

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.
 «26» июль 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2019 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Проектирование и эксплуатация релейной защиты и автоматики энергосистем

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	2	семестр	3
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 Преподаватель		Ивашутенко А.С.
		Прохоров А.В.
		Шестакова В.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
ОПК(У)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки	И.ОПК(У)-1.2	Применяет на практике современные технологии сбора, обработки и интерпретации данных	ОПК(У)-1.2У2	Умеет: применять на практике современные технологии сбора, обработки и интерпретации данных
				ОПК(У)-1.232	Знает: технологии сбора, обработки и интерпретации данных
ПК(У)-1	Способен обосновано применять математические модели, численные методы и отраслевые методические указания для решения задач расчета установившихся режимов и переходных процессов в электроэнергетических системах	И.ПК(У)-1.1	Создает расчетные модели электроэнергетических систем и обеспечивает их работоспособность	ПК(У)-1.1В2	Владеет: методиками подготовки исходных данных по заданному объекту моделирования
				ПК(У)-1.1У2	Умеет: собирать и анализировать информацию об объекте моделирования, подготавливать исходные данные в соответствии с формальными правилами программных комплексов для моделирования электроэнергетических систем
				ПК(У)-1.132	Знает: способы и источники получения информации об объекте моделирования
				ПК(У)-1.1В3	Владеет: методиками создания, актуализации и верификации расчетных моделей электроэнергетических систем
				ПК(У)-1.1У3	Умеет: задавать топологию и параметры модели, выявлять и устранять ошибки в расчетной модели, оценивать ее адекватность
				ПК(У)-1.133	Знает: методики создания, актуализации и верификации расчетных моделей электроэнергетических систем
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)-2.2	Анализирует и прогнозирует условия работы энергосистемы и её отдельных компонентов на основании результатов измерений электрических величин	ПК(У)-2.2У1	Умеет: осуществлять количественную и качественную оценку условий работы энергосистемы с помощью векторных диаграмм, трендов изменения телеметрии, осциллограмм регистраторов аварийных событий
				ПК(У)-2.231	Знает: функциональные возможности и требования к системам синхронизированных векторных измерений, телемеханики, регистрации аварийных сигналов и событий

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
				ПК(У)-2.2У2	Умеет: оценивать правильность и достаточность действий и настроек устройств и систем релейной защиты и автоматики на основании анализа изменения электрических параметров режима работы энергосистемы во времени
ПК(У)-3	Способен разрабатывать мероприятия и принимать решения по управлению электроэнергетическим режимом работы энергосистемы	И.ПК(У)-3.3	Принимает решения об изменении параметров настройки режимной, противоаварийной и сетевой автоматики с целью обеспечения требований к технологическому функционированию электроэнергетических систем	ПК(У)-3.331	Знает: назначение, принципы выполнения, порядок обслуживания устройств (комплексов) релейной защиты и автоматики
				ПК(У)-3.3В2	Владеет: методиками выбора настроек устройств релейной защиты и автоматики
				ПК(У)-3.3У2	Умеет: выполнять расчет уставок устройств релейной защиты

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 технологии сбора, обработки и интерпретации данных для моделирования электроэнергетических систем	И.ОПК(У)-1.2
РД 2	Создавать и актуализировать модели электроэнергетических систем в программных комплексах для расчетов электрических величин при повреждениях сети и уставок релейной защиты	И.ПК(У)-1.1
РД3	Анализировать действия и оценивать правильность настроек устройств релейной защиты и автоматики на основании результатов регистрации аварийных событий и сигналов	И.ПК(У)-2.2
РД4	Рассчитывать параметры срабатывания устройств релейной защиты и сетевой автоматики с целью обеспечения требований к технологическому функционированию электроэнергетических систем	И.ПК(У)-3.3

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 (модуль) 1. Релейная защита и автоматика (РЗА) – общие сведения	РД1	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	–
		Самостоятельная работа	7
Раздел (модуль) 2. Применение программно-технических комплексов для проектирования и наладки устройств релейной защиты ЭЭС	РД2	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	–
		Самостоятельная работа	20
Раздел (модуль) 3. Комплексы РЗА в ЭЭС	РД2, РД3, РД4	Лекции	8
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	16
		Самостоятельная работа	25
Раздел (модуль) 4. Оперативные цепи постоянного тока (ОЦПТ). Сигнализация	РД3, РД4	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	–
		Самостоятельная работа	8

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Релейная защита и автоматика (РЗА) – общие сведения

Классификация систем релейной защиты и автоматики (РЗА). Общие требования к устройствам РЗА. Принятие решения по составу комплекса РЗА для заданных объектов в соответствии с нормативными требованиями. Структурная схема РЗА.

Темы лекций:

1. Классификация систем РЗА.

Темы практических занятий:

1. Выбор измерительных трансформаторов тока и трансформаторов напряжения для высоковольтной ЛЭП.

Раздел 2. Применение программно-технических комплексов для проектирования и наладки устройств релейной защиты ЭЭС

Общие сведения о ПК «Автоматизированное рабочее место служб расчетов уставок релейной защиты» (АРМ СРЗА). Решаемые прикладные задачи, возможности и ограничения АРМ СРЗА. Программа расчета токов короткого замыкания (КЗ) «АРМ СРЗА». Принципы формирования схемы района с точки зрения РЗА заданного объекта. Дополнительные возможности нового программно-вычислительного комплекса «Автоматизированный расчет уставок РЗА» (ПВК АРУ).

Темы лекций:

1. ПК Автоматизированное рабочее место служб расчетов уставок релейной защиты (АРМ СРЗА).

2. Программа расчета токов короткого замыкания (КЗ) «АРМ СРЗА».

Темы практических занятий:

1. Расчет электрических величин при различных видах продольной и поперечной несимметрии, формирование протоколов в программе расчета токов КЗ в ПК АРМ СРЗА.
2. Формирование схемы района для РЗА заданного объекта и протоколов для расчета параметров срабатывания РЗ в ПК АРМ СРЗА.

Раздел 3. Комплексы РЗА в ЭЭС

Комплексы РЗА линий электропередачи. Принципы выбора параметров срабатывания защит: токовые ступенчатые защиты нулевой последовательности, дистанционные защиты. Дифференциально-фазная высокочастотная защита. Комплексы РЗА автотрансформаторов, трансформаторов и шунтирующих реакторов. Особенности выполнения защит трансформаторов.

Темы лекций:

1. Комплексы РЗА линий электропередач.
2. Комплексы РЗА трансформаторов и шунтирующих реакторов.

Темы практических занятий:

1. Расчет влияния промежуточной подпитки и топологии сети на измерение сопротивления дистанционной защитой линии.
2. Расчет влияния доаварийной загрузки линии на измерение сопротивления дистанционной защитой.
3. Анализ и сопоставление схем РЗ, выполненных на электромеханической и микропроцессорной базах.
4. Анализ схем релейной защиты АТ. Определение защит, которые приходят в действие при заданных повреждениях.

Названия лабораторных работ:

1. Расчет параметров срабатывания и проверка чувствительности цифровой токовой защиты нулевой последовательности высоковольтной линии.
2. Расчет параметров срабатывания и проверка чувствительности цифровой дистанционной защиты высоковольтной линии.
3. Расчет параметров срабатывания и проверка чувствительности цифровой дифференциальной токовой защиты АТ связи.
4. Расчет параметров и проверка чувствительности цифровой токовой защиты нулевой последовательности АТ связи.

Раздел 4. Оперативные цепи постоянного тока (ОЦПТ). Сигнализация

Типовые схемы ОЦПТ. Способы контроля изоляции ОЦПТ. Методы поиска повреждения ОЦПТ. Аварийная и предупредительная сигнализация. Назначение и виды сигнализации. Схемы сигнализации.

Темы лекций:

1. Оперативные цепи постоянного тока.

Темы практических занятий:

1. Расчет перекосов напряжений при снижении сопротивления изоляции в ОЦПТ.

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;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку:
 - 1) Аварийная и предупредительная сигнализация. Назначение и виды сигнализации. Схемы сигнализации.
 - 2) Оперативное обслуживание комплексов релейной защиты.
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Подготовка к лабораторным работам и практическим занятиям;

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

1. Шнеерсон, Эдуард Менделевич. Цифровая релейная защита / Э. М. Шнеерсон. — Москва: Энергоатомиздат, 2007. — 548 с.: ил.. — Библиогр.: с. 540-541.. — ISBN 978-5-283-03256-6. Текст : непосредственный 3 экз. (+2 экз. чит. зал)
2. Дьяков, А.Ф. Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем : учебное пособие / Дьяков А.Ф. / Овчаренко Н.И.. — Москва: МЭИ, 2017. — ISBN 978-5-383-01161-4. URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011614.html> (дата обращения: 17.06.2020). — Режим доступа: по подписке. — Текст: электронный.
3. Гуревич В.И. Уязвимости микропроцессорных реле защиты: проблемы и решения: учебник / В. И. Гуревич. — 2-е изд. — Вологда: Инфра-Инженерия, 2017. — 256 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/95769> (дата обращения: 17.06.2020) — Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература:

1. Стандарт АО «СО ЕЭС». Релейная защита и автоматика. Система мониторинга переходных режимов. Нормы и требования. СТО 59012820.29.020.001-2019. Утвержден и введен в действие 18.03.2019. — Схема доступа: <http://so-ups.ru/?id=1090> (дата обращения: 17.06.2020). — Режим доступа: свободный доступ из сети Интернет. — Текст: электронный.
2. Стандарт АО «СО ЕЭС». Релейная защита и автоматика. Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Устройства фиксации отключения и фиксации состояния линий электропередачи электросетевого и генерирующего оборудования. Нормы и требования. СТО 59012820.29.020.008-2018. Утвержден и введен в действие 29.12.2018. Схема доступа: <http://so-ups.ru/?id=1090> (дата обращения: 17.06.2020). — Режим доступа: свободный доступ из сети Интернет. — Текст: электронный.
3. Стандарт АО «СО ЕЭС». Релейная защита и автоматика. Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Противоаварийная автоматика. Нормы и требования. СТО 59012820.29.020.004-2018. Утвержден и введен в действие 30.03.2018. Схема доступа: <http://so-ups.ru/?id=1090> (дата обращения: 17.06.2020). — Режим доступа: свободный доступ из сети Интернет. — Текст: электронный.

4. Стандарт ОАО «СО ЕЭС». Релейная защита и автоматика. Взаимодействие субъектов электроэнергетики, потребителей электрической энергии при создании (модернизации) и организации эксплуатации. СТО 59012820.29.020.002-2012. Утвержден и введен в действие 28.04.2012. С изменениями от 05.04.2019. Схема доступа: <http://so-ups.ru/?id=1090> (дата обращения: 17.06.2020). – Режим доступа: свободный доступ из сети Интернет. – Текст: электронный.
5. Стандарт ОАО «СО ЕЭС». Релейная защита и автоматика. Автономные регистраторы аварийных событий (РАС). Нормы и требования. Утвержден и введен в действие 24.11.2015. В редакции от 13.12.2017. Схема доступа: <http://so-ups.ru/?id=1090> (дата обращения: 17.06.2020). – Режим доступа: свободный доступ из сети Интернет. – Текст: электронный.
6. Стандарт ОАО «СО ЕЭС» Релейная защита и автоматика. Требования к содержанию и оформлению инструкций диспетчерских центров по обслуживанию устройств (комплексов) релейной защиты и автоматике. СТО 59012820.29.020.003-2013. Утвержден и введен в действие 14.06.2013. Схема доступа: <http://so-ups.ru/?id=1090> (дата обращения: 17.06.2020). – Режим доступа: свободный доступ из сети Интернет. – Текст: электронный.
7. Стандарт ПАО «ФСК ЕЭС». Методические указания по определению мест повреждений ВЛ напряжением 110 кВ и выше. СТО 29.240.55.224- 2016. Утвержден и введен в действие 17.08.2016. Схема доступа: https://fsk-ees.ru/about/standards_organization/ (дата обращения: 17.06.2020). – Режим доступа: свободный доступ из сети Интернет. – Текст: электронный.
8. Стандарт ПАО «ФСК ЕЭС». Технические требования к микропроцессорным устройствам РЗА. СТО 29.120.70.241-2017. Утвержден и введен в действие 28.02.2017. Схема доступа: https://fsk-ees.ru/about/standards_organization/ (дата обращения: 17.06.2020). – Режим доступа: свободный доступ из сети Интернет. – Текст: электронный.
9. Стандарт ОАО «ФСК ЕЭС» Правила технического обслуживания устройств релейной защиты, автоматике, дистанционного управления и сигнализации подстанций 110–750 кВ. СТО 56947007-33.040.20.141-2012. Утвержден и введен в действие 28.12.2012. Схема доступа: https://fsk-ees.ru/about/standards_organization/ (дата обращения: 17.06.2020). – Режим доступа: свободный доступ из сети Интернет. – Текст: электронный.

6.2. Информационное и программное обеспечение

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

1. Сайт АО «СО ЕЭС», Технологические основы деятельности. Стандарты, правила, нормы и требования. URL: <http://so-ups.ru/?id=1090>
2. Сайт «ФСК ЕЭС» Стандарты организации URL: https://fsk-ees.ru/about/standards_organization/
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. ПВК «АРМ СРЗА»

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины – нет.

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 - 1шт., 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 (научная лаборатория). 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7 320	Компьютер - 31 шт.; проектор - 2 шт. Комплект учебной мебели на 12 посадочных мест; шкаф для документов - 2 шт.; Устройство релейной защиты фидера MRA4A0AB серии HighPROTEC - 2 шт.; Лабораторный комплекс "Передача команд противоаварийной автоматики в энергосистемах" - 1 шт.; Устройство релейной защиты двигателя DTSC-50-50B - 1 шт.; Woodward LS-5 (контроллер для управления и защиты выключателя) - 1 шт.; Устройство релейной защиты фидера MFR11/SC+N серии Multifunction relays - 1 шт.; Распределительный шкаф RAL 7035 - 5 шт.; Лаборат.учебный стенд для проверки оборудования передачи команд релейной защиты - 1 шт.; Конвейер ленточный (прямой) 1400/300 - 1 шт.; Устройство релейной защиты, контроля и управления выключателем DTSC-200 - 1 шт.; Устройство релейной защиты по напряжению и частоте MRU4A0AB серии HighPROTEC - 1 шт.; Комплекс "HEBA" - 1 шт.; Устройство дифференциальной релейной защиты трансформатора MRDT4 серии HighPROTEC - 1 шт.; Устройство релейной защиты воздушных и кабельных линий CSP2-L с панелью контроля и управления CMP1 серии System Line - 2 шт.; Устройство дифференциальной релейной защиты блока генератора трансформатор ESDR4T серии Multifunction relays - 1 шт.; Синхронизатор SPM-D10/YB - 1 шт.; Устройство релейной защиты и управления генератором MFR15/SYN-1 серии Multifunction relays - 1 шт.; Модуль мониторинга температуры TUG416B/SU серии Multifunction relays - 1 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, специализация «Управление режимами электроэнергетических систем» (приема 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
Доцент ОЭЭ ИШЭ		В.В. Шестакова

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



А.С. Ивашутенко

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании Отделения электроэнергетики и электротехники (протокол)
2020/2021	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС	протокол от «25» июня 2020 г. № 6