

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УМР

_____ Е.В. Коновалова

16 июня 2022 г., протокол УС №6

МОДУЛЬ ДИСЦИПЛИН ПРОФИЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Радиоэлектроники и электроэнергетики**

Учебный план bz130302-Энерг-22-4.plx
13.03.02 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
Направленность (профиль): Электроэнергетические системы и сети

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **заочная**

Общая трудоемкость **5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 180

в том числе:

аудиторные занятия 28

самостоятельная работа 139

часов на контроль 13

Виды контроля на курсах:
экзамены 5
зачеты с оценкой 5

Распределение часов дисциплины по курсам

Курс	4		5		Итого	
	УП	РП	УП	РП		
Лекции	2	2	8	8	10	10
Лабораторные			8	8	8	8
Практические	2	2	8	8	10	10
Итого ауд.	4	4	24	24	28	28
Контактная работа	4	4	24	24	28	28
Сам. работа	32	32	107	107	139	139
Часы на контроль			13	13	13	13
Итого	36	36	144	144	180	180

Программу составил(и):
к.т.н., доцент, Рысев П.В.

Рабочая программа дисциплины

Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 144)

составлена на основании учебного плана:

13.03.02 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Направленность (профиль): Электроэнергетические системы и сети

утвержденного учебно-методическим советом вуза от 16.06.2022 протокол № 6.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Радиоэлектроники и электроэнергетики

Зав. кафедрой к. ф-м.н., доцент Рыжаков В.В.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Цель изучения дисциплины «Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем» – формирование знаний о принципах действия устройств и систем релейной защиты и противоаварийной автоматики (РЗА) электроэнергетических систем; навыков расчета уставок защит; проектирования систем РЗА.
1.2	Основные задачи дисциплины:
1.3	1. Ознакомление с конструкцией элементов и структурой систем РЗА.
1.4	2. Изучение методов расчета параметров устройств РЗА.
1.5	3. Получение навыков в области расчета уставок и выбора схем РЗА.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ООП:	Б1.В.01
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Теоретические основы электротехники
2.1.2	Электрические машины
2.1.3	Электрические станции и подстанции
2.1.4	Переходные процессы в электроэнергетических системах
2.1.5	Электроэнергетические системы и сети
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Оперативно-диспетчерское управление
2.2.2	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.3	Системы автоматизации диспетчерского управления

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**ПК-4.1: Демонстрирует знания правил технической эксплуатации объектов профессиональной деятельности****ПК-4.2: Рассчитывает параметры и режимы работы технологического оборудования объектов профессиональной деятельности****ПК-2.2: Выбирает оптимальные технические решения для проектирования объектов профессиональной деятельности****ПК-2.3: Выбирает оборудование объектов профессиональной деятельности на различных стадиях проектирования****ПК-1.1: Выполняет сбор и анализ данных на предпроектное обследование для проектирования объектов профессиональной деятельности****ПК-1.2: Определяет характеристики объектов профессиональной деятельности****ОПК-6.1: Выбирает средства измерения, проводит измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1 Знать:	
3.1.1	Конструкцию и принцип работы измерительных преобразователей тока и напряжения, схемы включения
3.1.2	Основные принципы и схемы построения защит электрических сетей
3.1.3	Критерии выбора уставок релейной защиты
3.1.4	Основные технические решения в области релейной защиты и автоматизации электроэнергетических сетей
3.1.5	Порядок и условия выбора устройств релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем
3.1.6	Правила технической эксплуатации объектов электроэнергетики
3.1.7	Виды повреждений в электроэнергетических системах, порядок их расчета
3.2 Уметь:	
3.2.1	Выбирать параметры измерительных преобразователей тока и напряжения
3.2.2	Анализировать схемы релейной защиты объектов профессиональной деятельности
3.2.3	Выбирать уставки релейной защиты
3.2.4	Выбирать техническое решение релейной защиты и автоматизации объекта электроэнергетики
3.2.5	Выбирать устройства релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем
3.2.6	Пользоваться правилами технической эксплуатации объектов электроэнергетики
3.2.7	Рассчитывать аварийные и ненормальные режимы электроэнергетических систем
3.3 Владеть:	
3.3.1	Навыками выбора измерительных преобразователей тока и напряжения
3.3.2	Навыками анализа схем релейной защиты объектов профессиональной деятельности
3.3.3	Навыками определения уставок релейной защиты
3.3.4	Навыками выбора оптимального технического решения системы релейной защиты
3.3.5	Навыками выбора устройств релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем
3.3.6	Навыками применения правил технической эксплуатации объектов электроэнергетики
3.3.7	Навыками расчета аварийных и ненормальных режимов электроэнергетических систем

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Примечание
	Раздел 1. Введение. Элементы устройств релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем					
1.1	Задачи дисциплины. Краткая история развития техники РЗА. Перспективы развития устройств и систем РЗА. /Ср/	4	2	ПК-1.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1	
1.2	Электромеханические устройства сравнения сигналов и измерительные органы релейного действия. Каналы связи в релейной защите и автоматизации электроэнергетических систем. Источники оперативного питания релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем. /Ср/	4	2	ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2 Э1	
1.3	Микропроцессорные устройства защиты. Особенности построения и эксплуатации. /Ср/	4	2	ПК-4.1 ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1	
1.4	Измерительные органы релейной защиты. Принципы действия и способы выполнения измерительных органов. Исполнительные элементы устройств релейной защиты и автоматики. Измерительные преобразователи тока и напряжения. /Ср/	4	2	ПК-1.2 ОПК-6.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2 Э1	

1.5	Расчет нагрузки трансформатора тока /Ср/	4	2	ПК-4.2 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-1.1 ПК-1.2 ОПК-6.1	Л2.1 Л2.2 Э1	
1.6	Расчет нагрузки трансформатора напряжения /Ср/	4	2	ПК-4.2 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-1.1 ПК-1.2 ОПК-6.1	Л2.1 Л2.2 Э1	
Раздел 2. Релейная защита электроэнергетических систем						
2.1	Виды повреждений и ненормальных режимов ЛЭП. Принцип действия и выбор параметров максимальной токовой защиты (МТЗ) ЛЭП. Оценка чувствительности МТЗ. Принцип действия и расчет токовых отсечек без выдержки и с выдержкой времени. Оценка чувствительности токовых отсечек. Защиты с абсолютной избирательностью. Дифференциальные защиты. Назначение и виды защит. Защита линий электропередачи. Принцип действия дифференциальных высокочастотных защит. /Лек/	4	1	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1	
2.2	Дистанционные защиты линий электропередачи. Характеристики срабатывания. Принцип действия и оценка чувствительности. Виды повреждений и ненормальных режимов трансформаторов. Релейная защита системных трансформаторов связи, цеховых трансформаторов и трансформаторов центров питания. Виды повреждений и ненормальных режимов электродвигателей. Релейная защита электродвигателей, синхронных компенсаторов. /Лек/	4	1	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1	
2.3	Релейная защита шин и требования, предъявляемые к этим защитам. Принципы выполнения защиты шин. /Ср/	4	2	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1	
2.4	Защита генераторов от многофазных КЗ, однофазных замыканий в обмотке статора, от замыканий на землю в цепи возбуждения генератора. /Ср/	4	2	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1	
2.5	Защита генераторов от внешних КЗ; защита от перегрузки и от повышения напряжения; защита от потери возбуждения. /Ср/	4	2	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1	
2.6	Релейная защита сетей 0,4 кВ. Предпроектное обследование систем РЗА. Эксплуатация систем РЗА /Ср/	4	2	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1	
2.7	Расчёт релейной защиты ЛЭП /Пр/	4	1	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-1.1 ПК-1.2	Л2.1 Л2.2 Э1	
2.8	Расчёт релейной защиты трансформаторов /Пр/	4	1	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-1.1 ПК-1.2	Л2.1 Л2.2 Э1	

2.9	/Ср/	4	12	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-1.1 ПК-1.2 ОПК-6.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1	
Раздел 3. Основы цифровых подстанций						
3.1	Введение в цифровую подстанцию. Обзор глав международного стандарта МЭК (IEC) 61850. Архитектура построения цифровых подстанций. Концепция архитектуры цифровой подстанции. Элементы коммуникационной сети и адресация. Топологии построения коммуникационной сети. Технологии оптимизации трафика в сети. Протоколы передачи данных. Типы сообщений для передачи данных. Протокол Sampled Values. /Лек/	5	1	ПК-4.2 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-1.1 ПК-1.2 ОПК-6.1	Л1.2 Л1.3 Э1	
3.2	Протоколы передачи данных. Протокол GOOSE. Протокол MMS. Оценка загрузки коммуникационной сети. Синхронизация времени на цифровых энергообъектах. Проблемы синхронизации устройств. Классификация методов синхронизации. Способы обеспечения синхронизации. Сигнал 1PPS. Протокол IRIG-B. Протоколы NTP , SNTP . Протокол RTP. /Лек/	5	2	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.2 ПК-1.1 ПК-1.2 ОПК-6.1	Л1.2 Л1.3 Э1	
3.3	Конфигурирование цифровых подстанций. Отличия в проектировании цифровых и традиционных подстанций. Объектная модель стандарта IEC 61850.Этапы конфигурирования цифровых подстанций. Создание конфигураций подстанций и связанные с этим проблемы. Компоновка логических устройств Язык описания конфигурации цифровых подстанций SCL. /Лек/	5	1	ПК-4.2 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.2 Л1.3 Э1	
3.4	Изучение архитектуры цифровых подстанций и компоновки логических устройств /Пр/	5	1	ПК-4.2	Л2.1 Э1	
3.5	Расчёт релейной защиты электродвигателей /Пр/	5	1	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-1.1 ПК-1.2	Л2.1 Л2.2 Э1	
3.6	Расчёт релейной защиты шин /Пр/	5	1	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-1.1 ПК-1.2	Л2.1 Л2.2 Э1	
3.7	Расчет уставок защит 0,4 кВ /Пр/	5	1	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-1.1 ПК-1.2	Л2.1 Л2.2 Э1	
3.8	Испытание, расчет и настройка релейной защиты ЛЭП /Лаб/	5	1	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-1.1 ПК-1.2 ОПК-6.1	Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1	
3.9	Испытание, расчет и настройка релейной защиты трансформаторов. /Лаб/	5	2	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-1.1 ПК-1.2 ОПК-6.1	Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1	

3.10	Испытание, расчет и настройка релейной защиты электродвигателей /Лаб/	5	1	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-1.1 ПК-1.2 ОПК-6.1	Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1	
3.11	/Ср/	5	56	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1	
3.12	/Контр.раб./	5	0			
3.13	/ЗачётСОц/	5	4	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-1.1 ПК-1.2 ОПК-6.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1	
Раздел 4. Автоматика электроэнергетических систем						
4.1	Классификация, назначение и выполнение устройств системной автоматики. Автоматическое повторное включение (АПВ) электрооборудования. Основные технические требования. Классификация способов осуществления АПВ. Основные органы, расчет и выбор параметров и схем устройств АПВ ЛЭП. Автоматическое включение резерва (АВР). Основные технические требования, предъявляемые к устройствам АВР. Основные органы, расчет и выбор параметров и схемы устройств АВР. Особенности работы устройств АВР при наличии синхронной нагрузки. /Лек/	5	1	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1	
4.2	Автоматическая частотная разгрузка (АЧР). Назначение, особенности выполнения, выбор параметров и схемы устройств АЧР. Согласование действий устройства релейной защиты, АЧР, АПВ, АВР. Частотное АПВ (ЧАПВ). Система автоматического отключения нагрузки. Автоматическое включение синхронных генераторов на параллельную работу. Устройства противоаварийной автоматики, предназначенные для ликвидации асинхронного режима и для предотвращения нарушения устойчивости. Система мониторинга переходных режимов. /Лек/	5	1	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1	
4.3	Автоматическое повторное включение /Лаб/	5	2	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-1.2	Л3.1 Л3.2 Э1	
4.4	Автоматическое включение резерва /Лаб/	5	2	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-1.2	Л3.1 Л3.2 Э1	
4.5	/Ср/	5	25	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1	
Раздел 5. Режимная автоматика электроэнергетических систем						

5.1	Основные принципы действия устройств автоматического регулирования возбуждения (АРВ) синхронных генераторов с различными системами возбуждения. Регулирование напряжения и реактивной мощности в системах электроснабжения устройствами АРВ. Автоматическое регулирование частоты вращения синхронных генераторов. Центробежный регулятор частоты вращения. /Лек/	5	1	ПК-4.2 ПК-2.2 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1	
5.2	Автоматические устройства, обеспечивающие управление режимами работы трансформаторов. Особенности защиты трансформаторов, работающих без выключателей на стороне высшего напряжения. Автоматическое регулирование напряжения. Регулирование напряжения выносными трансформаторами. Автоматическое регулирование коэффициента трансформации. Регулирование напряжения с помощью БСК. Регулирование активной мощности и перетоков. Система мониторинга запасов устойчивости. /Лек/	5	1	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1	
5.3	Расчет и выбор параметров системы автоматического регулирования напряжения /Пр/	5	2	ПК-4.2 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1	
5.4	Изучение системы мониторинга запаса устойчивости, системы мониторинга переходных режимов /Пр/	5	2	ПК-4.2 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.2Л2.1Л3.2 Э1	
5.5	/Ср/	5	26	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-1.1 ПК-1.2 ОПК-6.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1	
5.6	/Контр.раб./	5	0	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-1.1 ПК-1.2 ОПК-6.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1	
5.7	/Экзамен/	5	9	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-2.2 ПК-2.3 ПК-1.1 ПК-1.2 ОПК-6.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1	

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

5.1. Контрольные вопросы и задания

Представлены отдельным документом

5.2. Темы письменных работ

Представлены отдельным документом

5.3. Фонд оценочных средств

Представлены отдельным документом

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)				
6.1. Рекомендуемая литература				
6.1.1. Основная литература				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л1.1	Андреев М.В., Рубан Н.Ю.	Релейная защита электроэнергетических систем: Учебное пособие	Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2018, электронный ресурс	1
Л1.2	Куксин, А. В.	Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем: учебное пособие	Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2020, электронный ресурс	1
Л1.3	Горемыкин С.А.	Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем: Учебное пособие	Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2021, электронный ресурс	1
6.1.2. Дополнительная литература				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л2.1	Агафонов А.И., Бростилова Т.Ю., Джазовский Н.Б.	Современная релейная защита и автоматика электроэнергетических систем: учебное пособие	Москва: Инфра-Инженерия, 2020, электронный ресурс	2
Л2.2	Ершов, А. М.	Релейная защита в системах электроснабжения напряжением 0,38-110 кВ: учебное пособие для практических расчетов	Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2020, электронный ресурс	1
6.1.3. Методические разработки				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л3.1	Ханин Ю.❖?	Релейная защита и автоматизация систем электроснабжения: Лабораторный практикум	Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский государственный аграрный университет, 2018, электронный ресурс	1
Л3.2	Мамаев, В. А., Звада, П. А., Кононова, Н. Н., Ревенко, П. М.	Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем: учебное пособие (лабораторный практикум)	Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2019, электронный ресурс	1
6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"				

Э1	Информационный портал по релейной защите Проект РЗА
6.3.1 Перечень программного обеспечения	
6.3.1.1	Пакет прикладных программ Microsoft Office;
6.3.1.2	Операционная система Windows
6.3.2 Перечень информационных справочных систем	
6.3.2.1	Многопрофильный образовательный ресурс «Консультант студента»;
6.3.2.2	Научная электронная библиотека;
6.3.2.3	Государственная публичная научно-техническая библиотека России (ГПНТБ России);
6.3.2.4	http://www.garant.ru Информационно-правовой портал Гарант.ру;
6.3.2.5	http://www.consultant.ru/ Справочно-правовая система Консультант Плюс

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1	Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа (практических занятий), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения (доска, экран (стационарный или переносной), проектор). Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечения доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.
-----	---