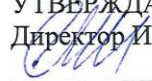


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИИПЭ
 Матвеев А.С.
«30» июня 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2019 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Электромагнитные переходные процессы			
Направление подготовки Образовательная программа Специализация Уровень образования Курс Трудоемкость в кредитах (зачетных единиц) Виды учебной деятельности	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника		
	Электроэнергетика		
	Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем		
	высшее образование - бакалавриат		
	4	семестр	7
	6		
	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		32
	Практические занятия		32
	Лабораторные занятия		24
	ВСЕГО		88
Самостоятельная работа, ч		128	
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией		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			Ивашутенко А.С.
			Шестакова В.В.
			Рубан Н.Ю.

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
ПК(У)-2.	Способен составить конкурентно-способные варианты технических решений при проектировании объектов ПД	И.ПК(У)-2.1.	Обосновывает выбор целесообразного решения задач проектирования систем релейной защиты и автоматики	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)-2.1З1	Знает технические средства для ограничения токов КЗ
				ПК(У)-2.1В3	Имеет опыт математического моделирования переходных процессов в ЭЭС на базе специализированных программных комплексов
				ПК(У)-2.1У3	Умеет применять принципы идеализации электрических и механических систем в области электроэнергетики при их математическом описании
				ПК(У)-2.1З3	Знает общие принципы идеализации электрических и механических систем в области 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	Применять знания общих законов электротехники для расчета электрических параметров при переходных процессах в ЭЭС	И.ПК(У)-2.1.
РД 2	Выполнять расчеты параметров электрических режимов при различных повреждениях в электрической сети	И.ПК(У)-2.1.
РД3	Анализировать процессы, происходящие в электрических машинах и электрической сети при различных повреждениях в электрической сети	И.ПК(У)-2.1.
РД4	Составлять схемы замещения электрических машин и электрической сети при различных повреждениях в электрической сети	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	РД1, РД3	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Самостоятельная работа	13
Раздел 2. Переходные процессы при трехфазном коротком замыкании в простейшей цепи	РД1, РД2, РД3, РД4	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	13
Раздел 3. Схемы замещения и параметры синхронной машины в установившемся и переходном режимах	РД1, РД3, РД4	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Самостоятельная работа	13
		Лабораторные занятия	4
Раздел 4. Переходный процесс синхронного генератора при трехфазном коротком замыкании	РД1, РД2, РД3	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Самостоятельная работа	13
		Лабораторные занятия	4
Раздел 5. Практические методы расчета режимов трехфазного короткого замыкания	РД1, РД2, РД3, РД4	Лекции	4
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	13
Раздел 6. Параметры элементов и схем отдельных последовательностей	РД1, РД3, РД4	Лекции	6
		Практические занятия	6
		Самостоятельная работа	13
Раздел 7. Однократная поперечная несимметрия	РД1, РД2, РД3, РД4	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Самостоятельная работа	13
Раздел 8. Однократная продольная несимметрия	РД1, РД2, РД3, РД4	Лекции	2
		Самостоятельная работа	13
Раздел 9. Замыкания в распределительных сетях и системах электроснабжения	РД1, РД2, РД3	Лекции	4
		Самостоятельная работа	12
Раздел 10. Ограничение токов короткого замыкания	РД1, РД3	Лекции	2
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	12

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Основные положения курса

Изучение общих сведений об электромагнитных переходных процессах, основных определений, причин возникновения и последствий переходных процессов., назначение расчетов и требований, предъявляемых к ним. Анализ расчетных условий и основных допущений при расчетах. Изучение системы относительных и именованных единиц. Составление и преобразование схем замещения

Темы лекций:

1. Общие сведения об электромагнитных переходных процессах.

Темы практических занятий:

1. Составление и преобразование схем замещения.

Раздел 2. Переходные процессы при трехфазном коротком замыкании в простейшей цепи

Изучение простейшей трехфазной цепи. Анализ трехфазного короткого замыкания в простейшей цепи, подключенной к источнику бесконечной мощности. Изучение законов изменения периодической и аperiodической составляющих тока в функции времени. Анализ волновых и векторных диаграмм токов и напряжений. Определение начального значения аperiodической составляющей тока и постоянной времени затухания, ударного тока. Анализ влияния предшествующего режима и фазы включения на величину тока короткого замыкания.

Темы лекций:

2. Анализ трехфазного короткого замыкания в простейшей цепи, подключенной к источнику бесконечной мощности.

Темы практических занятий:

1. Определение начального значения аperiodической составляющей тока и постоянной времени затухания.

Названия лабораторной работы

1. Исследование режима трехфазного короткого замыкания в простейшей цепи.

Раздел 3. Схемы замещения и параметры синхронной машины в установившемся и переходном режимах

Анализ параметров, схем замещения и векторных диаграмм синхронной машины в установившемся режиме. Изучение понятий о переходных ЭДС и переходных реактивностях. Построение схем замещения синхронной машины без демпферных обмоток. Изучение понятий о сверхпереходных ЭДС и реактивностях синхронной машины. Построение схем замещения синхронной машины с демпферными обмотками в переходном режиме. Расчет сверхпереходных ЭДС и сверхпереходных токов. Сравнение реактивностей синхронных машин.

Темы лекций:

3. Анализ параметров, схем замещения и векторных диаграмм синхронной машины в установившемся режиме.
4. Понятие о сверхпереходных ЭДС и реактивностях синхронной машины.

Темы практических занятий:

1. Расчет сверхпереходных ЭДС и сверхпереходных токов.

Названия лабораторной работы

1. Исследование влияния параметров синхронной машины на режим трехфазного короткого замыкания.

Раздел 4. Переходный процесс синхронного генератора при трехфазном коротком замыкании

Изучение способов гашения магнитного поля системы возбуждения генератора. Анализ систем автоматического регулирования возбуждения генератора и их влияние на переходный процесс. Изучение способов гашения магнитного поля системы возбуждения генератора. Анализ систем автоматического регулирования возбуждения генератора и их влияние на переходный процесс. Изучение установившегося режима короткого замыкания. Анализ влияния автоматического регулирования возбуждения на установившийся ток короткого замыкания. Изучение режимов предельного возбуждения, номинального напряжения и критического сопротивления. Расчет установившегося режима короткого замыкания генератора с автоматическим регулированием возбуждения.

Темы лекций:

5. Изучение способов гашения магнитного поля системы возбуждения генератора. Анализ систем автоматического регулирования возбуждения генератора и их влияние на переходный процесс.
6. Изучение установившегося режима короткого замыкания.

Темы практических занятий:

1. Расчет установившегося режима короткого замыкания генератора с автоматическим регулированием возбуждения.
2. Расчет режима КЗ генератора с АРВ.

Названия лабораторной работы

1. Исследование режимов работы системы возбуждения синхронного генератора при трехфазном коротком замыкании в простейшей цепи.

Раздел 5. Практические методы расчета режимов трехфазного короткого замыкания

Анализ допущений в практических расчетах коротких замыканий. Анализ влияния и учета нагрузки в начальный момент трехфазного короткого замыкания. Изучение аналитического метода расчета начального сверхпереходного тока. Расчет ударного тока. Изучение приближенного учета системы при расчетах переходного тока короткого замыкания. Изучение метода расчетных кривых.

Темы лекций:

7. Анализ допущений в практических расчетах коротких замыканий.
8. Расчет ударного тока. Изучение приближенного учета системы при расчетах переходного тока короткого замыкания.

Темы практических занятий:

1. Расчет ударного тока.
2. Расчет начального сверхпереходного тока.

Названия лабораторных работ:

1. Исследование влияния нагрузки в начальный момент трехфазного короткого замыкания.
2. Исследование режимов 3-х, 2-х фазных коротких замыканий в энергосистемах.

Раздел 6. Параметры элементов и схем отдельных последовательностей

Изучение поперечной и продольной несимметрии. Анализ применимости метода симметричных составляющих к исследованию несимметричных режимов. Изучение принципа независимости действия симметричных составляющих. Изучение сопротивлений обратной и нулевой последовательностей элементов электрической системы. Изучение общих положений по составлению и преобразованию схем отдельных последовательностей и расчету их результирующих параметров.

Темы лекций:

9. Метод симметричных составляющих для исследованию несимметричных режимов. Принцип независимости действия симметричных составляющих.
10. Изучение сопротивлений обратной и нулевой последовательностей элементов электрической системы.
11. Изучение общих положений по составлению и преобразованию схем отдельных последовательностей и расчету их результирующих параметров.

Темы практических занятий:

1. Расчет сопротивлений обратной последовательности элементов электрической системы.
2. Расчет сопротивлений нулевой последовательности элементов электрической системы.
3. Составление и преобразование схем отдельных последовательностей и расчет результирующих параметров.

Раздел 7. Однократная поперечная несимметрия

Изучение граничных условий при различных видах несимметричных коротких замыканий. Анализ соотношений между симметричными составляющими и полными значениями токов и напряжений по месту несимметрии при однофазном, двухфазном и двухфазном на землю коротких замыканиях. Изучение правила эквивалентности прямой последовательности. Построение комплексных схем замещения, распределения токов и напряжений. Применение практических методов к расчету однократной поперечной несимметрии.

Темы лекций:

12. Расчет параметров режима при несимметричных коротких замыканиях.

Темы практических занятий:

1. Расчет однократной поперечной несимметрии.

Раздел 8. Однократная продольная несимметрия

Изучение уравнений падений напряжений в схемах различных последовательностей. Анализ граничных условий при различных видах продольной несимметрии. Анализ соотношений между симметричными составляющими, полными токами и падениями напряжений при разрыве одной и двух фаз. Изучение правила эквивалентности прямой последовательности и комплексных схем замещения.

Темы лекций:

13. Анализ граничных условий при различных видах продольной несимметрии.

Раздел 9. Замыкания в распределительных сетях и системах электроснабжения
--

Темы лекций:

14. Изучение общей характеристики распределительных сетей. Изучение простого замыкания на землю. Анализ изменения параметров проводников сети, местных источников и нагрузок.

15. Расчет токов короткого замыкания в установках напряжением до 1 кВ. Использование ЭВМ для расчета режимов короткого замыкания.

Раздел 10. Ограничение токов короткого замыкания

Анализ максимальных уровней токов короткого замыкания. Анализ оптимизации режима заземления нейтралей в электрических системах. Изучение токоограничивающих устройств. Изучение координации уровней токов коротких замыканий и параметры электрооборудования.

Темы лекций:

16. Анализ максимальных уровней токов короткого замыкания. Анализ оптимизации режима заземления нейтралей в электрических системах.

Названия лабораторной работы:

1. Исследование влияния схемно-режимных условий на максимальное значение тока короткого замыкания в простейшей цепи.

Тематики курсового проекта (теоретический раздел)

Разработано 25 индивидуальных заданий, основанных на 25-ти различных фрагментах схем электроэнергетических систем.

1. Расчёт режимов короткого замыкания и продольной несимметрии в электроэнергетической системе (схема №1).
2. Расчёт режимов короткого замыкания и продольной несимметрии в электроэнергетической системе (схема №2).
3. ...
25. Расчёт режимов короткого замыкания и продольной несимметрии в электроэнергетической системе (схема №25).

Вариант задания на курсовой проект выбирается по двум кодовым числам. Первое число выбирается по таблице и определяет номер индивидуального задания, для которого с тем же номером приведена расчетная схема энергосистемы.

Выбор номера задания и схемы

№ Задания и схемы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Первая буква фамилии	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	Н
№ Задания и схемы	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Первая буква фамилии	О	П	Р	С	Т	У	Ф, Ч	Х	Ш, Ц	Э, Щ	Ю	Я	

Второй кодовый номер – последняя цифра номера зачетной книжки (0-9) – определяет вариант параметров электрооборудования. При наличии в группе двух и более студентов, фамилии которых начинаются с одной и той же буквы, преподаватель назначает таким студентам не совпадающие варианты задания из числа свободных.

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;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим занятиям;
- Выполнение курсового проекта;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

1. Готман, В.И. Режимы коротких замыканий в электроэнергетических системах: учебное пособие / В. И. Готман; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2010. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2011/m279.pdf> (дата обращения: 19.06.2019) Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст: электронный
2. Готман, Владимир Иванович. Короткие замыкания и несимметричные режимы в электроэнергетических системах: учебное пособие / В. И. Готман; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2011. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m63.pdf> (дата обращения: 19.06.2019) Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст: электронный
3. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. РД 153-34.0-20.527-98: учебное пособие. — Москва: ЭНАС, 2013. — 152 с. — Текст : электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/104547> (дата обращения: 19.06.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература:

1. Армеев Д.В., Переходные процессы в электрических системах / Армеев Д.В., Гусев Е.П. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014. - 332 с. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778224988.html> (дата обращения: 19.06.2019). - Режим доступа : по подписке.
2. Сенько, В.В. Несимметричные электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах: учебное пособие / В.В. Сенько. — Самара: АСИ СамГТУ, 2015. — 54 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/127587> (дата обращения: 19.06.2019).
3. Александров, В.В. Расчет токов коротких замыканий в Электроэнергетических системах: учебное пособие / В.В. Александров, А.А. Малютин. — 2-е изд. — Москва: ФЛИНТА, 2016. — 131 с. — ISBN 978-5-9765-2705-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/83846> (дата обращения: 19.06.2019).

6.2. Информационное и программное обеспечение

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке:

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. 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, 7 328	Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт. Доска аудиторная настенная - 1 шт.;Комплект учебной мебели на 98 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, 7 345	Компьютер - 1 шт.; Телевизор - 1 шт. Доска аудиторная настенная - 1 шт.;Комплект учебной мебели на 32 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.7 119	Компьютер - 16 шт. Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Шкаф для документов - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 16 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 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик:

Должность	Степень, звание	ФИО
-----------	-----------------	-----

Доцент ОЭЭ	к.т.н., доцент	Рубан Н.Ю.
------------	----------------	------------

Программа одобрена на заседании отделения Электроэнергетики и электротехники ИШЭ (протокол от 27.06.2019 г. № 6).

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
2020/2021 учебный год	1. Обновлен перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем.	От 25.06.2020 г. № 6
2021/2022 учебный год	1. Обновлен перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем. 2.Обновлено программное обеспечение	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