Исследование асинхронного режима работы синхронного генератора
2. Учет пределов генерирующего оборудования по реактивной мощности при расчетах установившихся режимов энергосистемы.

Раздел 2. Силовые трансформаторы и автотрансформаторы
--

Базовые сведения о конструкции силовых трансформаторов и автотрансформаторов. Система охлаждения силовых трансформаторов. Трансформаторы двухобмоточные и трехобмоточные. Физическое толкование понятий напряжения короткого замыкания, потерь короткого замыкания, тока холостого хода и потерь холостого тока. Автотрансформаторы. Область применения автотрансформаторов. Типовые номинальные мощности обмоток автотрансформаторов. Понятия типовой и номинальной мощности автотрансформаторов. Режимы работы автотрансформаторов по загрузке обмоток полной мощностью. Группы соединения обмоток трансформаторов. Индуктивное сопротивление трансформатора и автотрансформатора к токам прямой и нулевой последовательности в зависимости от схемы соединения обмоток и состояния нейтрали (заземлена, изолирована). Перегрузочная способность трансформаторов и автотрансформаторов. Планирование возможной текущей загрузки в зависимости от предистории и ожидаемого режима работы трансформатора. Регулирование коэффициента трансформации трансформаторов и автотрансформаторов.

Темы лекций:

1. Характеристики силовых трансформаторов и автотрансформаторов.

Темы практических занятий:

1. Определение нагрузочной способности трансформаторного оборудования

Названия лабораторных работ:

1. Учет устройств регулирования напряжения силовых трансформаторов при расчетах установившихся режимов энергосистемы.

Раздел 3. Электрические аппараты

Выключатели переменного тока. Основы процесса гашения дуги переменного тока.

Паспортные данные, которые должны учитываться при использовании выключателя в электроустановках. Типы выключателей, применяемых в электроэнергетике. Масляные выключатели (баковые и маломасляные). Воздушные выключатели. Элегазовые выключатели. Вакуумные выключатели. Электромагнитные выключатели. Управление выключателями (приводы выключателей).

Разъединители. Основные конструкции разъединителей. Паспортные данные, которые должны учитываться при использовании разъединителей в электроустановках.

Измерительные трансформаторы тока. Основные виды конструкций трансформаторов тока для электроустановок различного номинального напряжения. Электрический режим трансформатора тока. Токовая и угловая погрешности трансформатора тока. Схема соединения вторичных цепей трансформаторов тока. Причины недопустимости размыкания вторичной цепи трансформаторов тока.

Измерительные трансформаторы напряжения. Электромагнитные трансформаторы напряжения. Основные виды конструкций трансформаторов напряжения для электроустановок различного номинального напряжения. Электрический режим трансформаторов напряжения. Погрешности трансформаторов напряжения по модулю напряжения и угловая погрешность. Заземленные (фазные) и незаземленные (междуфазные) трансформаторы напряжения. Схемы соединения вторичных цепей трансформаторов напряжения. Емкостные трансформаторы напряжения.

Электрические реакторы. Токоограничивающие реакторы. Одинарные и сдвоенные токоограничивающие реакторы. Конструктивное исполнение токоограничивающих реакторов. Шунтирующие реакторы неуправляемые. Конструкция неуправляемых шунтирующих реакторов. Управляемые шунтирующие реакторы. Основы способа управления реактором. Диапазон изменения мощности реактора.

Темы лекций:

1. Выключатели переменного тока.
2. Типы выключателей, применяемых в электроэнергетике.
3. Разъединители.
4. Измерительные трансформаторы тока.
5. Измерительные трансформаторы напряжения.
6. Электрические реакторы.

Темы практических занятий:

1. Определение длительно допустимой и аварийно допустимой токовой нагрузки ветвей расчетной модели.

Названия лабораторных работ:

1. Расчет установившегося режима с контролем допустимой токовой нагрузки.

Раздел 4. Схемы распределительных устройств электростанций и подстанций

Электрические схемы распределительных устройств электростанций и подстанций. Основные схемы распределительных устройств высоковольтных сетях (110 – 500 кВ). Схема с двумя системами сборных шин и с обходной системой шин. Схема с тремя выключателями на две цепи. Схемы распределительных устройств на генераторном напряжении электростанций. Секционированная система шин с резервной системой.

Темы лекций:

1. Электрические схемы распределительных устройств электростанций и подстанций.

Темы практических занятий:

1. Анализ схем электрических соединений распределительных устройств при подготовке

графа расчетной модели в RastrWin3.

Названия лабораторных работ:

1. Особенности моделирования нормативных возмущений с учетом схем электрических соединений распределительных устройств.

Раздел 5. Электрические схемы электростанций и подстанций

Электрические схемы электростанций и подстанций. Схемы тепловых электростанций блочного типа с одним и с двумя высшими напряжениями. Схемы тепловых электростанций с распределительным устройством генераторного напряжения. Схемы многоагрегатной гидроэлектростанции с одним и двумя высшими напряжениями. Схемы питания механизмов собственных нужд в различных схемах электростанций. Организация резервирования питания собственных нужд. Типовой состав механизмов собственных нужд блока котел – турбина – генератор – трансформатор при использовании турбинного привода питательного насоса. Особенности схем питания механизмов собственных нужд атомных электростанций.

Темы лекций:

1. Электрические схемы электростанций и подстанций.
2. Схемы питания механизмов собственных нужд в различных схемах электростанций.

Темы практических занятий:

1. Подготовка исходных данных для моделирования собственных нужд электростанций.

Названия лабораторных работ:

1. Моделирование пуска и самозапуска двигателей собственных нужд электростанций.

Раздел 6. Режимы заземления нейтрали в электрических системах

Критерий классификации режимов заземления нейтрали по напряжению на неповрежденных фазах при замыкании одной фазы. Граница эффективного и неэффективного заземления нейтрали. Соотношение эквивалентных сопротивлений прямой, обратной и нулевой последовательности основной фактор, определяющий режим нейтрали. Организация эффективного заземления нейтрали в сетях 110 кВ и выше. Режимы заземления нейтрали в сетях 6 – 35 кВ. Изолированная нейтраль. Заземление нейтрали через дугогасящий реактор. Резистивное, высокоомное и низкоомное заземление нейтрали.

Темы лекций:

1. Режимы заземления нейтрали в электрических системах.

Темы практических занятий:

1. Расчет шунтов короткого замыкания.

Названия лабораторных работ:

1. Учет режимов работы нейтрали при расчетах токов короткого замыкания в RastrWin3.

5. Организация самостоятельной работы студентов

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

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных

- источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Подготовка к лабораторным работам и практическим занятиям;
 - Подготовка к оценивающим мероприятиям.
 - Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку:
 - характеристики накопителей электрической энергии;
 - характеристики асинхронизированных генераторов;
 - расчет допустимой токовой нагрузки в режиме реального времени (dynamic thermal rating).

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

1. Старшинов В.А. Электрическая часть электростанций и подстанций: учебное пособие / В.А. Старшинов, М.В. Пиратов, М.А. Козина. -М.: Издательский дом МЭИ, 2015.-296 с.. ISBN 978-5-383-00874-4. Текст : электронный. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383008744.html> (дата обращения: 25.05.2020). – Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.
2. Вайнштейн, Роберт Александрович. Режимы заземления нейтрали в электрических системах : учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] / Р. А. Вайнштейн, Н. В. Коломиец, В. В. Шестакова; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 1.1 МВ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2010. — Заглавие с титульного экрана. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2011/m73.pdf> (дата обращения: 25.05.2020).

Дополнительная литература:

1. Электроустановки: сборник нормативных документов / Единая энергетическая система России (ОАО РАО "ЕЭС России"). — Москва: ЭНАС, 2012. — 671 с. Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/38576#book_name (дата обращения: 25.05.2020). – Режим доступа: по подписке.
2. Открытое акционерное общество "Системный оператор единой энергетической системы". Стандарт ОАО "СО ЕЭС" СТО 56947007-29.240.30.047 - 2010. Рекомендации по применению типовых принципиальных электрических схем распределительных устройств подстанций 35-750 кВ.
Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/38539#book_name (дата обращения: 25.05.2020). – Режим доступа: по подписке.

6.2 Информационное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. Электронный курс: Космынина Н.М. Электрические станции и подстанции. URL: <https://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=3279> – Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. MathWorks MATLAB <https://appserver01.main.tpu.ru/RDWeb/Pages/>
3. Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>
4. Полнотекстовые и реферативные базы данных для студентов и сотрудников ТПУ.
URL: <https://www.lib.tpu.ru/html/full-text-db>

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

1. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic

2. Document Foundation Libre Office
3. RastrWin3 Student

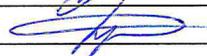
7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

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) 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7 249	Компьютер - 19 шт., Экран Limien Master Control «LMC-100114» - 1 шт. Видеостена - 1 шт., проектор – 1 шт. Доска аудиторная настенная - 1 шт., шкаф для документов - 1 шт., полка - 2 шт., комплект учебной мебели на 15 посадочных мест
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7 221	Компьютер – 20 шт., видеопроектор - 1 шт., звуковая система - 1 шт. Доска аудиторная настенная - 1 шт., тумба подкатная - 3 шт., комплект учебной мебели на 15 посадочных мест.

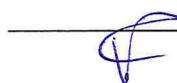
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, специализация «Управление режимами электроэнергетических систем» (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
Доцент ОЭЭ ИШЭ		Кац И.М.
Профессор-консультант ОЭЭ ИШЭ		Вайнштейн Р.А.
Доцент ОЭЭ ИШЭ		Прохоров А.В.

Программа одобрена на заседании Отделения электроэнергетики и электротехники (протокол от «25» июня 2020 г. № 6).

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



А.С. Ивашутенко