Утверждено:
Генеральный директор ООО «Цифровая подстанция»
_____/Аношин А. О./
«20» октября 2026 г.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА – ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

«Локальные вычислительные сети на энергообъектах»

Объём: 36 академических часов

Форма обучения: очная

Москва, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА 3
1. КОМПЛЕКС ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОГРАММЫ 5
1.1. Общая характеристика Программы 5
1.2. Цели и задачи Программы 6
1.3. Планируемые результаты освоения Программы 6
2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ 9
2.1. Учебный план 9
2.2. Календарный учебный график 9
3. СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧИХ ПРОГРАММ УЧЕБНЫХ МОДУЛЕЙ 11
3.1. Рабочая программа модуля 1 «Технологические ЛВС энергообъектов и протоколы резервирования» 13
3.2. Рабочая программа модуля 2 «Управление распространением трафика в ЛВС энергообъектов» 17
3.3. Рабочая программа модуля 3 «Синхронизация времени по ЛВС и маршрутизация» 20
3.4. Рабочая программа модуля 4 «Интеграция коммутаторов в АСУ ТП по МЭК 61850-8-1 и расчёт надёжности ЛВС» 24
4. ФОРМЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ 27
5. МЕТОДИЧЕСКОЕ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ 28
5.1. Методические рекомендации по реализации Программы 28
5.2. Требования к минимальному материально-техническому обеспечению 28
5.3. Кадровое обеспечение реализации Программы 29
5.4. Рекомендации к материально-техническим условиям со стороны обучающегося (потребителя образовательной услуги) 30
5.5. Учебно-методическое обеспечение 30
5.6. Оценочные материалы 31
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 32
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 34

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дополнительная профессиональная программа – программа повышения квалификации «Локальные вычислительные сети на энергообъектах» (далее – Программа) разработана ООО «Цифровая подстанция» и предназначена для совершенствования профессиональных компетенций специалистов проектных, наладочных и эксплуатирующих организаций электроэнергетики, профессиональная деятельность которых связана с технологическими локальными вычислительными сетями (ЛВС) цифровых подстанций и иных энергообъектов.

Программа разработана в соответствии со следующими нормативными правовыми актами и документами государственного программного планирования:

- Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (статья 76 «Дополнительное профессиональное образование»);
- Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 24.03.2025 № 266 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам»;
- Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 09.11.2021 № 786н «Об утверждении профессионального стандарта «Работник по обслуживанию и ремонту оборудования релейной защиты и автоматики электрических сетей» (код 20.034, регистрационный номер 839);
- Приказ Минобрнауки России от 23.08.2017 № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ» (в части, не противоречащей действующему законодательству);
- Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2050 года (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 12.04.2025 № 908-р) – в части задач цифровой трансформации электроэнергетики и обеспечения надёжности функционирования электросетевого комплекса;
- Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации (утверждены приказом Минэнерго России от 04.10.2022 № 1070);
- Национальные стандарты серии ГОСТ Р МЭК 61850 «Сети и системы связи на подстанциях» и стандарты организаций ПАО «Россети» в области цифровых подстанций;
- Устав и локальные нормативные акты ООО «Цифровая подстанция».

Структура Программы соответствует пункту 11 Порядка, утверждённого приказом Минобрнауки России от 24.03.2025 № 266, и включает: цель, планируемые результаты обучения, учебный план, календарный учебный график, рабочие программы учебных модулей, организационно-педагогические условия, формы аттестации и оценочные материалы.

При разработке Программы также учтены требования профессиональных стандартов 20.036 «Работник по обслуживанию и ремонту оборудования

автоматизированных систем управления технологическими процессами в электрических сетях», 20.002, 20.003, 20.016, 20.018, поскольку технологическая ЛВС является общей инфраструктурой устройств релейной защиты и автоматики (РЗА) и автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) энергообъектов.

Программу разработал: генеральный директор ООО «Цифровая подстанция» Аношин А. О.

1. КОМПЛЕКС ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОГРАММЫ

1.1. Общая характеристика Программы

Вид программы: дополнительная профессиональная программа – программа повышения квалификации.

Программа направлена на совершенствование профессиональных компетенций, необходимых для профессиональной деятельности в рамках имеющейся квалификации (п. 5 Порядка, утверждённого приказом Минобрнауки России от 24.03.2025 № 266).

Профессиональный стандарт, положенный в основу Программы

Параметр	Значение
Наименование профессионального стандарта	Работник по обслуживанию и ремонту оборудования релейной защиты и автоматики электрических сетей
Код вида профессиональной деятельности	20.034
Регистрационный номер	839
Утверждён	Приказом Минтруда России от 09.11.2021 № 786н (зарегистрирован Минюстом России 24.11.2021, № 65962), действует с 01.03.2022
Обобщённая трудовая функция (ОТФ)	F. Инженерно-техническое сопровождение деятельности по техническому обслуживанию и ремонту устройств РЗА
Уровень квалификации	5
Возможные наименования должностей	Инженер по релейной защите и автоматике; инженер по релейной защите и автоматике 2 категории; инженер по релейной защите и автоматике 1 категории
Трудовые функции, на совершенствование которых направлена Программа	F/01.5 Выполнение работ повышенной сложности по техническому обслуживанию и ремонту устройств РЗА; F/02.5 Локализация нарушений нормального режима работы устройств РЗА; F/04.5 Ведение нормативно-технической документации по техническому обслуживанию устройств РЗА

Требования к слушателям

К освоению Программы допускаются лица, имеющие среднее профессиональное и (или) высшее образование, а также лица, получающие среднее профессиональное и (или) высшее образование (п. 4 Порядка, утверждённого приказом Минобрнауки России от 24.03.2025 № 266).

Профессиональный стандарт 20.034 не содержит обобщённой трудовой функции с альтернативными требованиями к уровню образования (ОТФ уровня 5 предусматривают либо среднее профессиональное образование – ОТФ E, либо высшее образование – ОТФ F). Поэтому требования к слушателям установлены непосредственно в соответствии с п. 4 Порядка. Программа совершенствует компетенции в рамках имеющейся у слушателя квалификации независимо от того, по какой из обобщённых трудовых функций уровня 5 он осуществляет деятельность.

Рекомендуемые категории слушателей: инженеры по РЗА, инженеры АСУ ТП, инженеры-наладчики, инженеры-проектировщики вторичных систем, специалисты служб эксплуатации цифровых подстанций.

Форма обучения, объём и режим занятий

Характеристика	Значение
Форма обучения	Очная, с отрывом от производства
Объём Программы	36 академических часов (академический час – 45 минут)
Срок освоения	4 рабочих дня (понедельник – четверг), по 9 академических часов в день
Структура	4 учебных модуля, входной контроль, промежуточная аттестация по каждому модулю, итоговая аттестация
Соотношение видов учебной работы	Теоретические занятия – 12 ак. ч; практические занятия – 17 ак. ч; входной контроль – 1 ак. ч; промежуточная аттестация – 4 ак. ч; итоговая аттестация – 2 ак. ч
Форма итоговой аттестации	Зачёт (тестирование)
Выдаваемый документ	Удостоверение о повышении квалификации установленного образца
Численность группы	До 20 человек

1.2. Цели и задачи Программы

Цель реализации Программы – совершенствование профессиональных компетенций специалистов по релейной защите и автоматике и смежных направлений в области построения, настройки, диагностики и документирования технологических локальных вычислительных сетей энергообъектов, обеспечивающих функционирование устройств РЗА и АСУ ТП по стандарту МЭК 61850.

Задачи Программы:

- систематизировать знания о требованиях к технологическим ЛВС энергообъектов и протоколах резервирования RSTP, PRP, HSR;
- сформировать умения по планированию и настройке функций управления распространением трафика (VLAN, приоритизация, многоадресная фильтрация, защита от штормов) в коммутаторах Ethernet;
- сформировать умения по настройке и проверке синхронизации времени устройств РЗА по протоколу PTP (IEEE 1588 / IEC 61850-9-3) и организации маршрутизации в технологических сетях;
- сформировать умения по интеграции коммутаторов в АСУ ТП в соответствии с МЭК 61850-8-1 и документированию конфигурации ЛВС;
- сформировать умения по оценке надёжности топологии ЛВС и обоснованию проектных решений;
- сформировать умения по локализации нарушений в работе устройств РЗА, обусловленных состоянием ЛВС, с применением анализаторов трафика.

1.3. Планируемые результаты освоения Программы

Общие компетенции (ОК), совершенствуемые в результате освоения Программы

Код	Наименование общей компетенции
ОК-1	Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию технической информации (стандартов, документации производителей, результатов измерений), необходимой для выполнения профессиональных задач
ОК-2	Использовать информационно-коммуникационные технологии, специализированные программные и программно-аппаратные комплексы в профессиональной деятельности
ОК-3	Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать со смежными службами (РЗА, АСУ ТП, связи, информационной безопасности) и подрядными организациями

Код	Наименование общей компетенции
ОК-4	Соблюдать требования охраны труда, правил технической эксплуатации и информационной безопасности при работе в технологических сетях действующих энергообъектов

Профессиональные компетенции (ПК), совершенствуемые в результате освоения Программы

Код	Наименование профессиональной компетенции	Трудовая функция ПС 20.034	Модуль Программы
ПК-1	Способность выполнять настройку, комплексную проверку и приёмку технологической ЛВС (протоколы резервирования, VLAN, фильтрация трафика) при вводе в работу и техническом обслуживании устройств РЗА повышенной сложности	F/01.5	М1, М2
ПК-2	Способность настраивать и проверять синхронизацию времени устройств РЗА по ЛВС (PTP, NTP), оценивать её влияние на функционирование защит и организовывать маршрутизацию в технологических сетях	F/01.5, F/02.5	М3
ПК-3	Способность локализовать нарушения нормального режима работы устройств РЗА, обусловленные состоянием ЛВС (потеря GOOSE/SV, широковещательные штормы, перестроение топологии), с применением анализаторов трафика	F/02.5	М1–М4
ПК-4	Способность интегрировать коммутаторы Ethernet в АСУ ТП в соответствии с МЭК 61850-8-1, вести документацию конфигурации ЛВС (файлы SCD, схемы сети) и обосновывать выбор топологии расчётом показателей надёжности	F/01.5, F/04.5	М4

Знания и умения по профессиональному стандарту 20.034, совершенствуемые в результате освоения Программы

Необходимые знания (ТФ F/01.5, F/02.5, F/04.5)	Необходимые умения (ТФ F/01.5, F/02.5, F/04.5)
• топология сети в зоне эксплуатационной ответственности; • современные средства вычислительной техники, коммуникаций и связи; • общие технические требования к микропроцессорным устройствам защиты и автоматики энергосистем; • методики наладки и проверки микропроцессорных устройств РЗА; • правила выбора объёмов телеинформации при проектировании систем технологического управления электрическими сетями; • инструкция по учёту и оценке работы РЗА; правила расследования причин аварий в электроэнергетике; • действующие стандарты, технические условия, положения и инструкции по составлению и оформлению технической документации.	• работать со специализированными программами; • проводить визуальные и инструментальные обследования и испытания; • использовать технические средства для измерения параметров оборудования; • систематизировать и анализировать информацию по техническому обслуживанию устройств РЗА; • обосновывать технические решения и готовить по ним заключения; • организовывать работу при внедрении новых устройств РЗА; • вести исполнительную документацию; читать электрические схемы в рамках своей ответственности.

В результате освоения Программы слушатель должен

знать:

- требования к технологическим ЛВС энергообъектов (задержки, детерминизм, электромагнитная совместимость, стандарты МЭК 61850-3, IEEE 1613) и особенности передачи GOOSE и Sampled Values;
- принципы работы и параметры протоколов резервирования RSTP (и проприетарных модификаций), PRP и HSR по МЭК 62439-3, их применимость для шины станции и шины процесса;
- механизмы управления распространением трафика: VLAN IEEE 802.1Q, приоритизация IEEE 802.1p, многоадресная фильтрация, ограничение широковещательного трафика;
- принципы синхронизации времени по ЛВС: NTP/SNTP, PTP IEEE 1588 и профиль IEC/IEEE 61850-9-3, роли часов (grandmaster, boundary clock, transparent clock), требования к точности для РЗА и SV;
- принципы маршрутизации и сегментации технологических сетей, требования информационной безопасности;
- модель данных коммутаторов по МЭК 61850 и способы интеграции коммутаторов в АСУ ТП по МЭК 61850-8-1 (MMS), описание сети в файлах SCD;
- методику расчёта показателей надёжности (коэффициент готовности) для типовых топологий ЛВС.

уметь:

- настраивать и проверять протоколы резервирования RSTP, PRP, HSR на промышленных коммутаторах и измерять время восстановления связи;
- разрабатывать план VLAN и многоадресной фильтрации для подстанции и настраивать его в коммутаторах, проверять прохождение GOOSE/SV анализатором трафика;
- настраивать серверы времени и коммутаторы для синхронизации устройств РЗА по PTP, контролировать качество синхронизации;
- интегрировать коммутаторы в АСУ ТП по МЭК 61850-8-1, вносить описание сети в SCD, настраивать мониторинг состояния сети;
- выполнять расчёт надёжности и обосновывать выбор топологии ЛВС;
- локализовать нарушения в работе устройств РЗА, вызванные ЛВС, по результатам анализа трафика и диагностики коммутаторов.

2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

2.1. Учебный план

Учебный план определяет перечень, трудоёмкость, последовательность и распределение учебных модулей, иных видов учебной деятельности обучающихся и формы аттестации.

Форма обучения: очная, с отрывом от производства. Срок обучения: 36 академических часов (4 рабочих дня по 9 академических часов).

№	Наименование модулей (разделов)	Всего, ак. ч	Теория (лекции), ак. ч	Практика (практические занятия), ак. ч	Аттестация, ак. ч	Форма контроля
	Входной контроль уровня знаний	1	–	–	1	Тест (Приложение 1)
М1	Технологические ЛВС энергообъектов и протоколы резервирования	8	3	4	1	Промежуточная аттестация: тест, практическое задание
М2	Управление распространением трафика в ЛВС энергообъектов	8	3	4	1	Промежуточная аттестация: тест, практическое задание
М3	Синхронизация времени по ЛВС и маршрутизация	8	3	4	1	Промежуточная аттестация: тест, практическое задание
М4	Интеграция коммутаторов в АСУ ТП по МЭК 61850-8-1 и расчёт надёжности ЛВС	9	3	5	1	Промежуточная аттестация: тест, практическое задание
	Итоговая аттестация	2	–	–	2	Зачёт: тест (Приложение 2)
Итого		**36**	**12**	**17**	**7**	

2.2. Календарный учебный график

Обучение проводится в течение одной учебной недели (понедельник – четверг), по 9 академических часов в день. Условные обозначения: ВК – входной контроль; Т – теоретическое занятие; П – практическое занятие; ПА – промежуточная аттестация; ИА – итоговая аттестация.

День	Ак. час 1	2	3	4	5	6	7	8	9	Т	П	Аттест.	Всего
1-й день (пн)	ВК	Т М1	Т М1	Т М1	П М1	П М1	П М1	П М1	ПА М1	3	4	2	9
2-й день (вт)	Т М2	Т М2	Т М2	П М2	П М2	П М2	П М2	ПА М2	Т М3	4	4	1	9
3-й день (ср)	Т М3	Т М3	П М3	П М3	П М3	П М3	ПА М3	Т М4	Т М4	4	4	1	9
4-й день (чт)	Т М4	П М4	П М4	П М4	П М4	П М4	ПА М4	ИА	ИА	1	5	3	9
Итого										**12**	**17**	**7**	**36**

Режим занятий: 9 академических часов в день с перерывами по 10 минут после каждого академического часа и перерывом на обед 45 минут после 4-го академического часа. Конкретные даты проведения обучения для каждой группы устанавливаются приказом о зачислении (например, группа № 1: 09.11.2026 – 12.11.2026).

3. СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧИХ ПРОГРАММ УЧЕБНЫХ МОДУЛЕЙ

Программа построена по модульному принципу (п. 13 Порядка, утверждённого приказом Минобрнауки России от 24.03.2025 № 266). Каждый модуль имеет самостоятельную рабочую программу, включающую цель, планируемые результаты, учебно-тематический план, содержание тем (теория и практические задания) и промежуточную аттестацию. Освоение каждого последующего модуля предполагает успешное прохождение промежуточной аттестации по предыдущему.

Утверждено:
Генеральный директор ООО «Цифровая подстанция»
_____/Аношин А. О./



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОГО МОДУЛЯ

Модуль 1. «Технологические ЛВС энергообъектов и протоколы резервирования»

Дополнительной профессиональной программы – программы повышения квалификации «Локальные вычислительные сети на энергообъектах»

Объём модуля: 8 академических часов

(теория – 3 ак. ч, практика – 4 ак. ч, промежуточная аттестация – 1 ак. ч)

Москва, 2026

3.1. Рабочая программа модуля 1 «Технологические ЛВС энергообъектов и протоколы резервирования»

Цель модуля – совершенствование компетенций по построению и настройке резервированных технологических ЛВС энергообъектов на основе протоколов RSTP, PRP и HSR.

Совершенствуемые компетенции: ПК-1, ПК-3.

В результате освоения модуля слушатель должен:

- знать требования к технологическим ЛВС энергообъектов и принципы работы протоколов резервирования RSTP, PRP, HSR;
- уметь настраивать протоколы резервирования на промышленных коммутаторах, проверять их работу и измерять время восстановления связи.

Учебно-тематический план модуля

№	Наименование темы	Теория, ак. ч	Практика, ак. ч	Всего, ак. ч
1.1	Особенности технологических ЛВС энергообъектов	1	0,5	1,5
1.2	Протокол резервирования RSTP и его проприетарные модификации	1	1,5	2,5
1.3	Протоколы резервирования PRP и HSR (МЭК 62439-3)	0,5	1,5	2
1.4	Коммутаторы Ethernet для энергообъектов	0,5	0,5	1
	Промежуточная аттестация	–	1	1
	Итого по модулю	**3**	**5**	**8**

Содержание рабочей программы модуля

Тема	Теория (содержание)	Практика (задания)
1.1. Особенности технологических ЛВС энергообъектов (1 ак. ч теории, 0,5 ак. ч практики)	Отличия технологической ЛВС от корпоративной: требования к задержкам и детерминизму передачи GOOSE и Sampled Values по МЭК 61850-5; электромагнитная обстановка и требования МЭК 61850-3 / IEEE 1613 к коммутаторам; типы трафика (unicast, multicast, broadcast) и их обработка коммутатором; типовые топологии шины станции и шины процесса (звезда, кольцо, двойная звезда, двойное кольцо); типичные ошибки проектирования ЛВС цифровых подстанций.	Задание 1. С помощью ПО «Теквел Парк» зарегистрировать трафик учебного стенда, идентифицировать виды трафика (GOOSE, Sampled Values, MMS, PTP, служебный), определить их адресацию, периодичность и долю в загрузке каналов; сопоставить результат с требованиями к технологической ЛВС.
1.2. Протокол резервирования RSTP и его проприетарные модификации (1 ак. ч теории, 1,5 ак. ч практики)	Алгоритм RSTP (IEEE 802.1Q): Bridge ID, Root ID, Root Path Cost, выбор корневого моста, роли портов (корневой, назначенный, альтернативный, резервный), состояния портов (discarding, learning, forwarding), BPDU; время восстановления и факторы, влияющие на него; проприетарные кольцевые протоколы (Turbo Ring, HIPER-Ring, eRSTP, MRP) и их совместимость; рекомендации по настройке приоритетов и стоимости путей для РЗА.	Задание 1. Собрать кольцевую топологию из трёх коммутаторов, настроить RSTP с заданным корневым мостом и приоритетами портов; проверить роли портов. Задание 2. С помощью специализированного ПО организовать информационный обмен через кольцо, имитировать обрыв кабеля и измерить время восстановления связи; сравнить с проприетарным кольцевым протоколом.
1.3. Протоколы резервирования PRP и HSR (МЭК 62439-	Принцип бесшовного резервирования: DANP, SAN, RedBox, Redundancy Control Trailer, supervision frames; HSR: передача	Задание 1. Собрать физическую топологию PRP (две независимые сети LAN A и LAN B на отдельных коммутаторах, подключение

Тема	Теория (содержание)	Практика (задания)
3) (0,5 ак. ч теории, 1,5 ак. ч практики)	кадров в обе стороны кольца, QuadBox, ограничения по нагрузке; выбор между PRP и HSR для шины процесса; требования к независимости сетей LAN A и LAN B; особенности подключения тестового и измерительного оборудования.	устройств РЗА с двумя интерфейсами и RedBox для устройств с одним интерфейсом); настроить оборудование по протоколу PRP (режим портов, supervision frames, VLAN); проверить функционирование: зарегистрировать дублированные кадры в специализированного ПО, проверить непрерывность обмена Sampled Values/GOOSE при отказе LAN A и LAN B поочерёдно.
1.4. Коммутаторы Ethernet для энергообъектов (0,5 ак. ч теории, 0,5 ак. ч практики)	Классификация коммутаторов (управляемые/неуправляемые, L2/L3, модульные); требования к питанию, резервированию блоков питания, оптическим интерфейсам SFP; функции диагностики и журналирования; обзор оборудования учебного стенда.	Задание 1. По заданным требованиям к фрагменту подстанции (число и тип портов, среда передачи, питание, резервирование, условия эксплуатации) выбрать тип коммутаторов для шины процесса и шины станции и подготовить обоснование выбора; выполнить базовую настройку коммутатора стенда (доступ к управлению, журнал событий, параметры портов).

Промежуточная аттестация по модулю

Форма: тестирование (5 вопросов с вариантами ответов, правильные ответы отмечены знаком ✓ и выделены полужирным) и практическое задание на учебном стенде. Продолжительность – 1 академический час. Тест выполняется индивидуально; практическое задание выполняется и оценивается в составе подгруппы 2–3 человека. Модуль считается освоенным при правильном ответе не менее чем на 3 вопроса из 5 и выполнении практического задания.

1. **Какой коммутатор становится корневым мостом в сети RSTP?**
   а) С наибольшим числом портов
   б) **С наименьшим значением Bridge ID (приоритет + MAC-адрес)** ✓
   в) С наибольшим значением Bridge ID
   г) Первый включённый в сеть

2. **Возникает ли перерыв информационного обмена при перестроении топологии RSTP?**
   а) Нет, перестроение происходит бесшовно
   б) **Да, на время перестроения топологии** ✓
   в) Только при отказе корневого моста
   г) Только в сетях более 10 коммутаторов

3. **Какое устройство обеспечивает подключение устройства с одним сетевым интерфейсом (SAN) к сети PRP?**
   а) Boundary clock
   б) **RedBox** ✓
   в) Корневой мост
   г) Маршрутизатор

4. **Как передаются кадры в кольце HSR?**
    а) Только по часовой стрелке
    б) **В обе стороны кольца одновременно ✓**
    в) По кратчайшему пути
    г) Через корневой коммутатор

5. **Что содержит Redundancy Control Trailer (RCT) в кадре PRP?**
    а) IP-адрес получателя
    б) **Порядковый номер кадра и идентификатор LAN ✓**
    в) Метку времени
    г) Приоритет VLAN

Практическое задание промежуточной аттестации состоит из двух частей. Часть 1 (RSTP): на учебном стенде собрать кольцо RSTP из трёх коммутаторов с заданным корневым мостом, организовать обмен данными между двумя узлами, измерить время восстановления при обрыве кольца с помощью ПО «Теквел Магия» и оформить протокол измерений. Часть 2 (PRP): собрать физическую топологию PRP из двух независимых сетей LAN A и LAN B, настроить оборудование по протоколу PRP (устройство РЗА с двумя интерфейсами и RedBox для устройства с одним интерфейсом), проверить функционирование – зарегистрировать дублированные кадры в специализированном ПО и подтвердить отсутствие перерыва обмена при отказе любой из сетей. Критерий зачёта: обе топологии собраны и работают, время восстановления RSTP измерено и объяснено, безразрывность обмена в PRP подтверждена записью трафика.

Утверждено:
Генеральный директор ООО «Цифровая подстанция»
_____/Аношин А. О./



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОГО МОДУЛЯ

Модуль 2. «Управление распространением трафика в ЛВС энергообъектов»

Дополнительной профессиональной программы – программы повышения квалификации «Локальные вычислительные сети на энергообъектах»

Объём модуля: 8 академических часов

(теория – 3 ак. ч, практика – 4 ак. ч, промежуточная аттестация – 1 ак. ч)

Москва, 2026

3.2. Рабочая программа модуля 2 «Управление распространением трафика в ЛВС энергообъектов»

Цель модуля – совершенствование компетенций по планированию и настройке функций управления распространением трафика (VLAN, приоритизация, многоадресная фильтрация, защита от штормов) в коммутаторах Ethernet цифровых подстанций.

Совершенствуемые компетенции: ПК-1, ПК-3.

В результате освоения модуля слушатель должен:

- знать влияние неконтролируемого трафика на функционирование ИЭУ и механизмы управления трафиком по IEEE 802.1Q;
- уметь разрабатывать и настраивать план VLAN и многоадресной фильтрации для подстанции и проверять его анализатором трафика.

Учебно-тематический план модуля

№	Наименование темы	Теория, ак. ч	Практика, ак. ч	Всего, ак. ч
2.1	Влияние неконтролируемого распространения трафика на функционирование ИЭУ	1	1	2
2.2	Функции управления трафиком: VLAN, приоритизация, фильтрация	2	3	5
	Промежуточная аттестация	–	1	1
	Итого по модулю	**3**	**5**	**8**

Содержание рабочей программы модуля

Тема	Теория (содержание)	Практика (задания)
2.1. Влияние неконтролируемого распространения трафика на функционирование ИЭУ (1 ак. ч теории, 1 ак. ч практики)	Нагрузка на процессор ИЭУ при приёме нецелевого multicast-трафика GOOSE/SV; широковещательные штормы и их причины (петли, ошибки конфигурации резервирования); последствия для РЗА: задержки, пропуски выборок SV, ложная сигнализация неисправности связи; методы диагностики по счётчикам портов коммутаторов и записям анализатора; требования стандартов организаций ПАО «Россети» к ограничению трафика.	Задание 1. Создать петлю в сегменте без резервирования, наблюдать широковещательный шторм, настроить storm control и ограничение скорости, проверить восстановление работы ИЭУ.
2.2. Функции управления трафиком: VLAN, приоритизация, фильтрация (2 ак. ч теории, 3 ак. ч практики)	Тег IEEE 802.1Q: VLAN ID, PCP (IEEE 802.1p); режимы портов (access, trunk, hybrid), PVID, обработка нетегированного трафика; планирование VLAN по присоединениям и функциям; приоритизация GOOSE/SV и PTP, очереди QoS; многоадресная фильтрация: статические таблицы MAC, GMRP/MMRP, неприменимость IGMP snooping к трафику уровня 2; ограничение скорости (rate limiting) и storm control; настройка VLAN в ИЭУ и описание в SCD (секция Communication).	Задание 1. Разработать план VLAN и приоритетов для фрагмента подстанции (два присоединения, шина станции и шина процесса). Задание 2. Настроить VLAN на коммутаторах стенда (access/trunk/hybrid, PVID) и проверить с помощью ПО «Теквел Магия» прохождение GOOSE только на целевые порты. Задание 3. Настроить статическую многоадресную фильтрацию для потоков SV и проверить распределение трафика.

Промежуточная аттестация по модулю

Форма: тестирование (5 вопросов с вариантами ответов, правильные ответы отмечены знаком ✓ и выделены полужирным) и практическое задание на учебном стенде. Продолжительность – 1 академический час. Тест выполняется индивидуально; практическое задание выполняется и оценивается в составе подгруппы 2–3 человека. Модуль считается освоенным при правильном ответе не менее чем на 3 вопроса из 5 и выполнении практического задания.

1. **Что такое широковещательный шторм?**
   а) Передача кадров с максимальной скоростью порта
   б) **Лавинообразное размножение кадров при наличии петли в сети ✓**
   в) Передача GOOSE с высокой частотой
   г) Одновременный запуск всех ИЭУ

2. **Какой режим порта пропускает тегированные кадры нескольких VLAN?**
   а) Access
   б) **Trunk ✓**
   в) Mirror
   г) Blocking

3. **В какой VLAN по умолчанию находятся все порты коммутатора?**
   а) VLAN 0
   б) **VLAN 1 ✓**
   в) VLAN 100
   г) Порты не принадлежат VLAN

4. **Какой механизм применяется для фильтрации multicast-трафика GOOSE и SV?**
   а) IGMP snooping
   б) **Статическая таблица многоадресной фильтрации или GMRP/MMRP ✓**
   в) Фильтрация по IP-адресам
   г) NAT

5. **В каком поле кадра задаётся приоритет IEEE 802.1p?**
   а) **В поле PCP тега VLAN ✓**
   б) В MAC-адресе источника
   в) В поле EtherType
   г) В контрольной сумме

Практическое задание промежуточной аттестации: по заданной однолинейной схеме фрагмента подстанции разработать и настроить план VLAN и многоадресной фильтрации, обеспечив доставку GOOSE и SV только целевым ИЭУ; подтвердить результат записью трафика в специализированном ПО. Критерий зачёта: нецелевой трафик на портах ИЭУ отсутствует, план оформлен в табличной форме.

Утверждено:
Генеральный директор ООО «Цифровая подстанция»
_____/Аношин А. О./



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОГО МОДУЛЯ

Модуль 3. «Синхронизация времени по ЛВС и маршрутизация»

Дополнительной профессиональной программы – программы повышения квалификации
«Локальные вычислительные сети на энергообъектах»

Объём модуля: 8 академических часов

(теория – 3 ак. ч, практика – 4 ак. ч, промежуточная аттестация – 1 ак. ч)

Москва, 2026

3.3. Рабочая программа модуля 3 «Синхронизация времени по ЛВС и маршрутизация»

Цель модуля – совершенствование компетенций по организации синхронизации времени устройств РЗА и АСУ ТП по протоколу PTP и по сегментации и маршрутизации технологических сетей.

Совершенствуемые компетенции: ПК-2, ПК-3.

В результате освоения модуля слушатель должен:

- знать принципы синхронизации времени по NTP и PTP, профиль IEC/IEEE 61850-9-3, роли часов и требования к точности для РЗА и SV; принципы маршрутизации и сегментации технологических сетей;
- уметь настраивать серверы времени и коммутаторы для синхронизации ИЭУ по PTP, контролировать качество синхронизации, настраивать маршрутизацию между сегментами.

Учебно-тематический план модуля

№	Наименование темы	Теория, ак. ч	Практика, ак. ч	Всего, ак. ч
3.1	Синхронизация времени по ЛВС	2	3	5
3.2	Маршрутизация в технологических сетях	1	1	2
	Промежуточная аттестация	–	1	1
	Итого по модулю	**3**	**5**	**8**

Содержание рабочей программы модуля

Тема	Теория (содержание)	Практика (задания)
3.1. Синхронизация времени по ЛВС (2 ак. ч теории, 3 ак. ч практики)	Требования к точности синхронизации для функций РЗА, регистрации событий и Sampled Values (классы точности по МЭК 61850-5); NTP/SNTP и их ограничения; PTP IEEE 1588-2008/2019: сообщения Announce, Sync, Follow_Up, Delay_Req; роли grandmaster, boundary clock, transparent clock (end-to-end, peer-to-peer); алгоритм BMCA и резервирование источников времени; профили IEC/IEEE 61850-9-3 (Power Utility Profile) и IEEE C37.238; влияние топологии и коммутаторов без поддержки PTP на точность; диагностика синхронизации по данным ИЭУ и анализатора.	Задание 1. Настроить основной сервер времени в роли grandmaster по профилю 61850-9-3, коммутаторы стенда – в роли transparent clock; настроить ИЭУ на приём PTP. Задание 2. С помощью специализированного ПО зарегистрировать сообщения PTP, проверить параметры Announce и оценить точность синхронизации ИЭУ. Задание 3. Подключить резервный сервер времени, отключить основной и наблюдать работу BMCA; оценить влияние на SV.
3.2. Маршрутизация в технологических сетях (1 ак. ч теории, 1 ак. ч практики)	Сегментация технологической сети (шина станции, шина процесса, сеть АСУ ТП, сеть инженерного доступа); статическая маршрутизация и L3-коммутаторы; взаимодействие с корпоративной сетью и системами верхнего уровня; требования информационной безопасности к сегментированию и межсетевому экранированию; типовые ошибки адресации и маршрутизации на подстанциях.	Задание 1. Настроить статическую маршрутизацию между сегментом АСУ ТП и сегментом инженерного доступа, проверить доступность ИЭУ и ограничение доступа.

Промежуточная аттестация по модулю

Форма: тестирование (5 вопросов с вариантами ответов, правильные ответы отмечены знаком ✓ и выделены полужирным) и практическое задание на учебном стенде. Продолжительность – 1 академический час. Тест выполняется индивидуально; практическое задание выполняется и оценивается в составе подгруппы 2–3 человека. Модуль считается освоенным при правильном ответе не менее чем на 3 вопроса из 5 и выполнении практического задания.

1. **Какой профиль PTP предназначен для энергообъектов и применяется совместно с МЭК 61850?**
    а) Default profile IEEE 1588
    б) **IEC/IEEE 61850-9-3 (Power Utility Profile)** ✓
    в) Telecom profile G.8275
    г) IEEE 802.1AS

2. **Какую роль выполняет коммутатор, корректирующий в сообщениях PTP время пребывания кадра в коммутаторе?**
    а) Grandmaster
    б) Boundary clock
    в) **Transparent clock** ✓
    г) Slave

3. **Какой алгоритм определяет ведущие часы в сети PTP?**
    а) RSTP
    б) **BMCA** ✓
    в) BPDU
    г) IGMP

4. **Какая точность синхронизации времени требуется для передачи Sampled Values по МЭК 61850-9-2?**
    а) Порядка 1 с
    б) Порядка 10 мс
    в) Порядка 1 мс
    г) **Порядка 1 мкс** ✓

5. **Какое устройство обеспечивает передачу трафика между разными IP-подсетями технологической сети?**
    а) Неуправляемый коммутатор L2
    б) **Маршрутизатор или L3-коммутатор** ✓
    в) RedBox
    г) Сервер времени

Практическое задание промежуточной аттестации: настроить синхронизацию двух ИЭУ стенда по PTP от основного и резервного серверов времени через коммутаторы в роли transparent clock, подтвердить точность синхронизации с использованием специализированного ПО и продемонстрировать переход на резервный источник. Критерий

зачёта: ИЭУ синхронизированы, переход на резервный источник выполнен без потери синхронизации.

Утверждено:
Генеральный директор ООО «Цифровая подстанция»
_____/Аношин А. О./



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОГО МОДУЛЯ

Модуль 4. «Интеграция коммутаторов в АСУ ТП по МЭК 61850-8-1 и расчёт надёжности ЛВС»

Дополнительной профессиональной программы – программы повышения квалификации «Локальные вычислительные сети на энергообъектах»

Объём модуля: 9 академических часов

(теория – 3 ак. ч, практика – 5 ак. ч, промежуточная аттестация – 1 ак. ч)

Москва, 2026

3.4. Рабочая программа модуля 4 «Интеграция коммутаторов в АСУ ТП по МЭК 61850-8-1 и расчёт надёжности ЛВС»

Цель модуля – совершенствование компетенций по интеграции сетевого оборудования в АСУ ТП подстанции, документированию конфигурации ЛВС и обоснованию проектных решений расчётом надёжности.

Совершенствуемые компетенции: ПК-3, ПК-4.

В результате освоения модуля слушатель должен:

- знать модель данных коммутаторов по МЭК 61850, способы интеграции коммутаторов в АСУ ТП и методику расчёта коэффициента готовности типовых топологий;
- уметь интегрировать коммутаторы в АСУ ТП, вносить описание сети в SCD, выполнять и оформлять расчёт надёжности топологии ЛВС.

Учебно-тематический план модуля

№	Наименование темы	Теория, ак. ч	Практика, ак. ч	Всего, ак. ч
4.1	Интеграция коммутаторов Ethernet в АСУ ТП в соответствии с МЭК 61850-8-1	2	3,5	5,5
4.2	Расчёт надёжности топологии ЛВС	1	1,5	2,5
	Промежуточная аттестация	–	1	1
	Итого по модулю	**3**	**6**	**9**

Содержание рабочей программы модуля

Тема	Теория (содержание)	Практика (задания)
4.1. Интеграция коммутаторов Ethernet в АСУ ТП в соответствии с МЭК 61850-8-1 (2 ак. ч теории, 3,5 ак. ч практики)	Коммутатор как ИЭУ: модель данных по МЭК 61850-7-4 и IEC TR 61850-90-4 (логические узлы для сетевого оборудования, состояние портов, диагностика резервирования); MMS-сервер коммутатора, отчёты, файл ICD коммутатора; описание сети в SCD: секция Communication, SubNetwork, ConnectedAP, адреса GOOSE/SV и VLAN; сигнализация неисправности сети в АСУ ТП и требования к объёму телеинформации; документирование конфигурации ЛВС (схемы сети, таблицы VLAN, адресные планы) как часть исполнительной документации.	Задание 1. С помощью ПО «Теквел Манипулятор» установить MMS-соединение с коммутатором, прочитать модель данных и состояние портов, настроить отчёт о неисправности резервирования. Задание 2. Настроить в клиентском ПО сигнализацию неисправности портов и резервирования коммутатора и проверить её срабатывание при отключении канала.
4.2. Расчёт надёжности топологии ЛВС (1 ак. ч теории, 1,5 ак. ч практики)	Показатели надёжности: интенсивность отказов, MTBF, MTTR, коэффициент готовности; структурные схемы надёжности для топологий «звезда», «кольцо RSTP», «двойная звезда», PRP, HSR; учёт отказов блоков питания, модулей SFP, кабельных трасс и времени восстановления протокола; влияние топологии ЛВС на готовность функций РЗА; критерии выбора топологии для шины станции и шины процесса; оформление расчёта как обоснования технического решения.	Задание 1. Для заданной подстанции выполнить расчёт коэффициента готовности трёх вариантов топологии (звезда, кольцо RSTP, PRP) и подготовить обоснование выбора.

Промежуточная аттестация по модулю

Форма: тестирование (5 вопросов с вариантами ответов, правильные ответы отмечены знаком ✓ и выделены полужирным) и практическое задание на учебном стенде. Продолжительность – 1 академический час. Тест выполняется индивидуально; практическое задание выполняется и оценивается в составе подгруппы 2–3 человека. Модуль считается освоенным при правильном ответе не менее чем на 3 вопроса из 5 и выполнении практического задания.

1. **В какой секции файла SCD описываются подсети, точки доступа и адреса GOOSE/SV?**
   а) Header
   б) **Communication ✓**
   в) DataTypeTemplates
   г) Substation

2. **По какому протоколу коммутатор, поддерживающий МЭК 61850-8-1, передаёт данные о своём состоянии в АСУ ТП?**
   а) **MMS ✓**
   б) Modbus TCP
   в) IEC 60870-5-101
   г) FTP

3. **Как определяется коэффициент готовности?**
   а) MTTR / MTBF
   б) **MTBF / (MTBF + MTTR) ✓**
   в) MTBF × MTTR
   г) 1 / MTBF

4. **К чему приводит отказ одного коммутатора в сети PRP с независимыми LAN A и LAN B?**
   а) К полной потере связи
   б) К потере связи на время перестроения
   в) **Связь сохраняется без перерыва ✓**
   г) К перезапуску ИЭУ

5. **Какие факторы наиболее значимо влияют на коэффициент готовности кольца RSTP с точки зрения функционирования РЗА?**
   а) Цвет и длина патч-кордов
   б) **Время восстановления топологии и количество коммутаторов в кольце ✓**
   в) Версия прошивки ИЭУ
   г) Количество VLAN

Практическое задание промежуточной аттестации: внести коммутатор стенда в SCD-файл, установить соединение с ним из ПО «Теквел Манипулятор» и продемонстрировать сигнализацию отказа порта; выполнить расчёт коэффициента

готовности для двух топологий и обосновать выбор. Критерий зачёта: коммутатор отображается в SCD без ошибок валидации, сигнализация работает, расчёт оформлен.

4. ФОРМЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ

Оценка качества освоения Программы включает входной контроль, текущий контроль, промежуточную аттестацию по каждому модулю и итоговую аттестацию.

Вид контроля	Форма и содержание	Когда проводится	Критерий
Входной контроль	Тест из 12 вопросов с вариантами ответов (Приложение 1) для определения исходного уровня знаний и адаптации подачи материала	1-й день, 1-й академический час	Не влияет на допуск к обучению; результаты используются преподавателем
Текущий контроль	Наблюдение за выполнением практических заданий, устный опрос, разбор результатов измерений	В ходе практических занятий	Выполнение заданий в соответствии с методическими указаниями
Промежуточная аттестация	Тест из 5 вопросов (выполняется индивидуально) и практическое задание на учебном стенде по каждому модулю (раздел 3); практическое задание выполняется и оценивается в составе подгруппы 2–3 человека	По завершении каждого модуля, 1 ак. ч	Не менее 3 правильных ответов из 5 и выполненное практическое задание
Итоговая аттестация	Зачёт: тест из 15 вопросов с вариантами ответов (Приложение 2)	4-й день, 8–9-й академические часы (2 ак. ч, включая консультацию 1 ак. ч)	Не менее 8 правильных ответов из 15 (более 50 %) при условии успешного прохождения промежуточной аттестации по всем модулям

К итоговой аттестации допускаются слушатели, прошедшие промежуточную аттестацию по всем четырём модулям. Итоговая аттестация включает консультацию (разбор типовых ошибок и вопросов слушателей, 1 ак. ч) и тестирование (1 ак. ч). Оценка – «зачтено» / «не зачтено».

Лицам, успешно освоившим Программу и прошедшим итоговую аттестацию, выдаётся удостоверение о повышении квалификации. Лицам, не прошедшим итоговую аттестацию или получившим на итоговой аттестации неудовлетворительные результаты, а также лицам, освоившим часть Программы и (или) отчисленным, выдаётся справка об обучении или о периоде обучения по образцу, установленному ООО «Цифровая подстанция» (п. 20 Порядка, утверждённого приказом Минобрнауки России от 24.03.2025 № 266).

5. МЕТОДИЧЕСКОЕ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ

5.1. Методические рекомендации по реализации Программы

- Обучение проводится в очной форме в группах численностью до 20 человек; практические занятия выполняются в подгруппах по 2–3 человека на рабочее место учебного стенда с ротацией ролей, чтобы каждый слушатель самостоятельно выполнил настройку оборудования.
- Теоретические занятия проводятся в форме лекций с демонстрацией работы оборудования и анализом реальных записей трафика с действующих объектов; каждая тема завершается разбором типовых ошибок из практики пусконаладки.
- Практические занятия строятся по принципу «от задания к результату»: слушатель получает описание задачи, выполняет настройку оборудования и подтверждает результат измерением или записью анализатора; результаты оформляются в рабочей тетради слушателя.
- Промежуточная аттестация проводится непосредственно по завершении модуля, что позволяет выявить пробелы до перехода к следующему модулю.
- Слушателям предоставляются раздаточные материалы (презентации, схемы стенда, шаблоны таблиц VLAN и расчёта надёжности, методические указания к практическим заданиям) в электронном виде.
- Для слушателей с различным исходным уровнем подготовки (по результатам входного контроля) преподаватель регулирует глубину изложения и объём дополнительных заданий.

5.2. Требования к минимальному материально-техническому обеспечению

Обучение проводится в учебной аудитории по адресу: 109428, г. Москва, ул. Зарайская, д. 21, располагающей необходимым оснащением для проведения теоретических занятий: учебные столы, стулья, мультимедийный проектор, экран, флип-чарт, ноутбуки для слушателей.

Для проведения практических занятий учебный центр располагает следующим оборудованием и программным обеспечением:

№	Наименование и производитель	Кол-во, шт.
1	Коммутатор MOXA PT-7528	1
2	Коммутатор Phoenix Contact FL SWITCH 4800E	1
3	Коммутатор Hirschmann RSPS25	2
4	Коммутатор RuggedCom RS900	3
5	Коммутатор RuggedCom RSG2100	1
6	Сервер времени ЭНКС-2	1
7	Сервер времени СВ-04	1
8	ПО «Теквел Магия» (имитация и тестирование GOOSE/SV)	1
9	ПО «Теквел Парк Сервер» (регистрация и анализ трафика шины станции и шины процесса)	1
10	ПО «Теквел Манипулятор» (клиент МЭК 61850, работа с SCD)	1
11	ПО «Теквел Мультиметр»	1

5.3. Кадровое обеспечение реализации Программы

Реализация Программы обеспечивается педагогическими работниками ООО «Цифровая подстанция», а также лицами, привлекаемыми к реализации Программы на условиях гражданско-правового договора.

Требования к квалификации преподавателей: высшее профессиональное образование или среднее профессиональное образование по направлению подготовки «Образование и педагогика» или в области, соответствующей преподаваемому предмету, без предъявления требований к стажу работы, либо высшее профессиональное образование или среднее профессиональное образование и дополнительное профессиональное образование по направлению деятельности в образовательном учреждении без предъявления требований к стажу работы.

Требования к опыту практической деятельности: обязателен опыт работы в области профессиональной деятельности, осваиваемой обучающимися.

Занятия проводят преподаватели, имеющие высшее профессиональное образование в области электроэнергетики (релейная защита и автоматика), соответствующей преподаваемому предмету, и опыт практической деятельности в области проектирования, наладки и эксплуатации локальных вычислительных сетей энергообъектов и цифровых подстанций, участвующие в работе международных организаций по стандартизации в области релейной защиты и МЭК 61850 (МЭК ТК 57, СИГРЭ):

Аношин Алексей Олегович. В 2008 году окончил магистратуру Московского энергетического института (Технического университета), кафедра «Релейная защита и автоматизация энергосистем». Профессиональную деятельность начал в 2005 году в области первичного электрооборудования и релейной защиты. В 2010 году стал соучредителем ООО «Теквел» и с тех пор занимает должность управляющего директора. В качестве преподавателя и технического консультанта участвовал в тренингах по МЭК 61850 и цифровой подстанции в Европе, Канаде, США и на Филиппинах, где прошли обучение более 1500 специалистов. Был первоначальным разработчиком симулятора SV iMerge (позднее – Volcano), принимал активное участие в разработке программного и аппаратного обеспечения, совместимого с МЭК 61850. Член Рабочей группы 10 Технического комитета 57 МЭК.

Головин Александр Валерьевич. В 2008 году окончил магистратуру Московского энергетического института (Технического университета), кафедра «Релейная защита и автоматизация энергосистем». С этого времени занимается разработкой продуктов и решений для цифровых подстанций и их внедрением. Работал начальником инженерного отдела, затем главным техническим директором в АО «Профотек», где отвечал за разработку оптоволоконных датчиков тока и электронных датчиков напряжения. С 2012 года – соучредитель и заместитель генерального директора ООО «Теквел». Участвует во внедрении цифровых подстанций с шиной процесса (за последние годы реализовано более 40 проектов), проводит обучение по МЭК 61850 с 2012 года (обучено более 2500 инженеров). Член Исследовательского комитета B5 «Релейная защита и автоматика» СИГРЭ (CIGRE SC B5).

5.4. Рекомендации к материально-техническим условиям со стороны обучающегося (потребителя образовательной услуги)

Программа реализуется в очной форме на базе учебного центра; специальные материально-технические условия со стороны обучающегося не требуются. Рекомендуется наличие у слушателя:

- персонального ноутбука с правами администратора для установки учебных версий программного обеспечения (при отсутствии предоставляется учебным центром);
- доступа к документации на коммутаторы и устройства РЗА, эксплуатируемые в организации слушателя, для разбора практических вопросов;
- при желании – записей сетевого трафика (pcap) с собственных объектов для анализа на занятиях.

5.5. Учебно-методическое обеспечение

Нормативные и технические документы:

1. ГОСТ Р МЭК 61850-3-2005 «Сети и системы связи на подстанциях. Часть 3. Основные требования».
2. ГОСТ Р МЭК 61850-5-2011 «Сети и системы связи на подстанциях. Часть 5. Требования к связи для функций и моделей устройств».
3. ГОСТ Р МЭК 61850-6-2009 «Сети и системы связи на подстанциях. Часть 6. Язык описания конфигурации для связи между интеллектуальными электронными устройствами на электрических подстанциях».
4. ГОСТ Р МЭК 61850-7-1-2009, ГОСТ Р МЭК 61850-7-2-2009, ГОСТ Р МЭК 61850-7-3-2009, ГОСТ Р МЭК 61850-7-4-2011 «Сети и системы связи на подстанциях. Часть 7. Базовая структура связи для подстанций и линейного оборудования».
5. ГОСТ Р 54835-2011/IEC/TR 61850-1:2003 «Сети и системы связи на подстанциях. Часть 1. Введение и обзор»; ГОСТ Р 54325-2011 (IEC/TS 61850-2:2003) «Часть 2. Термины и определения».
6. IEC 61850-8-1 «Communication networks and systems for power utility automation – Part 8-1: Specific communication service mapping (SCSM) – Mappings to MMS and to ISO/IEC 8802-3».
7. IEC 61850-9-2 «Part 9-2: Specific communication service mapping (SCSM) – Sampled values over ISO/IEC 8802-3».
8. IEC/IEEE 61850-9-3 «Part 9-3: Precision time protocol profile for power utility automation».
9. IEC TR 61850-90-4 «Part 90-4: Network engineering guidelines».
10. IEC 62439-3 «Industrial communication networks – High availability automation networks – Part 3: Parallel Redundancy Protocol (PRP) and High-availability Seamless Redundancy (HSR)».
11. IEEE 1588 «Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems».
12. IEEE 802.1Q «Bridges and Bridged Networks» (VLAN, RSTP, приоритизация).

13. СТО 56947007-25.040.30.309-2020 «Корпоративный профиль МЭК 61850 ПАО «Россети».
14. СТО 56947007-29.240.10.256-2018 «Технические требования к аппаратно-программным средствам и электротехническому оборудованию ЦПС».
15. СТО 56947007-29.240.10.265-2019 «Общие требования к метрологическому контролю измерительных каналов ЦПС».

Учебные и методические материалы:

1. Комплект презентаций по модулям 1–4 (электронный вид).
2. Схема учебного стенда, адресный план и таблицы VLAN стенда.
3. Методические указания к практическим заданиям модулей 1–4 с шаблонами протоколов измерений.
4. Шаблон расчёта надёжности топологии ЛВС (электронная таблица).
5. Руководства по эксплуатации коммутаторов и серверов времени учебного стенда; руководства пользователя ПО «Теквел Магия», «Теквел Парк», «Теквел Манипулятор».
6. Материалы издания «Цифровая подстанция» (digitalsubstation.com) по тематике ЛВС и синхронизации времени.

5.6. Оценочные материалы

Оценочные материалы Программы включают:

- тест входного контроля уровня знаний – 12 вопросов с вариантами ответов (Приложение 1);
- тесты промежуточной аттестации по модулям 1–4 – по 5 вопросов с вариантами ответов и практические задания (раздел 3);
- тест итоговой аттестации – 15 вопросов с вариантами ответов (Приложение 2).

Во всех тестах правильные ответы отмечены знаком ✓ и выделены полужирным шрифтом. Слушателям тесты выдаются без отметок правильных ответов. Фонд оценочных средств может пополняться и обновляться по решению преподавателей без изменения Программы.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Тест входного контроля уровня знаний

Выберите один правильный ответ в каждом вопросе. Время выполнения – 30 минут. Правильные ответы отмечены знаком ✓.

1. **Какой тип кадра Ethernet доставляется всем узлам сегмента сети?**
   а) Unicast
   б) **Broadcast** ✓
   в) Multicast
   г) Anycast

2. **На каком уровне модели OSI работает коммутатор при передаче сообщений GOOSE?**
   а) На физическом (1)
   б) **На канальном (2)** ✓
   в) На сетевом (3)
   г) На транспортном (4)

3. **Как передаются сообщения GOOSE по МЭК 61850-8-1?**
   а) Поверх TCP/IP
   б) Поверх UDP
   в) **Непосредственно в кадре Ethernet (multicast)** ✓
   г) По последовательному интерфейсу

4. **Какова основная задача протокола RSTP?**
   а) Шифрование трафика
   б) **Предотвращение петель и резервирование связей** ✓
   в) Синхронизация времени
   г) Назначение IP-адресов

5. **Какой стандарт описывает протоколы PRP и HSR?**
   а) IEEE 802.1Q
   б) **IEC 62439-3** ✓
   в) IEEE 1588
   г) IEC 61850-6

6. **Какой параметр определяет номер VLAN, присваиваемый входящему нетегированному трафику?**
   а) **PVID** ✓
   б) MAC-адрес
   в) Root ID
   г) TTL

7. **Какой протокол обеспечивает высокоточную синхронизацию времени по сети Ethernet?**
   а) NTP

б) IRIG-B

в) **PTP (IEEE 1588)** ✓

г) LLDP

8. **Какие поля содержит тег IEEE 802.1Q?**

   а) **Идентификатор VLAN и приоритет** ✓

   б) IP-адреса источника и получателя

   в) Контрольную сумму кадра

   г) MAC-адрес источника

9. **Как передаётся сообщение в сети PRP?**

   а) По одной из двух сетей по выбору

   б) **Одновременно в две независимые сети** ✓

   в) В обе стороны кольца

   г) Только после шифрования

10. **Требованиям каких стандартов по электромагнитной совместимости и условиям эксплуатации должен соответствовать коммутатор цифровой подстанции?**

    а) **IEC 61850-3 / IEEE 1613** ✓

    б) IEC 60870-5-104

    в) ISO 9001

    г) IEC 61131-3

11. **С какой частотой передаются Sampled Values по профилю 9-2LE для защиты при 50 Гц?**

    а) **80 выборок за период** ✓

    б) 1 выборка в секунду

    в) 4000 выборок в секунду

    г) 256 выборок за период

12. **Какая топология обеспечивает нулевое время восстановления связи при единичном повреждении?**

    а) Звезда

    б) Кольцо RSTP

    в) **PRP** ✓

    г) Шина

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Тест итоговой аттестации

Выберите один правильный ответ в каждом вопросе. Время выполнения – 45 минут. Зачёт – не менее 8 правильных ответов из 15. Правильные ответы отмечены знаком ✓.

1. **Что такое multicast?**
   - а) Доставка кадра одному получателю
   - б) Доставка кадра всем узлам сегмента
   - в) **Доставка кадра группе получателей, подписанных на групповой адрес** ✓
   - г) Доставка кадра ближайшему узлу

2. **Какие служебные сообщения использует протокол STP/RSTP?**
   - а) **BPDU** ✓
   - б) Announce
   - в) ARP
   - г) LLDP

3. **Какие параметры сравниваются при работе алгоритма RSTP?**
   - а) IP-адрес и маска подсети
   - б) **Root ID, Root Path Cost, Bridge ID, Port ID** ✓
   - в) VLAN ID и приоритет
   - г) MTBF и MTTR

4. **Что представляет собой параметр Root Path Cost?**
   - а) Приоритет корневого моста
   - б) **Суммарную стоимость пути от данного моста до корневого** ✓
   - в) Количество коммутаторов в сети
   - г) Время восстановления топологии

5. **Какой коммутатор выбирается корневым при равных приоритетах?**
   - а) **С наименьшим MAC-адресом** ✓
   - б) С наибольшим MAC-адресом
   - в) С наибольшим числом портов
   - г) Включённый первым

6. **Что такое корневой порт?**
   - а) Порт, к которому подключён сервер времени
   - б) **Порт коммутатора с наилучшим путём к корневому мосту** ✓
   - в) Порт с наибольшим номером
   - г) Порт в режиме trunk

7. **Какие состояния портов определены протоколом RSTP?**
   - а) Up, Down
   - б) **Discarding, Learning, Forwarding** ✓
   - в) Access, Trunk, Hybrid

г) Master, Slave, Passive

8. **К какому виду трафика применима многоадресная фильтрация?**
   а) Unicast
   б) Broadcast
   в) **Multicast ✓**
   г) Ко всем видам одинаково

9. **Какую функцию позволяет реализовать тег IEEE 802.1Q?**
   а) Шифрование кадра
   б) **Разделение сети на VLAN и приоритизацию трафика ✓**
   в) Синхронизацию времени
   г) Резервирование по PRP

10. **Что означает роль Hybrid для порта коммутатора?**
    а) **Порт принимает и передаёт как тегированные, так и нетегированные кадры ✓**
    б) Порт заблокирован
    в) Порт работает только с одной VLAN
    г) Порт является корневым

11. **Какие протоколы синхронизации времени работают по ЛВС без выделенного канала связи?**
    а) IRIG-B и 1PPS
    б) **NTP/SNTP и PTP ✓**
    в) GPS и ГЛОНАСС
    г) Modbus и DNP3

12. **Какие факторы оказывают значимое влияние на коэффициент готовности ЛВС с кольцевой топологией с точки зрения функционирования РЗА?**
    а) **Время восстановления топологии и количество коммутаторов в кольце ✓**
    б) Длина имён устройств
    в) Количество VLAN
    г) Версия ПО анализатора

13. **Какое из повреждений не приведёт к полному прекращению передачи коммутатором с двумя резервированными блоками питания?**
    а) **Отказ одного блока питания ✓**
    б) Отказ коммутационной матрицы
    в) Отказ обоих блоков питания
    г) Отказ центрального процессора

14. **Какой фактор позволяет увеличить коэффициент готовности в сети с параллельным резервированием (PRP)?**
    а) Объединение LAN A и LAN B одним коммутатором
    б) **Независимые кабельные трассы и источники питания для LAN A и LAN B ✓**

в) Увеличение числа VLAN

г) Отключение supervision frames

15. **Какие данные коммутатор, интегрированный в АСУ ТП по МЭК 61850-8-1, передаёт по протоколу MMS?**

а) Сообщения GOOSE других ИЭУ

б) **Состояние портов, диагностику резервирования и неисправности** ✓

в) Файлы конфигурации ИЭУ

г) Осциллограммы аварий