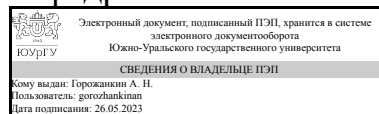


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий выпускающей  
кафедрой



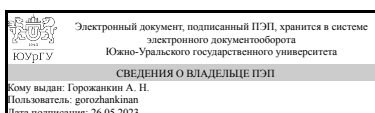
А. Н. Горожанкин

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины 1.Ф.М1.07 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** заочная  
**кафедра-разработчик** Электрические станции, сети и системы электроснабжения

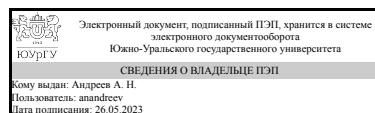
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, утверждённым приказом Минобрнауки от 28.02.2018 № 147

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



А. Н. Горожанкин

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



А. Н. Андреев

## 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
<p>Инновационное электрооборудование, Интеллектуальные электроэнергетические системы, Устойчивость электроэнергетических систем, Активно-адаптивные электрические сети, Учебная практика (ознакомительная) (2 семестр)</p>	<p>Автоматизированные системы управления технологическим процессом, Цифровые технологии оперативного управления режимами, Методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов, Оптимальное управление электрическими системами на базе иерархических моделей, Производственная практика (преддипломная) (5 семестр)</p>

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

Дисциплина	Требования
Интеллектуальные электроэнергетические системы	<p>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.</p>
Активно-адаптивные электрические сети	<p>Знает: Виды и функциональные свойства устройств управления режимами</p>

	<p>электроэнергетических систем, реализованных на базе силовой электроники. Вставки и передачи постоянного тока, источники реактивной мощности, выполненные на основе преобразователей тока и напряжения. Устройства компенсации и гибкого (активно-адаптивного) управления режимами электрических сетей. Умеет: Анализировать установившиеся и переходные режимы электроэнергетических систем с элементами гибкого (активно-адаптивного) управления, реализованными на базе силовой электроники. Имеет практический опыт: Техничко-экономического расчета и анализа режимов активно-адаптивных электрических сетей с применением ЭВМ и специализированных программных средств.</p>
<p>Устойчивость электроэнергетических систем</p>	<p>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.</p>
<p>Инновационное электрооборудование</p>	<p>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</p>

	современного электрооборудования. Имеет практический опыт: Сравнения и оценки технических и стоимостных показателей технологических схем и электрооборудования для объектов электроэнергетической системы.
Учебная практика (ознакомительная) (2 семестр)	Знает: Виды и особенности профессиональной деятельности, профессиональную терминологию Умеет: Организовать себя и организовать работу малых коллективов для решения профессиональных задач. Формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде научно-технического отчета Имеет практический опыт: Постановки и решения профессиональных задач

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 19,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	
Общая трудоёмкость дисциплины	144	144	
<i>Аудиторные занятия:</i>	16	16	
Лекции (Л)	8	8	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	4	4	
Лабораторные работы (ЛР)	4	4	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	124,5	124,5	
Выполнение курсового проекта "Разработка интегрированного микропроцессорного устройства РЗА вводного выключателя РУ 10кВ"	50	50	
Подготовка к лабораторным работам	60	60	
Подготовка к экзамену	14,5	14,5	
Консультации и промежуточная аттестация	3,5	3,5	
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	12	4	4	4
2	Особенности реализации комплексов релейной защиты и автоматики на цифровых подстанциях	4	4	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. Реализация функции АПВ. Требования, предъявляемые к устройствам АПВ. Реализация АПВ на линиях с односторонним питанием. Расчет уставок АПВ. Ускорение действия релейной защиты при АПВ.	2
2	1	Особенности реализации АПВ на линиях с двухсторонним питанием. АПВ с контролем синхронизма. Реализация функции автоматического включения резерва. Реализация функции автоматической частотной разгрузки.	2
3	2	Общие принципы построения цифровых подстанций, ключевые отличия и возможности. Объектно-ориентированная модель системы автоматического управления цифровой подстанцией. Топология обмена данными и информационная модель системы автоматизации. Логические узлы и структуры данных при реализации сервисов обмена данными.	2
4	2	Моделирование интеллектуальных устройств РЗА с применением МЭК-61850. Передача данных с измерительных трансформаторов тока и напряжения. Протокол передачи данных SV. Управление коммутационными аппаратами, обмен данными между микропроцессорными устройствами РЗА. Протокол передачи данных GOOSE. 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. Разработка алгоритма двухступенчатой токовой защиты с независимой выдержкой времени.	2
2	1	Разработка алгоритма двухступенчатого автоматического повторного включения. Разработка алгоритма реализации логической защиты сборных шин. Разработка алгоритма реализации функции резервирования отказов выключателей.	2

## 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. Реализация и исследование работы функции двухступенчатой токовой защиты с независимой выдержкой времени.	2
2	1	Реализация и исследование работы функции двухступенчатого автоматического повторного включения. Реализация и исследование работы функций логической защиты сборных шин и резервирования отказов выключателей. 4	2

## 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.	3	50
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.	3	60
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.	3	14,5

## 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	Учитывается в ПА
1	3	Промежуточная 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 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	экзамен

						<p>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.</p>	
2	3	Курсовая работа/проект	<p>Разработка интегрированного микропроцессорного устройства РЗА вводного выключателя РУ 10кВ.</p>	-	60	<p>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, 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</p>	кур- совые проекты



						противном случае преподаватель возвращает проект студенту на исправление или доработку.	
3	3	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%).	курсовые проекты
4	3	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	3	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	3	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	3	Текущий контроль	Тест №4. Моделирование интеллектуальных устройств РЗА с применением МЭК-61850.	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

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	<p>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.</p> <p>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".</p>	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения
курсовые проекты	<p>Защита курсового проекта проводится в виде тестирования.</p> <p>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".</p>	В соответствии с п. 2.7 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.: Энергоатомиздат, 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	№	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника,
-------------	---	--

	ауд.	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.