

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 очная

Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах

Направление подготовки	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника		
Образовательная программа	Электроэнергетика		
Специализация	Электроэнергетические системы и сети		
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат		
Курс	4	семестр	7
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	5		
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 ИШЭ
------------------------------	---------	------------------------------	---------

И.о. заведующего кафедрой – руководителя отделения на правах кафедры Руководитель ООП		Ивашутенко А.С.
		Шестакова В.В.
		Бацева Н.Л.
Преподаватель		Разживин И.А.

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 6 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 составить конкурентно-способные варианты технических решений при проектировании объектов ПД	И.ПК(У)-2.1.	Обосновывает выбор целесообразного направления решения технологической задачи	ПК(У)-2.1В1	Владеет методами расчетов токов короткого замыкания (КЗ) при различных видах КЗ в энергосистемах
				ПК(У)-2.1У1	Умеет рассчитывать параметры схем замещения электроустановок, составлять и преобразовывать схемы в зависимости от вида и места КЗ
				ПК(У)-2.1В2	Владеет навыками расчетов статической и динамической устойчивости энергосистем простой структуры
				ПК(У)-2.1У2	Умеет рассчитывать переходные процессы в узлах нагрузки энергосистем
				ПК(У)-2.1З2	Знает мероприятия по повышению устойчивости и качества переходных процессов энергосистем
				ПК(У)-2.1В3	Имеет опыт математического моделирования переходных процессов в энергосистемах в специализированных программных комплексах
				ПК(У)-2.1У3	Умеет применять математические модели элементов энергосистем при проведении технологических расчетов
				ПК(У)-2.1З3	Знает общие принципы математического моделирования элементов энергосистем

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	Формирует исходные данные для расчета и анализа устойчивости энергосистем в соответствии с нормативно-технической документацией	И.ПК(У)-2.1.
РД 2	Создаёт математические модели элементов энергосистем для расчёта и анализа устойчивости	И.ПК(У)-2.1.
РД 3	Производит расчёт и анализ устойчивости энергосистем, включая узлы нагрузки, аналитически и с помощью профессиональных программных комплексов	И.ПК(У)-2.1.
РД 4	Производит выбор и проверку мероприятий по повышению устойчивости энергосистем и качества переходных процессов	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.
Раздел 1. Основные положения курса	РД 1	Лекции	1
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	8
Раздел 2. Математические модели и схемы замещения элементов энергосистем в расчётах устойчивости	РД 1, РД 2	Лекции	1
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	8
Раздел 3. Статическая устойчивость энергосистем	РД 1, РД 2, РД 3, РД 4	Лекции	2
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	20
Раздел 4. Динамическая устойчивость энергосистем	РД 1, РД 2, РД 3, РД 4	Лекции	2
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	20
Раздел 5. Мероприятия по повышению устойчивости энергосистем	РД 1, РД 2, РД 3, РД 4	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	12

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Основные положения курса

Содержание курса и его место в обучении

Темы лекций:

1. Проблема устойчивости электроэнергетических систем. Основные понятия и определения.

Раздел 2. Математические модели и схемы замещения элементов энергосистем в расчётах устойчивости

Математические модели и схемы замещения синхронных машин

Темы лекций:

1. Трёхфазная симметричная модель синхронной машины; потокосцепления и сопротивления обмоток синхронной машины; уравнения движения ротора синхронной машины; синхронная машины с демпферной обмоткой; векторная диаграмма синхронной машины; упрощенная модель синхронной машины.

Темы практических занятий:

1. Математические модели трансформаторов, линий электропередачи, асинхронных двигателей. Схемы замещения и определение параметров элементов электроэнергетических систем.

2. Определение собственных и взаимных проводимостей.

Раздел 3. Статическая устойчивость энергосистем

Практические критерии статической устойчивости энергосистемы.

Темы лекций:

1. Характеристика мощности простейшей электроэнергетической системы. Физический смысл угла дельта и практические критерии статической устойчивости энергосистемы.
2. Характеристика мощности при сложной связи синхронной машины с энергосистемой.
3. Собственные и взаимные сопротивления и проводимости. Влияние параметров схемы на характеристику мощности.

Темы практических занятий:

1. Автоматические регуляторы возбуждения синхронных генераторов: виды, технические требования к системам возбуждения; технические требования к автоматическим регуляторам возбуждения сильного действия; подтверждение соответствия АРВ сильного действия требованиям Стандарта; сертификационные испытания АРВ сильного действия.
2. Характеристики мощности генератора с автоматическим регулированием возбуждения. Действительный предел мощности. Расчёт и анализ статической устойчивости в простейшей схеме при различных способах регулирования возбуждения генератора.

Названия лабораторных работ:

1. Получение и анализ характеристик мощности для одномашинной энергосистемы в ПО Mathcad.
2. Анализ статической устойчивости простейшей схемы при различных способах регулирования возбуждения генератора

Раздел 4. Динамическая устойчивость энергосистем

Понятие о динамической устойчивости энергосистемы.

Темы лекций:

1. Допущения при расчёте динамической устойчивости. Схемы замещения при коротком замыкании. Оценка динамической устойчивости энергосистемы методом площадей. Определение предельного угла отключения короткого замыкания. Оценка эффективности АПВ линий электропередачи.

Темы практических занятий:

1. Расчет и анализ динамической устойчивости одномашинной энергосистемы, построение характеристик мощности.
2. Метод последовательных интервалов и определение максимально допустимого угла и времени отключения КЗ.

Названия лабораторных работ:

1. Анализ динамической устойчивости одномашинной энергосистемы в ПО Mathcad.
2. Исследование АРВ при переходных процессах на учебной схеме маломашинной энергосистемы всережимного моделирующего комплекса реального времени.
3. Анализ аварийных возмущений, приводящих к асинхронному ходу, для модели энергосистемы в программно техническом комплексе RTDS.

Раздел 5. Мероприятия по повышению устойчивости энергосистем

Основные, дополнительные и режимные мероприятия по повышению устойчивости и качества переходных процессов энергосистем

Темы лекций:

1. Классификация мероприятий. Изменение параметров трансформаторов. Изменение параметров линий электропередачи. Применение быстродействующих выключателей и защит. Сооружение переключательных пунктов. Установка источников реактивной мощности. Электрическое торможение генераторов. Системы возбуждения синхронных

машин и форсировка возбуждения. Регулирование режима реактивной мощности синхронных машин.

2. Эффективность мероприятий режимного характера: автоматическое отключение части нагрузки при снижении частоты в энергосистеме.

Темы практических занятий:

1. Влияние емкостной компенсации индуктивных сопротивлений линий электропередачи на повышение статической устойчивости.

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;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим занятиям;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

1. Хрущев Ю.В. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах: учебное пособие / Ю.В. Хрущев, К.И. Заповодников, А.Ю. Юшков; Томский политехнический университет. – 2-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 154 с. URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m492.pdf> (дата обращения: 19.06.2019) Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст: электронный
2. Куликов, Ю. А. Сопротивление материалов. Курс лекций : учебное пособие / Ю. А. Куликов. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 272 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/91882> (дата обращения: 19.06.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Жданов, Петр Сергеевич. Вопросы устойчивости электрических систем / П. С. Жданов; под ред. Л. А. Жукова. — Изд. стер.. — Москва: Альянс, 2015. — 455 с.: ил.. — Текст

Дополнительная литература:

1. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. Учебник для ВУЗов. – М.: Высшая школа, 1985. – 536 с. Схема доступа: <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple>.
2. Аксютин, В. А. Переходные процессы в электрических цепях: учебное пособие / В. А. Аксютин. – Новосибирск: НГТУ, 2017. – 112 с. – ISBN 978-5-7782-3379-9. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/118075> (дата обращения: 05.05.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Гуревич Ю.Е., Либова Л.Е., Окин А.А. Расчёты устойчивости и противоаварийной автоматики в энергосистемах. – М.: Энергоатомиздат, 1990.- 390 с. Схема доступа: <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple>.
4. Хрущёв Ю.В. Электромеханические переходные процессы в электрических системах. Методические указания к рабочей программе и курсовой работе. учебное пособие

- [Электронный ресурс] / Хрущёв Ю.В., Готман В.И Национальный исследовательский Томский политехнический университет., стер. – 1 компьютерный файл (doc; 1044 KB). – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – Заглавие с титульного экрана. – Схема доступа: <https://studfile.net/preview/6285145/page:10/>.
5. Хрущёв Ю.В. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах : методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах» для студентов IV курса, обучающихся по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» [Электронный ресурс] / сост. Ю. В. Хрущёв; Е. О. Кулешова; Е. Б. Шандарова Национальный исследовательский Томский политехнический университет., стер. – 1 компьютерный файл (pdf; 1459 KB). – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – Заглавие с титульного экрана. – Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2017/m063.pdf>.
 6. Требования к обеспечению надежности электроэнергетических систем, надежности и безопасности объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок «Методические указания по устойчивости энергосистем» Утверждены приказом Минэнерго России от 3 августа 2018 года N 630 [Электронный ресурс] – Заглавие с титульного экрана. – Схема доступа: http://so-ups.ru/fileadmin/files/laws/regulations/Metod_uk_ust_2018.pdf.

6.2. Информационное и 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. MathWorks MATLAB Full Suite R2017b

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, 7 325	Доска аудиторная настенная - 1 шт.;Комплект учебной мебели на 28 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего	Комплекс контролеров автоматической частотной разгрузки энергосистемы - 2 шт.;Счетчик электрической энергии Квант - 2 шт.; Доска аудиторная поворотная - 1 шт.;Стол лабораторный - 2

	контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7 250	шт.;Комплект учебной мебели на 8 посадочных мест; Компьютер - 13 шт.; Принтер - 1 шт.; Телевизор - 1 шт.
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7 301	Доска аудиторная настенная - 2 шт.;Комплект учебной мебели на 134 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.
4.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7 316	Доска аудиторная настенная - 2 шт.;Комплект учебной мебели на 134 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы «Электроэнергетика» по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» / специализация «Электроэнергетические системы и сети» (прием 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик:

Должность	Степень, звание	ФИО
Доцент ОЭЭ	к.т.н., доцент	Н.Л. Бацева И.А. Разживин

Программа одобрена на заседании отделения Электроэнергетики и электротехники ИШЭ (протокол от 01.09.2020 г. № 1/1)

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

 А.С. Ивашутенко

Лист изменений рабочей программы практики:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании ОЭЭ
2021/2022 учебный год	1. Обновлен список литературы.	От 11.05.2021 г. № 6/1
2022/2023 учебный год	1. Обновлен список литературы.	От 29.06.2022 г. № 6