

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
**«ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени В.И. ЛЕНИНА»**
ЦЕНТР КОМПЕТЕНЦИЙ ПО РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЕ И АВТОМАТИКЕ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор ИГЭУ

В.В. Тютиков

« 30 » сентября 2024 г.

ПРОГРАММА
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
**«РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ»**

Директор центра компетенций РЗА

Д.Е. Гуревич

« 25 » июля 2024 г.

1. **Категория слушателей:** инженеры и специалисты служб релейной защиты и автоматики атомных электростанций.
2. **Цель обучения:** повышение квалификации путём формирования у слушателей теоретических и практических знаний в области эксплуатации и наладки оборудования цифровых подстанций
3. **Форма обучения:** очная (с полным отрывом от производства).
4. **Продолжительность обучения:** 74 академических часа.
5. **Учебный план**

№ п/п	Наименование разделов (модулей)	Всего, час.	Аудиторные занятия, час.	
			Лекции	Практические занятия (лабораторные работы, семинары)
1.	Цифровая подстанция	2	2	-
2.	Локальные вычислительные сети	14	8	6
3.	Синхронизация устройств на цифровой подстанции	4	2	2
4.	Информационная модель устройств цифровой подстанции	4	2	2
5.	Электронное описание подстанции на языке SCL (System Configuration Language)	1	1	-
6.	Коммуникационные сервисы на цифровой подстанции в соответствии с IEC 61850	1	1	-
7.	Протокол передачи мгновенных значений тока и напряжения (Sampled Values)	6	2	4
8.	Протокол обмена информацией между устройства РЗА (GOOSE)	4	4	-
9.	Протокол передачи телеинформации и телеуправления (MMS)	4	2	2
10.	Оборудование цифровых подстанций	6	6	-
11.	Нормативно-техническая документация по цифровой подстанции	1	1	-
12.	Требования к проектной документации и экспертиза файлов электронного описания цифровой подстанции	3	1	2
13.	Кибербезопасность цифровых подстанций	4	4	-
14.	Конфигурация устройств релейной защиты и автоматики	6	-	6
15.	Испытания устройств релейной защиты и автоматики	6	2	4
16.	Работа со стендом цифровой подстанции	6	-	6
	Всего	72	38	34
	Итоговая аттестация	2	-	-
	Итого	74	-	-

6. Учебно-тематический план

№ п/п	Наименование разделов (модулей)	Всего, час.	Аудиторные занятия, час.	
			Лекции	Практические занятия (лабораторные работы, семинары)
1.	Цифровая подстанция	2	2	-
1.1.	Организация передачи данных в электроэнергетике. Протоколы стандарта IEC 61850	1	1	-
1.2.	Типы и архитектуры ЦПС. Шина процесса, шина станции, терминология, основные компоненты	1	1	-
2.	Локальные вычислительные сети	16	8	8
2.1.	Виды телекоммуникационных сетей. Базовая эталонная модель взаимодействия открытых систем (модель OSI). Основные технологии и принципы работы ЛВС. Оборудование ЛВС	3,5	3,5	-
2.2.	Основные технологии канального уровня (VLAN, QoS, агрегирование каналов, зеркалирование и др.)	6	2	6
2.3.	Резервирование локальных вычислительных сетей (RSTP, PRP, HSR)	4	2	2
2.4.	Варианты топологий локальной вычислительной сети на цифровой подстанции	0,5	0,5	-
3.	Синхронизация устройств на цифровой подстанции	4	2	2
3.1.	Виды и протоколы синхронизации	3	1	2
3.2.	Применяемое оборудование и его характеристики. Требования НТД в области синхронизации	1	1	-
4.	Информационная модель устройств цифровой подстанции	4	2	2
4.1.	Понятие, основные элементы информационной модели и основные концепции моделирования данных	0,5	0,5	-
4.2.	Информационная модель оборудования цифровой подстанции	3	1	2
4.3.	Требования стандартов ПАО «Россети» к информационной модели оборудования цифровой подстанции	0,5	0,5	-
5.	Электронное описание подстанции на языке SCL (System Configuration Language)	1	1	-
6.	Коммуникационные сервисы на цифровой подстанции в соответствии с IEC 61850	1	1	-

№ п/п	Наименование разделов (модулей)	Всего, час.	Аудиторные занятия, час.	
			Лекции	Практические занятия (лабораторные работы, семинары)
6.1.	Архитектуры передачи данных и коммуникационные сервисы ЦПС на их основе	0,8	0,8	-
6.2.	Назначение коммуникационных сервисов на конкретный протокол передачи данных	0,2	0,2	-
7.	Протокол передачи мгновенных значений тока и напряжения (Sampled Values)	6	2	4
7.1.	Передача мгновенных значений тока и напряжения. Назначение, общая характеристика. Требования протокола передачи	1	1	-
7.2.	Структура кадра данных. Требования стандартов IEC 61850-9-2, IEC 61869-9 и корпоративного профиля ПАО «ФСК ЕЭС»	1	1	-
7.3.	Оценка информационной загрузки шины процесса при передаче мгновенных значений тока и напряжения	2	-	2
7.4.	Настройка передачи мгновенных значений тока и напряжения от преобразователей аналоговых сигналов и их приёма вторичными устройствами	2	-	2
8.	Протокол обмена информацией между устройства РЗА (GOOSE)	4	4	-
8.1.	Общее объектно-ориентированное событие на подстанции (GOOSE). Назначение, общая характеристика. Требования протокола передачи данных	1	1	-
8.2.	Структура кадра данных	0,5	0,5	-
8.3.	Технические особенности и конфигурация передачи кадров по протоколу GOOSE	2	2	-
8.4.	Требования корпоративного профиля ПАО «ФСК ЕЭС» в части передачи GOOSE сообщений	0,5	0,5	-
9.	Протокол передачи телеинформации и телеуправления (MMS)	4	2	2
9.1.	Назначение, характеристика, основные отличия от других механизмов передачи данных IEC 61850	1,5	1,5	-
9.2.	Конфигурация отчетов и модели управления на языке SCL	0,5	0,5	-
9.3.	Настройка передачи телесигнализации (буферизируемые отчеты) и телеизмерений (не буферизируемые отчеты)	2	-	2

№ п/п	Наименование разделов (модулей)	Всего, час.	Аудиторные занятия, час.	
			Лекции	Практические занятия (лабораторные работы, семинары)
10.	Оборудование цифровых подстанций	4	4	-
10.1.	Виды цифровых трансформаторов тока и напряжения, их характеристики. Обзор проектов с применением цифровых трансформаторов тока и напряжения	3	3	-
10.2.	Преобразователи аналоговых и дискретных сигналов в цифровые с передачей данных по IEC 61850	0,5	0,5	-
10.3.	Требования к каналам передачи данных при работе в режиме «Информационного шторма»	0,5	0,5	-
10.4.	Решения по размещению вторичного оборудования на открытом распределительном устройстве, требования к прокладке ВОЛС на ЦПС	0,5	0,5	-
10.5.	Система бесперебойного гарантированного питания ЦПС. Требования к электромагнитной совместимости и климатическим условиям элементов ЦПС	0,5	0,5	-
11.	Нормативно-техническая документация по цифровой подстанции	1	1	-
12.	Требования к проектной документации и экспертиза файлов электронного описания цифровой подстанции	3	1	2
13.	Кибербезопасность цифровых подстанций	4	4	-
13.1.	Обзор стандартов по кибербезопасности	1	1	-
13.2.	Виды сетевых атак. Векторы атак на КИИ ЦПС	2	2	-
13.3.	Средства защиты от сетевых атак	1	1	-
14.	Конфигурация устройств релейной защиты и автоматики. Настройка приема и передачи GOOSE сообщений на ПДС/РЗА. Настройка и выполнение прямого управления и управления с предварительным выбором	6	-	6
15.	Испытания устройств релейной защиты и автоматики	6	2	4
15.1.	Современное испытательное оборудование с демонстрацией его работы. Примеры схем организации тестирования. Использование файла SCD при эксплуатации цифровой подстанции	1,4	1,4	-
15.2.	Режимы и контроль работы функций и устройств согласно IEC 61850	0,6	0,6	-

№ п/п	Наименование разделов (модулей)	Всего, час.	Аудиторные занятия, час.	
			Лекции	Практические занятия (лабораторные работы, семинары)
15.3.	Проверка соответствия файла SCD фактически реализованным системам РЗА и АСУТП, а также стабильности информационного обмена	2	-	2
15.4.	Проверка устройств РЗА	2	-	2
16.	Работа со стендом цифровой подстанции	6	-	6
16.1.	Комплексная настройка оборудования стенда ЦПС	3	-	3
16.2.	Комплексная проверка устройств РЗА	1	-	1
16.3.	Проверка взаимодействия устройств РЗА стенда ЦПС друг с другом	1	-	1
16.4.	Проверка прохождения сигналов и команд АСУ ТП	1	-	1
	Всего	72	36	36
	Итоговая аттестация	2	-	-
	Итого	74		

7. Планируемые результаты обучения

В результате изучения материалов программы «Высокоавтоматизированные (цифровые) подстанции. Основы стандарта IEC 61850» слушатели должны:

Знать:

- структуру и принципы организации основных систем цифровых подстанций;
- принципы передачи данных по локальным вычислительным сетям;
- базовую эталонную модель взаимодействия открытых систем;
- принципы работы основного сетевого оборудования;
- методы управления распространением сетевого трафика;
- принципы и протоколы резервирования передачи данных по локальным вычислительным сетям;
- протоколы синхронизации устройств на цифровой подстанции;
- основные элементы информационной модели устройства, понятие и назначение классов данных и наборов данных;
- описание функций релейной защиты, измерений, определения показателей качества в информационной модели устройства;
- сервисы и протоколы передачи данных на цифровой подстанции;
- конструкцию, преимущества, недостатки и особенности работы электронных трансформаторов тока и напряжения;
- методы конфигурации устройств цифровой подстанции;
- основные принципы создания и виды файлов, написанных на языке SCL;
- основные положения актуальной нормативно-технической документации в области реализации жизненных циклов ЦПС;
- основные подходы к проведению испытаний устройств ЦПС.

Уметь:

- проектировать и настраивать локальные вычислительные сети;

- проектировать, настраивать и тестировать локальные вычислительные сети на базе протоколов резервирования RSTP, PRP и HSR;
- настраивать функции управления трафиком в коммутаторах Ethernet;
- настраивать устройства синхронизации времени по протоколам PTP, 1PPS;
- конфигурировать и параметризовать устройства ПАС и ПДС;
- анализировать сетевой трафик ЛВС ЦПС;
- настраивать передачу буферизированных и не буферизируемых отчетов, журналов событий;
- работать с цифровыми измерительными трансформаторами тока и напряжения, программно-техническим комплексом РЕТОМ-61850, программно-техническим комплексом OMICRON CMC 356, программами формирования и отображения мгновенных значений, GOOSE сообщений;
- работать с программно-аппаратными комплексами для поверки цифровых трансформаторов тока и напряжения (только для модуля «Метрология цифровых подстанций»);
- настраивать работу комплексов РЗА и учета по стандарту IEC 61850, конфигурировать устройства цифровых подстанций;
- выполнять проверки и испытания систем синхронизации, комплексов РЗА и учета, работающих по стандарту IEC 61850;
- проводить при помощи специальных программно-аппаратных средств валидацию файлов, написанных на языке SCL.

Иметь понятие:

- об инновационной концепции развития электроэнергетики;
- о цифровой подстанции;
- о стандарте IEC 61850;
- о надежности цифровой подстанции;
- о работе локальных вычислительных сетей;
- об оборудовании и протоколах передачи данных на цифровых подстанциях;
- об испытательном оборудовании цифровых подстанций.

8. Организация образовательного процесса

Рабочая программа предусматривает семинары, лекционные, лабораторные и практические занятия, 2 часа отводится на итоговую аттестацию.

На лекционных занятиях рассматриваются структура цифровой подстанции (ЦПС), вопросы организации и работы локальных вычислительных сетей, систем синхронизации устройств ЦПС, информационные модели устройств цифровой подстанции, понятие о языке SCL и файлах написанных на его основе, коммуникационные сервисы и протоколы передачи данных на цифровой подстанции, аспекты применения и эксплуатации оборудования ЦПС (электронных трансформаторов тока и напряжения, ПАС, ПДС, устройств РЗА, учета и др.), положения действующей нормативно-технической документации в области реализации жизненных циклов ЦПС, вопросы применения испытательного оборудования и выполнения с их помощью необходимых проверок и испытаний, методы конфигурирования и параметрирования устройств цифровой подстанции, вопросы кибербезопасности ЦПС.

Практические занятия проводятся на оборудовании ведущих производителей оборудования для цифровых подстанций: ООО НПП «ЭКРА», АО «РАДИУС Автоматика», ООО «Релематика», ООО «НПП Бреслер», ООО «Инженерный центр „Энергосервис“», ООО «Прософт-Системы», АО «ЧЭАЗ», ОАО «Электроприбор», ЗАО «Алгоритм», Symanitron, Omicron electronics GmbH, НПП «Динамика», Keysight Technologies, ООО «НПП Марс-Энерго», PONOVO Power Co., Ltd и др.