ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей кафедрой

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Горожанкин А. Н.
Пользователь: gorozhankinan
Дата подписания: 26.05.2023

А. Н. Горожанкин

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.М3.07 Релейная защита и автоматика цифровых подстанций
для направления 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
уровень Магистратура
магистерская программа Интеллектуальные электроэнергетические системы и сети
форма обучения очная
кафедра-разработчик Электрические станции, сети и системы электроснабжения

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, утверждённым приказом Минобрнауки от 28.02.2018 № 147

Зав.кафедрой разработчика,
к.техн.н., доц.

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Горожанкин А. Н.
Пользователь: gorozhankinan
Дата подписания: 26.05.2023

А. Н. Горожанкин

Разработчик программы,
к.техн.н., доц., доцент

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Андреев А. Н.
Пользователь: anandreev
Дата подписания: 26.05.2023

А. Н. Андреев

Челябинск

1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является приобретение теоретических и практических знаний в области проектирования, эксплуатации и обслуживания современных комплексов микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики цифровых подстанций. Задачи дисциплины: изучение принципов действия основных видов релейной защиты и автоматики и основных видов алгоритмов микропроцессорных устройств, их реализующих; изучение особенностей реализации функций релейной защиты и автоматики на цифровых подстанциях; приобретение навыков программирования функций релейной защиты и автоматики; умение осуществлять настройку параметров обмена данными между интеллектуальными устройствами комплекса РЗА цифровой подстанции; изучение настройки основных параметров интеллектуальных устройств цифровой подстанции: цифровых измерительных трансформаторов тока и напряжения, цифровых выключателей, микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики.

Краткое содержание дисциплины

Дисциплина включает следующие разделы: типовые функции комплексов релейной защиты и автоматики цифровых подстанций, особенности реализации комплексов релейной защиты и автоматики на цифровых подстанциях.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен принимать организационно-управленческие решения при работе на объектах профессиональной деятельности	Знает: Архитектуру современных микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики цифровых подстанций. Принципы действия основных видов релейной защиты и автоматики и основные виды алгоритмов микропроцессорных устройств, их реализующие. Основы проектирования релейной защиты и автоматики цифровых подстанций. Умеет: Производить выбор видов релейной защиты и автоматики (РЗА) и рассчитывать параметры микропроцессорных устройств РЗА. Видоизменять типовые алгоритмы работы цифровых свободно-программируемых устройств РЗА в зависимости от нормативных требований и конкретной сферы применения. Осуществлять настройку параметров обмена данными между интеллектуальными устройствами комплекса РЗА цифровой подстанции. Имеет практический опыт: Программирования и настройки основных параметров интеллектуальных устройств цифровой подстанции: цифровых измерительных трансформаторов тока и напряжения, цифровых выключателей, микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Инновационное электрооборудование, Системная и противоаварийная автоматика, Устойчивость электроэнергетических систем, Интеллектуальные электроэнергетические системы	Цифровые технологии оперативного управления режимами, Методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов, Оптимальное управление электрическими системами на базе иерархических моделей, Автоматизированные системы управления технологическим процессом, Эксплуатационная надежность и диагностика, Производственная практика (преддипломная) (4 семестр)

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Интеллектуальные электроэнергетические системы	Знает: Методы исследования и анализа режимов интеллектуальных электроэнергетических сетей и систем, Основное оборудование сложнозамкнутых электрических сетей и систем, выполненных с применением устройств интеллектуального управления. Схемы замещения и математические модели высоковольтных линий электропередачи, трансформаторов, синхронных генераторов, нагрузок, применяемые в расчетах установившихся режимов. Методы расчета и моделирования установившихся режимов сложнозамкнутых электрических сетей. Способы и методы регулирования и оптимизации параметров режимов электрических сетей и основы компенсации реактивной мощности в электрических сетях. Умеет: Анализировать режимы и условия работы электрооборудования путем обобщения результатов исследования, Разрабатывать программы инновационного развития электроэнергетических сетей и систем. Выполнять расчеты и оптимизировать режимы работы электрических сетей и систем, выполненных с применением устройств интеллектуального управления. Имеет практический опыт: Исследования режимов и условий работы электрооборудования интеллектуальных электроэнергетических сетей и систем, Технико-экономического расчета и анализа режимов сложнозамкнутых электрических сетей с применением ЭВМ и специализированных программных средств.
Системная и противоаварийная автоматика	Знает: Принципы автоматического

	регулирования частоты и мощности в энергосистеме, управления возбуждением синхронных машин, автоматическое включение синхронных генераторов на параллельную работу. Классификацию устройств противоаварийной автоматики и автоматики нормального режима. Алгоритмы работы автоматики предотвращения нарушения устойчивости (АПНУ), автоматики ликвидации асинхронного режима (АЛАР), автоматики, реагирующей на изменение напряжения в сети (АОСН и АОПН). Принципы передачи данных по каналам связи. Умеет: Анализировать логику работы устройств автоматического управления и исследовать их взаимодействия с устройствами релейной защиты Имеет практический опыт: Выбора и проверки уставок устройств автоматического управления объектами электроэнергетической системы
Инновационное электрооборудование	Знает: Технологическую часть электрических станций, выполненных по современным технологиям: газотурбинные электростанция с комбинированным циклом, ветро- и солнечные электростанции, гидроэлектростанции и малая генерация. Главные электрические схемы электрических станций и подстанций. Системы собственных нужд электростанций и подстанций. Современные технологии коммутации электрических цепей и гашения электрической дуги, современные коммутационные аппараты. Инновационные системы измерений и перспективные измерительные приборы, такие как цифровые и оптические измерительные трансформаторы тока, измерительные трансформаторы напряжения, комбинированные устройства измерения. Умеет: Разрабатывать программы инновационного развития объектов электроэнергетической системы с применением современного электрооборудования. Имеет практический опыт: Сравнения и оценки технических и стоимостных показателей технологических схем и электрооборудования для объектов электроэнергетической системы.
Устойчивость электроэнергетических систем	Знает: Особенности развития и моделирования переходных процессов в электроэнергетических системах. Основные понятия об устойчивости энергосистемы, синхронного генератора, узла асинхронной нагрузки, знает виды устойчивости. Современные средства и способы обеспечения устойчивости электроэнергетических систем. Умеет: Применять практические методики расчёта переходных процессов в электроэнергетических системах с использованием справочной или иной информации для оценки допустимости режимов

	работы электроэнергетических систем. Оценивать допустимость режимов по условиям устойчивости. Имеет практический опыт: Анализа устойчивости электроэнергетических систем с применением ЭВМ и специализированных программных средств, а также регулирования режимов в простейших электроэнергетических системах.

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 75,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		2
Общая трудоёмкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия:	64	64
Лекции (Л)	32	32
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
Самостоятельная работа (СРС)	68,5	68,5
Выполнение курсового проекта "Разработка интегрированного микропроцессорного устройства РЗА вводного выключателя РУ 10кВ"	40	40
Подготовка к экзамену	8,5	8.5
Подготовка к лабораторным работам	20	20
Консультации и промежуточная аттестация	11,5	11,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен,КП

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Типовые функции комплексов релейной защиты и автоматики цифровых подстанций	48	16	16	16
2	Особенности реализации комплексов релейной защиты и автоматики на цифровых подстанциях	16	16	0	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Основные функции современных микропроцессорных устройств РЗА электрических станций и подстанций	2

2	1	Реализация функции АПВ. Требования, предъявляемые к устройствам АПВ.	2
3	1	Реализация АПВ на линиях с односторонним питанием. Расчет уставок АПВ.	2
4	1	Ускорение действия релейной защиты при АПВ.	2
5	1	Особенности реализации АПВ на линиях с двухсторонним питанием.	2
6	1	АПВ с контролем синхронизма.	2
7	1	Реализация функции автоматического включения резерва.	2
8	1	Реализация функции автоматической частотной разгрузки.	2
9	2	Общие принципы построения цифровых подстанций, ключевые отличия и возможности.	2
10	2	Объектно-ориентированная модель системы автоматического управления цифровой подстанции.	2
11	2	Топология обмена данными и информационная модель системы автоматизации.	2
12	2	Логические узлы и структуры данных при реализации сервисов обмена данными.	2
13	2	Моделирование интеллектуальных устройств РЗА с применением МЭК-61850.	2
14	2	Передача данных с измерительных трансформаторов тока и напряжения. Протокол передачи данных SV.	2
15	2	Управление коммутационными аппаратами, обмен данными между микропроцессорными устройствами РЗА. Протокол передачи данных GOOSE.	2
16	2	Удаленное управление интеллектуальными устройствами цифровой подстанции по протоколу MMS.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Разработка структурной схемы микропроцессорного устройства РЗА, определение состава и назначения входных/выходных сигналов. Разработка схем подключения вторичных измерительных цепей и цепей управления. Разработка алгоритма дистанционного управления выключателем по двухканальной схеме управления.	4
2	1	Разработка алгоритма двухступенчатой токовой защиты с независимой выдержкой времени.	4
3	1	Разработка алгоритма двухступенчатого автоматического повторного включения.	4
4	1	Разработка алгоритма реализации логической защиты сборных шин. Разработка алгоритма реализации функции резервирования отказов выключателей.	4

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	1	Реализация и исследование работы микропроцессорного устройства дистанционного управления выключателем.	4
2	1	Реализация и исследование работы функции двухступенчатой токовой защиты с независимой выдержкой времени.	4

3	1	Реализация и исследование работы функции двухступенчатого автоматического повторного включения.	4
4	1	Реализация и исследование работы функций логической защиты сборных шин и резервирования отказов выключателей.	4

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Выполнение курсового проекта "Разработка интегрированного микропроцессорного устройства РЗА вводного выключателя РУ 10кВ"	Дьяков, А. Ф. Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем. Учеб. пособие для вузов по направлению 140200 "Электроэнергетика" А. Ф. Дьяков, Н. И. Овчаренко. - 2-е изд., стер. - М.: Издательский дом МЭИ, 2010. Главы 4-5, стр. 90-158.	2	40
Подготовка к экзамену	Басс, Э. И. Релейная защита электроэнергетических систем. Учеб. пособие для вузов по направлению 551700 "Электроэнергетика" по дисциплине "Релейная защита электроэнергет. систем" Э. И. Басс, В. Г. Дорогунцев ; под ред. А. Ф. Дьякова. - 2-е изд., стер. - М.: Издательство МЭИ, 2006. Стр. 30-103.	2	8,5
Подготовка к лабораторным работам	Андреев А.Н. Реализация устройств релейной защиты и автоматики с применением микроконтроллеров типа FPC101AF: учебное пособие к лабораторным работам / А.Н. Андреев, А.Н. Садовников. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. – стр. 5-26.	2	20

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учи-тыва-ется в ПА
1	2	Проме-жуточная аттестация	Экзамен	-	40	Баллы начисляются за ответы на вопросы в билете. Билет содержит один вопрос. Ответ на вопрос оценивается максимум в 40 баллов. За правильный	экзамен

						развернутый ответ на поставленный вопрос начисляется 40 баллов. Если ответ неполон или неточен или допущены ошибки, но при этом студент дал правильный исчерпывающий ответ на дополнительный или наводящий вопрос, то начисляется 30 баллов. Если ответ студента на дополнительный/наводящий вопрос неполон или неточен, то 25 баллов. В остальных случаях 0 баллов. Для студентов, набравших на экзамене 0 баллов за ответы на оба вопроса, мероприятие не засчитывается и расчёт итогового рейтинга по дисциплине не производится.	
2	2	Курсовая работа/проект	Разработка интегрированного микропроцессорного устройства РЗА вводного выключателя РУ 10кВ.	-	60	Проект должен быть выполнен в соответствии с индивидуальным заданием и оформлен в соответствии с требованиями стандарта ЮУрГУ на оформление курсовых и дипломных проектов. Критерии начисления баллов: 60 баллов – если курсовой проект сдан в срок, правильно реализованы все функции перечисленные в индивидуальном задании, представлены верные электрические схемы, все принятые решения обоснованы, ход выполнения проекта сопровождается исчерпывающими комментариями и пояснениями, имеются ссылки на использованные источники информации, отсутствуют замечания к оформлению задания; 50 баллов – если имеются недочеты, не влияющие на конечный результат и/или проект сдан с опозданием; 40 баллов – если реализовано более 75% функций, перечисленных в индивидуальном задании, нет претензий к графической части, содержанию и оформлению проекта; 30 баллов – если реализовано более 50% функций, перечисленных в индивидуальном задании, имеются ошибки в электрических схемах, есть замечания к оформлению проекта; 20 баллов – если реализовано менее 50% всех функций,	кур-совые проекты

						представленных в индивидуальном задании, имеются грубые ошибки и неточности; в остальных случаях 0 баллов. Проект засчитывается, если его оценка составила не менее 30 баллов (50%), в противном случае преподаватель возвращает проект студенту на исправление или доработку.	
3	2	Курсовая работа/проект	Защита курсового проекта	-	40	Защита курсового проекта выполняется в виде теста. Тест состоит из 10 вопросов, баллы начисляются за каждый вопрос. За правильный ответ на вопрос начисляется 4 балла. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Тест считается пройденным, если студент набрал не менее 20 баллов (50%).	кур-совые проекты
4	2	Текущий контроль	Тест №1. Общие принципы построения цифровых подстанций, ключевые отличия и возможности.	1	15	Тест состоит из 1 вопроса. Вопрос содержит один или несколько правильных ответов. При выборе всех правильных ответов на вопрос начисляется 15 баллов. При частично-правильном ответе на вопрос начисляется от 1 до 14 баллов. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Тест считается пройденным, если студент набрал не менее 9 баллов (60%).	экзамен
5	2	Текущий контроль	Тест №2. Топология обмена данными и информационная модель системы автоматизации.	1	15	Тест состоит из 2 вопросов, баллы начисляются за каждый вопрос. За правильный ответ на первый вопрос начисляется 7 баллов, за правильный ответ на 2 вопрос начисляется 8 баллов. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Тест считается пройденным, если студент набрал не менее 9 баллов (60%).	экзамен
6	2	Текущий контроль	Тест №3. Логические узлы и структуры данных при реализации сервисов обмена данными.	1	15	Тест состоит из 5 вопросов, баллы начисляются за каждый вопрос. За правильный ответ на вопрос начисляется 3 балла. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Тест считается пройденным, если студент набрал не менее 9 баллов (60%).	экзамен
7	2	Текущий контроль	Тест №4. Моделирование	1	15	Тест состоит из 5 вопросов, баллы начисляются за каждый вопрос. За	экзамен

			интеллектуальных устройств РЗА с применением МЭК-61850.			правильный ответ на вопрос начисляется 3 балла. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Тест считается пройденным, если студент набрал не менее 9 баллов (60%).	

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
курсовые проекты	Защита курсового проекта проводится в виде тестирования. Итоговая оценка за курсовой проект складывается из максимально возможных 60 баллов за содержание курсового проекта и максимально возможных 40 баллов за защиту. Таким образом, максимально возможная итоговая оценка за курсовой проект составляет 100 баллов. Оценка "отлично" выставляется в ведомость в случае, если итоговая оценка составила от 85 до 100 баллов, "хорошо" - если итоговая оценка составила от 70 до 84 баллов, "удовлетворительно" - если итоговая оценка составила от 55 до 69 баллов. В остальных случаях проставляется оценка "неудовлетворительно".	В соответствии с п. 2.7 Положения
экзамен	Экзамен проводится в письменной форме по билетам. Каждому студенту выдается билет, в котором содержится 1 вопрос из списка экзаменационных вопросов. Для письменного ответа на билет отводится не более 1,5 астрономических часа. Дисциплина считается освоенной, если студент успешно сдал экзамен и его итоговый рейтинг по дисциплине составил не менее 55%. В этом случае в ведомость выставляется оценка "отлично" - если итоговый рейтинг составил от 85 до 100%, "хорошо" - если итоговый рейтинг составил от 70 до 84%, "удовлетворительно" - если итоговый рейтинг составил от 55 до 69%. В остальных случаях проставляется оценка "неудовлетворительно".	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ						
		1	2	3	4	5	6	7
ПК-1	Знает: Архитектуру современных микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики цифровых подстанций. Принципы действия основных видов релейной защиты и автоматики и основные виды алгоритмов микропроцессорных устройств, их реализующие. Основы проектирования релейной защиты и автоматики цифровых подстанций.	+			+	+	+	+
ПК-1	Умеет: Производить выбор видов релейной защиты и автоматики (РЗА) и рассчитывать параметры микропроцессорных устройств РЗА. Видоизменять типовые алгоритмы работы цифровых свободно-программируемых устройств РЗА в зависимости от нормативных требований и конкретной сферы применения. Осуществлять настройку параметров обмена данными между интеллектуальными устройствами комплекса РЗА цифровой подстанции.		+	+				

ПК-1	Имеет практический опыт: Программирования и настройки основных параметров интеллектуальных устройств цифровой подстанции: цифровых измерительных трансформаторов тока и напряжения, цифровых выключателей, микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики		+	+				

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Басс, Э. И. Релейная защита электроэнергетических систем [Текст] учеб. пособие для вузов по направлению 551700 "Электроэнергетика" по дисциплине "Релейная защита электроэнергет. систем" Э. И. Басс, В. Г. Дорогунцев ; под ред. А. Ф. Дьякова. - 2-е изд., стер. - М.: Издательство МЭИ, 2006. - 294,[1] с. ил.
2. Дьяков, А. Ф. Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем [Текст] учеб. пособие для вузов по направлению 140200 "Электроэнергетика" А. Ф. Дьяков, Н. И. Овчаренко. - 2-е изд., стер. - М.: Издательский дом МЭИ, 2010. - 335 с. ил. 2 отд. л. схем

б) дополнительная литература:

1. Федосеев, А. М. Релейная защита электроэнергетических систем Для вузов по спец."Автомат. управление электроэнерг. системами". - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Эгергоатомиздат, 1992. - 526,[1] с. ил.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Андреев А.Н. Реализация устройств релейной защиты и автоматики с применением микроконтроллеров типа FPC101AF: учебное пособие к лабораторным работам / А.Н. Андреев, А.Н. Садовников. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. – 41 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Андреев А.Н. Реализация устройств релейной защиты и автоматики с применением микроконтроллеров типа FPC101AF: учебное пособие к лабораторным работам / А.Н. Андреев, А.Н. Садовников. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. – 41 с.

Электронная учебно-методическая документация

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лабораторные занятия	143 (1)	Лабораторный стенд "Модель электрической системы с релейной защитой" МЭС-РЗ-СК 5 шт.