



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

ООП Цифровая энергетика в нефтегазовой отрасли

Отделение школы (НОЦ) Отделение электроэнергетики и электротехники

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА

Тема работы
<i>Моделирование систем обмена данными между устройствами АСУ ТП высокоавтоматизированных подстанций</i>

УДК 621.311.4-5: 621.3.037.752

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ1Н	Хандажабэ Жаргал Хандажапович		08.06.2023

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ	Кулешова Е.О.	к.ф.-м.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСНГ ШБИП ТПУ	Спицына Л.Ю.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Антоневич О.А.	к.б.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Цифровая энергетика в нефтегазовой отрасли, доцент	Бацева Н.Л.	к.т.н., доцент		

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП
ЦИФРОВАЯ ЭНЕРГЕТИКА В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ**

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки
ОПК(У)-2	Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен создавать цифровые модели энергообъектов, сетевых районов, электротехнических устройств, устройств на базе силовой электроники, систем автоматического регулирования для решения исследовательских и технологических задач, анализировать процессы и интерпретировать результаты
ПК(У)-2	Способен применять нормативно-техническую документацию для разработки проектной документации и при эксплуатации энергообъектов и электротехнических устройств
ПК(У)-3	Способен обеспечивать эффективную эксплуатацию оборудования объектов электроэнергетики, включая цифровые подстанции, микропроцессорные защиты и комплексы противоаварийной автоматики, телемеханики
ПК(У)-4	Способен осуществлять оперативное управление режимами работы объектов электроэнергетики, энергорайонов, в том числе с применением автоматизированных систем технологического управления
ПК(У)-5	Способен применять методы, позволяющие прогнозировать электропотребление и управлять им
ПК(У)-6	Способен разрабатывать, модернизировать и эксплуатировать программно-аппаратное обеспечение информационных систем и систем управления технологическим процессом
ПК(У)-7	Способен управлять процессами на объектах энергетики, проводит верификацию энергоэффективности систем электроснабжения объектов и технологических установок



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики

Направление подготовки (ООП) 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Уровень образования Магистратура

Отделение школы (НОЦ) Отделение электроэнергетики и электротехники

Период выполнения весенний семестр 2022/2023 учебного года

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
5AM1H	Хандажабэ Жаргал Хандажапович

Тема работы:

Моделирование систем обмена данными между устройствами АСУ ТП высокоавтоматизированных подстанций

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	08.06.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
16.05.2022	1. Описание передачи данных между устройствами АСУ ТП высокоавтоматизированных подстанций	10
10.11.2022	2. Описание стенда «Цифровая подстанция»	5
15.12.2022	3. Разработка структурной схемы стенда «Цифровая подстанция»	10
14.02.2023	4. Моделирование АСУ ТП высокоавтоматизированной подстанции	15
18.03.2023	5. Настройка конфигурации терминала защиты БМРЗ-159	15
23.03.2023	6. Интеграция логической схемы функционала АПВ в ПО «Конфигуратор-МТ»	15
22.05.2023	5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
26.05.2023	6. Социальная ответственность	10
26.05.2023	Приложение А. Modeling of automatic process control system of a highly automated substation	10
Итого		100

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кулешова Е.О.	к.ф.-м.н., доцент		14.02.2023

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бацева Н.Л.	к.т.н., доцент		14.02.2023

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM1H	Хандажабэ Ж.Х.		14.02.2023



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики

Направление подготовки (ООП) 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Отделение школы (НОЦ) Отделение электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

 27.04.2023 Бацева Н.Л.

(Подпись) (Дата) (ФИО)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
5AM1H	Хандажабэ Жаргал Хандажапович

Тема работы:

<i>Моделирование систем обмена данными между устройствами АСУ ТП высокоавтоматизированных подстанций</i>	
<i>Утверждена приказом директора (дата, номер)</i>	<i>26.04.2023 №166-10/с</i>

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	08.06.2023
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</i></p>	<p>Объект исследования – стенд “Цифровая подстанция”. Исходными данными являются стенд “Цифровая подстанция”, комплектация оборудования, инструкция по эксплуатации ПО.</p>
<p>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке <i>(аналитический обзор литературных источников с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе)</i></p>	<p>Целью работы является моделирование АСУ ТП высокоавтоматизированной подстанции, совершающей обмен информацией по протоколу МЭК 61850 и интеграция информационной модели в SCADA.</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Отсутствуют</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Антоневич Ольга Алексеевна

Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Спицына Любовь Юрьевна
Английская часть	Егорова Юлия Ивановна
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
Modeling of automatic process control system of a highly automated substation	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	14.02.2023
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ	Кулешова Е.О.	к.ф.-м.н., доцент		27.04.2023

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM1H	Хандажабэ Жаргал Хандажапович		27.04.2023

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5AM1H	Хандажабэ Жаргалу Хандажаповичу

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение школы (НОЦ)	Цифровая энергетика в нефтегазовой отрасли
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет проекта – не более 1,2 млн. руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 600 тыс. руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 4,4 баллов из 5
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Анализ и оценка конкурентоспособности НИ FAST-анализ SWOT-анализ
2. Разработка устава научно-технического проекта	НТИ выполнено в рамках выпускной квалификационной работы, разработка устава не требуется
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Формирование плана и графика разработки: определение структуры работ, контрольные события проекта, разработка графика Гантта. Формирование бюджета затрат на НИ: материальные затраты, амортизационные отчисления, заработная плата, отчисления на социальные цели, производственные командировки, накладные расходы.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Определение эффективности проекта (оценка результатов)

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. FAST-анализ 3. Матрица SWOT 4. Диаграмма Гантта 5. График проведения и бюджет НТИ 6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Спицына Любовь Юрьевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM1H	Хандажабэ Жаргал Хандажапович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
5AM1H		Хандажабэ Жаргалу Хандажаповичу	
Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение (НОЦ)	Цифровая энергетика в нефтегазовой отрасли
Уровень образования	магистратура	Направление/ специальность	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Тема ВКР:

<p>Моделирование систем обмена данными между устройствами АСУ ТП высокоавтоматизированных подстанций</p>	
<p>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</p>	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p>Объект исследования: шкаф управления Область применения: энергетика, электростанции, АСУ ТП Рабочая зона: офис Размеры помещения: 4*7 м. Количество и наименование оборудования рабочей зоны: компьютерный стол (1шт.), компьютер с плоским монитором (1 шт.), шкаф управления с микропроцессорными терминалами защит (1 шт.), ПО SCADA (1 шт.) Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: диагностика, учет, контроль, измерение технологических параметров и дистанционное управление оборудованием подстанции</p>
<p>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</p>	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – Трудовой Кодекс РФ; – ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования; – СП 2.2.3670-20 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда" (постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 02.12.2020 г. №40); – ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408 "Методы и средства обеспечения безопасности, критерии оценки безопасности информационных технологий"; – ГОСТ Р МЭК 60950-2002 "Безопасность оборудования информационных технологий".
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов – Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора 	<ul style="list-style-type: none"> – Вредные факторы: Недостаточная освещенность рабочего места; Повышенный уровень шума; Отклонение параметров микроклимата; Повышенный уровень электромагнитных излучений; Нервно-психические перегрузки; – Опасные факторы: Резкое повышение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека

3. Экологическая безопасность <u>при разработке проектного решения</u>	Воздействие на селитебную зону: отсутствуют Воздействие на литосферу: отходы от замены или ремонта оборудования Воздействие на гидросферу: отсутствуют Воздействие на атмосферу: отсутствуют
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях <u>при разработке проектного решения</u>	Возможные ЧС: техногенные катастрофы, пожар Наиболее типичная ЧС: пожар
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич Ольга Алексеевна	к.б.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM1H	Хандажабэ Жаргалу Хандажаповичу		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 141 страниц, 103 рисунка, 32 таблиц, 26 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: высокоавтоматизированная подстанция, протокол, МЭК 61850, шкаф управления, микропроцессорный терминал, блок.

В данной работе объектом исследования является стенд «Цифровая подстанция».

Целями данного дипломного проекта является моделирование АСУ ТП высокоавтоматизированной подстанции, совершающей обмен информацией по протоколу МЭК 61850 и интеграция информационной модели в SCADA.

В процессе исследования проводилось моделирование высокоавтоматизированной подстанции по протоколу МЭК 61850, а также интегрирование функции АПВ в логическую схему блока БМРЗ.

В результате была смоделирована высокоавтоматизированная подстанция с прописанными динамики на устройства подстанции и интегрирована функция АПВ в терминал БМРЗ-159.

Область применения: результаты данной работы могут быть применены для сотрудников энергетической компании, а также студентов при эксплуатации шкафа управления.

Выпускная квалификационная работа выполнена с помощью следующих программных комплексов: MS Visio 2016, MS Word 2016, MS Excel 2016, SCADA, МиКРА, Конфигуратор-МТ.

Аббревиатуры

АРМ – Автоматизированное рабочее место;

АСУ ТП - автоматизированная система управления технологическими процессами;

ИЭУ - интеллектуальное электронное устройство;

ЛВС - локальная вычислительная сеть;

МЭК - международная электротехническая комиссия;

ПС - подстанция;

РЗА - релейная защита и автоматика;

ТН - трансформатор напряжения;

ТТ - трансформатор тока;

АПВ – автоматическое повторное включение;

ШПАС - шкаф преобразователей аналоговых сигналов;

ШПДС - шкаф преобразователей дискретных сигналов

GOOSE - Generic Object Oriented Substation Event (англ.) – общие объектноориентированные события на подстанции;

MMS - Manufacturing Message Specification (англ.) – протокол МЭК 61850- 8-1 для передачи данных от интеллектуальных устройств в систему управления;

SV - Sampled Values (англ.) – протокол МЭК 61850-9-2 для передачи мгновенных значений тока и напряжения от измерительных трансформаторов.

Содержание

Введение	2
1. Передача данных по протоколу МЭК 61850	3
2. Описание стенда “Цифровая подстанция”	13
2.1. Цифровое оборудование шкафа управления.....	14
2.1.1. Микропроцессорный терминал «ТОР 300»	14
2.1.2. Микропроцессорный терминал «БМП3-159»	19
2.1.3. Микропроцессорный терминал «БЭ2502А».....	22
3. Разработка структурной схемы стенда «Цифровая подстанция».....	27
4. Моделирование АСУ ТП высокоавтоматизированной подстанции	30
4.1. Интеграция электронной схемы в SCADA систему	30
4.1.1. Настройка микропроцессорных терминалов защит в SCADA	30
4.1.2. Настройка модулей связи протокола МЭК 61850	32
4.2. Конфигурация устройств шкафа управления	38
4.2.1. Конфигурация терминала ТОР300.....	38
4.2.2. Конфигурация устройств преобразователей аналоговых сигналов	42
4.2.3. Конфигурация устройств преобразователей дискретных сигналов	45
4.3. Мониторинг устройств ТОР300	47
4.4. Настройка конфигурации SCADA системы.....	49
5. Настройка терминала защиты БМП3-159	55
5.1. Мониторинг сети.....	55
5.2. Настройка РЗА	58
5.3. Коммуникации	64
6. Настройка АПВ в конфигураторе-МТ.....	66
7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	68
7.1. Предпроектный анализ.....	68
7.2. Инициация проекта.....	81
7.3. Планирование научно-исследовательских работ	84
8. Социальная ответственность.....	100
8.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	101
8.2. Производственная безопасность	103
8.3. Экологическая безопасность	111
8.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	112
Заключение.....	115
Список используемых источников	117
Приложение А.....	120

Введение

В настоящее время энергетика трансформируется так же стремительно, как и сами информационные технологии. В отрасли энергетики начинают внедряться новые стандарты коммуникаций, определяющие протоколы связи для интеллектуальных электронных устройств на подстанциях, модернизируются аппаратные и программные комплексы систем управления распределительными энергетическими объектами. Подстанция должна быть оснащена комплексом цифровых устройств, обеспечивающих функционирование систем релейной защиты и автоматики, АСУ ТП (автоматизированная система управления технологическими процессами), устройств учета электроэнергии, регистрации аварийных событий по протоколу МЭК 61850.

Цифровое устройство – устройство, предназначенное для приема, обработки, хранения и выдачи цифровой информации [1].

Внедрение международных стандартов электротехнической комиссии позволяет объединить все технологические устройства подстанции в единую информационную сеть, что позволяет передавать данные от измерительных устройств к терминалам РЗА, а также сигналы телеуправления. Это упрощает задачи автоматизации и управления энергообъектами, а также создает возможность конструирования новых типов высокоавтоматизированных подстанций.

Высокоавтоматизированная подстанция – это подстанция, которая выполняет основные технологические функции передачи, распределения, снабжения и преобразования электроэнергии потребителя, которая состоит из интеллектуальных электронных устройств, соединенных по протоколу МЭК 61850. Это позволяет сохранять согласованность работы различных устройств, обеспечивает высокую автоматизацию процессов управления и ведет к созданию современной цифровой инфраструктуры для энергетических объектов.

1. Передача данных по протоколу МЭК 61850

Стандарт МЭК 61850 является спецификацией для обмена данными на подстанциях, который позволяет реализовать различные функции, включая защиту, управление, мониторинг и измерения. Он также позволяет интегрировать схемы в SCADA систему для обмена информацией между уровнями присоединения и станционными уровнем, блокировки и отключения. Стандарт позволяет использовать преимущества интерфейса Ethernet такие как: производительность и безопасность, которые необходимы при эксплуатации современных подстанций. Он регламентирует вопросы по передаче информации между отдельными устройствами, а также вопросы формализации схем подстанции, измерений, защиты, конфигурации устройств, автоматики [2].

Стандарт имеет три протокола, по которым он обменивается информацией между уровнями АСУ ТП:

Передача по MMS

MMS (Manufacturing Message Specification – стандарт МЭК 61850-8-1) – протокол передачи данных реального времени и команд диспетчерского управления между сетевыми устройствами и/или программными приложениями [2].

Протокол MMS является клиент-серверным протоколом, взаимодействующим с полной моделью OSI, работающей поверх стека TCP/IP. Однако использование данного протокола для передачи данных может привести к задержкам.

MMS-сообщения предназначены для передачи информации между серверами АСУ ТП и устройствами, находящимися на шине подстанции или шине процессов.

Протокол MMS представляет собой описание структуры сообщений и методов их кодирования, необходимых для передачи по сети. Кроме того, MMS использует стек TCP/IP в качестве коммуникационного протокола.

MMS задает следующие элементы:

- стандартные объекты, на которых выполняются операции, которые обязательно должны присутствовать на устройстве, такие как переменные для чтения и записи, уведомления о событиях и т.д.;
- стандартные сообщения для взаимодействия между клиентом и сервером для операций управления;
- правила кодирования сообщений, определяющие, как значения и параметры преобразуются в биты и байты при передаче;
- протоколы для обмена сообщениями между устройствами.

Передача GOOSE-сообщения

GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event – стандарт МЭК 61850-8-1) – протокол передачи данных о событиях на подстанции. Фактически данный протокол служит для замены медных кабельных связей, предназначенных для передачи дискретных сигналов между устройствами [2].

Рассмотрим GOOSE-сообщение (рисунок 1), отправленное терминалом защиты среднего напряжения (первая ступень МТЗ)

AppID - видимая строка, которая представляет логическое устройство LD, в котором размещен блок управления GoCB. Значение атрибута AppID по умолчанию должно быть таким, как в объектной ссылке блока управления GoCB. Однако это значение может быть настроено на другое значение как часть конфигурации всей системы.

Атрибут AppID является строкой, которая идентифицирует логическое устройство LD, содержащее блок управления GoCB. Значение атрибута AppID по умолчанию соответствует значению объектной ссылки блока управления GoCB, но может быть изменено в рамках общей конфигурации системы.

```

GOOSE
  APPID: 0x3003 (12291)
  Length: 148
  Reserved 1: 0x0000 (0)
  Reserved 2: 0x0000 (0)
  gosePdu
    gobref: TOR200_LGIO/LLN0$G0$L_TST3
    timeAllowedtoLive: 10000
    datSet: TOR200_LGIO/LLN0$DS_TST3
    goID: L_TST3
    t: Nov 2, 2015 07:06:43.088000059 UTC
    stNum: 3
    sqNum: 1329
    test: False
    confRev: 1
    ndsCom: False
    numDatSetEntries: 2
  allData: 2 items
    Data: structure (2)
      structure: 3 items
        Data: boolean (3)
          boolean: False
        Data: bit-string (4)
          Padding: 3
          bit-string: 0000
        Data: utc-time (17)
          utc-time: Nov 2, 2015 07:06:43.088000059 UTC
      Data: structure (2)
        structure: 3 items
          Data: boolean (3)
            boolean: False
          Data: bit-string (4)
            Padding: 3
            bit-string: 0000
          Data: utc-time (17)
            utc-time: Nov 2, 2015 07:06:43.088000059 UTC

```

Рисунок 1 – GOOSE-сообщение

goID – идентификатор GOOSE – сообщения

t – временная метка. Параметр t содержит момент времени, когда атрибут StNum был увеличен.

StNum - номер состояния

Параметр StNum содержит счетчик, показания которого увеличиваются на единицу каждый раз, когда послано GOOSE-сообщение и зафиксировано изменение значения внутри набора данных DATA-SET, определяемого с помощью параметра DatSet.

SqNum - порядковый номер. Параметр SqNum содержит счетчик, показания которого увеличиваются на единицу каждый раз, когда послано GOOSE-сообщение.

Исходное значение для параметра SqNum должно равняться 1. Нулевое значение должно быть зарезервировано.

Параметр Test указывает при значении логической единицы (TRUE), что значения в сообщении не должны использоваться для эксплуатационных целей.

allData: 1 item – всего данных: 1 элемент
structure: 3 items – структура: 3 элемента

Data: boolean – (тип данных Boolean) говорит о несрабатывании (логический ноль или «false»).

Data: bit-string – (тип данных bit-string (качество), говорит о качестве дискретного сигнала.

Data: utc-time– (тип данных метка времени), говорит о времени изменения GOOSE-сообщения.

Таким образом, в этом сообщении имеется в виду, что срабатывания первой ступени не произошло.

Согласно рисунку 2 GOOSE-пакет содержит все текущие значения атрибутов данных в наборе данных, и при изменении любого из значений атрибутов, устройство немедленно инициирует отправку нового GOOSE-пакета с обновленными данными.

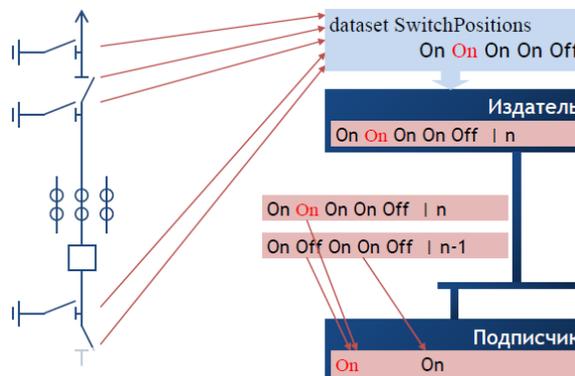


Рисунок 2 – Передача GOOSE-сообщений

Для идентификации персонала на канальном уровне используются MAC-адреса, которые представляют собой физические адреса устройств в сети. Ethernet предоставляет функцию групповой рассылки сообщений (Multicast), когда MAC-адрес адресата заменяется на адрес групповой рассылки. Протокол GOOSE использует определенный диапазон адресов для осуществления мультиадресной передачи данных (Рисунок 3).

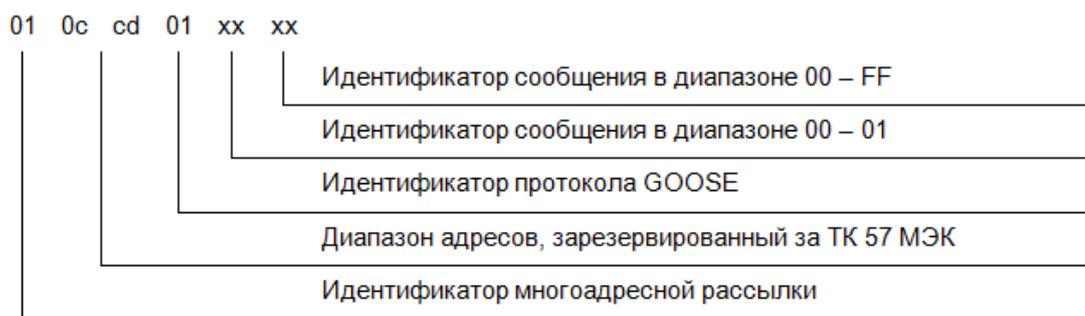


Рисунок 3 – Диапазон адресов многоадресной рассылки для GOOSE-сообщений

Информация, передаваемая устройством-отправителем в сети Ethernet, осуществляется в формате широковещательного сообщения. В сообщении присутствует информация об адресе отправителя, адресах получающих устройств, и значении сигнала. Устройство, которое получает сообщение, обрабатывает его, в то время как остальные устройства его игнорируют. (рисунок 4). Из-за возможности передачи GOOSE-сообщений нескольким адресатам, подтверждения факта получения сообщения адресатами отсутствует. По этой причине, передача GOOSE-сообщений происходит периодически и с определенной частотой. Например, терминалы защит могут отправлять GOOSE-сообщения друг другу каждые 2 с, с минимальным временем между отправками сообщений в 10 мс. Приведенный пример демонстрирует этот процесс.

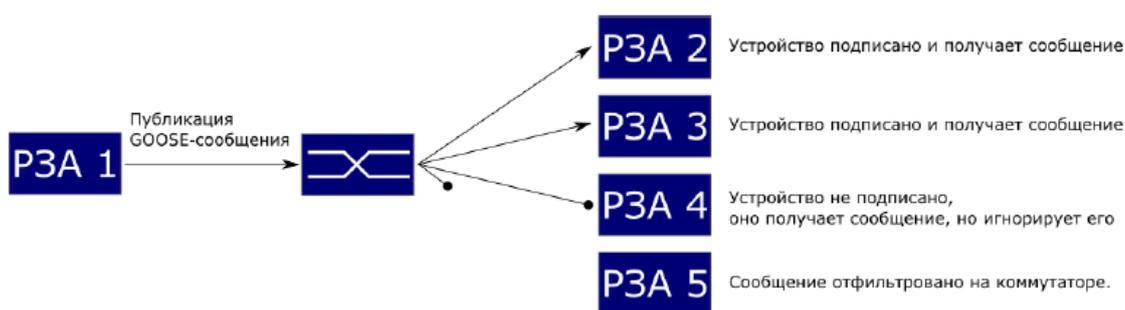


Рисунок 4 – Схема передачи GOOSE-сообщений

При анализе рисунка 5 можно заметить, что в строке 3934 отображается информация о том, что терминал не сработал (значение состояния stVal равно "False" или "0"). Время изменения GOOSE-сообщения составило 63.152468.

```

3934 63.152468 Llab11it_01:03:29 Iec-Tc57_01:00:01 GOOSE 439
4072 64.790562 Llab11it_01:03:29 Iec-Tc57_01:00:01 GOOSE 437
4076 64.799883 Llab11it_01:03:29 Iec-Tc57_01:00:01 GOOSE 437
4081 64.810195 Llab11it_01:03:29 Iec-Tc57_01:00:01 GOOSE 437
4101 64.886191 Llab11it_01:03:29 Iec-Tc57_01:00:01 GOOSE 437
4112 64.925070 Llab11it_01:03:29 Iec-Tc57_01:00:01 GOOSE 438
4127 65.004812 Llab11it_01:03:29 Iec-Tc57_01:00:01 GOOSE 438
4184 65.165040 Llab11it_01:03:29 Iec-Tc57_01:00:01 GOOSE 438
4201 65.285358 Llab11it_01:03:29 Iec-Tc57_01:00:01 GOOSE 438
Ethernet II, Src: Liabil1t_01:03:29 (70:14:04:01:03:29), Dst: Iec-Tc57_0
GOOSE
  APPID: 0x2001 (8193)
  Length: 425
  Reserved 1: 0x0000 (0)
  Reserved 2: 0x0000 (0)
  goosePdu
    gocbRef: D25501_500_ICTRL/LLN0$G0$D25501_SH500_I_CTRL
    timeAllowedtoLive: 4000
    datSet: D25501_500_ICTRL/LLN0$DS_TR
    goID: D25501_SH500_I_CTRL
    t: Jun 23, 2015 11:54:12.29899965 UTC
    stNum: 7
    sqNum: 184
    test: False
    confRev: 1
    ndsCom: False
    numDatSetEntries: 14
    allData: 14 items
      Data: structure (2)
        structure: 3 items
          data: boolean (3)
            boolean: False
          data: bit-string (4)
            Padding: 3
            bit-string: 0000
          data: utc-time (17)
            utc-time: Jun 23, 2015 11:54:12.29899965 UTC
      Data: structure (2)
        structure: 3 items

```

Рисунок 5 – Пример GOOSE-сообщения без срабатывания

Рассмотрим следующую информацию, изображенную на рисунке 8, на строчке 4072: терминал был активирован (stVal имеет значение "True") и время изменения GOOSE-сообщения составляет 64,790562.

```

3813 61.132804 Llab11it_01:03:29 Iec-Tc57_01:00:01 GOOSE 439
3824 63.152468 Llab11it_01:03:29 Iec-Tc57_01:00:01 GOOSE 439
4072 64.790562 Llab11it_01:03:29 Iec-Tc57_01:00:01 GOOSE 437
4076 64.799883 Llab11it_01:03:29 Iec-Tc57_01:00:01 GOOSE 437
4081 64.810195 Llab11it_01:03:29 Iec-Tc57_01:00:01 GOOSE 437
4101 64.886191 Llab11it_01:03:29 Iec-Tc57_01:00:01 GOOSE 437
4112 64.925070 Llab11it_01:03:29 Iec-Tc57_01:00:01 GOOSE 438
4127 65.004812 Llab11it_01:03:29 Iec-Tc57_01:00:01 GOOSE 438
4184 65.165040 Llab11it_01:03:29 Iec-Tc57_01:00:01 GOOSE 438
4201 65.285358 Llab11it_01:03:29 Iec-Tc57_01:00:01 GOOSE 438
Ethernet II, Src: Liabil1t_01:03:29 (70:14:04:01:03:29), Dst: Iec-Tc57_0
GOOSE
  APPID: 0x2001 (8193)
  Length: 423
  Reserved 1: 0x0000 (0)
  Reserved 2: 0x0000 (0)
  goosePdu
    gocbRef: D25501_500_ICTRL/LLN0$G0$D25501_SH500_I_CTRL
    timeAllowedtoLive: 20
    datSet: D25501_500_ICTRL/LLN0$DS_TR
    goID: D25501_SH500_I_CTRL
    t: Jun 23, 2015 12:00:06.49799966 UTC
    stNum: 8
    sqNum: 0
    test: False
    confRev: 1
    ndsCom: False
    numDatSetEntries: 14
    allData: 14 items
      Data: structure (2)
        structure: 3 items
          data: boolean (3)
            boolean: True
          data: bit-string (4)
            Padding: 3
            bit-string: 0000
          data: utc-time (17)
            utc-time: Jun 23, 2015 12:00:06.49799966 UTC
      Data: structure (2)
        structure: 3 items
          data: boolean (3)
            boolean: True
          data: bit-string (4)

```

Рисунок 6 – Пример GOOSE-сообщения со срабатыванием

На рисунке 7 показано, что после того, как терминал сработал, GOOSE-сообщения начинают передаваться повторно до тех пор, пока интервал между сообщениями не достигнет периода отправки, который составляет 2 секунды.

o.	Time	Source	Destination	Protocol	Length
3934	63.152468	Liabilit_01:03:29	Iec-Tc57_01:00:01	GOOSE	439
4072	64.790562	Liabilit_01:03:29	Iec-Tc57_01:00:01	GOOSE	437
4078	64.799885	Liabilit_01:03:29	Iec-Tc57_01:00:01	GOOSE	437
4083	64.810195	Liabilit_01:03:29	Iec-Tc57_01:00:01	GOOSE	437
4101	64.886191	Liabilit_01:03:29	Iec-Tc57_01:00:01	GOOSE	437
4112	64.925070	Liabilit_01:03:29	Iec-Tc57_01:00:01	GOOSE	438
4127	65.004812	Liabilit_01:03:29	Iec-Tc57_01:00:01	GOOSE	438
4184	65.165040	Liabilit_01:03:29	Iec-Tc57_01:00:01	GOOSE	438
4293	65.485358	Liabilit_01:03:29	Iec-Tc57_01:00:01	GOOSE	438
4409	66.124707	Liabilit_01:03:29	Iec-Tc57_01:00:01	GOOSE	438
4534	67.404818	Liabilit_01:03:29	Iec-Tc57_01:00:01	GOOSE	438
4663	69.404245	Liabilit_01:03:29	Iec-Tc57_01:00:01	GOOSE	438
4782	71.404142	Liabilit_01:03:29	Iec-Tc57_01:00:01	GOOSE	438

Рисунок 7 – Пример спонтанной передачи GOOSE-сообщений

Эта технология повторной передачи сообщений возможна благодаря гарантированному получению сообщения адресатом и обеспечивает контроль за работой линии связи и устройствами. Если возникают неисправности, то они мгновенно обнаруживаются через определенный период времени передачи GOOSE-сообщений. В отличие от традиционных методов передачи сигналов, которые могут выявиться лишь в процессе обслуживания устройств или при ошибке в работе системы РЗА.

В соответствии с действующим стандартом МЭК 61850-5 максимальное время передачи GOOSE-сообщения не должно превышать 3 мс для быстрого выполнения сигналов срабатывания защит, пусков АПВ и УРОВ и иных исполнительных механизмов. В таблице 1 представлены другие нормативы времени для сигналов [3].

Таблица 1 – Нормированное время передачи сигналов

Тип сигнала	Максимальное время передачи, мс
Сигнал отключения, блокировки	3
Снятие блокировки, изменение состояния	10
Быстрые автоматические взаимодействия	20
Медленные автоматические взаимодействия	100
Команды оператора	500
Регистрация событий, сигнализация	1000
Файлы, журналы событий	>1000

Передача по SV

SV (Sampled Values – стандарт МЭК 61850-9-2) – протокол передачи оцифрованных мгновенных значений от измерительных трансформаторов

тока и напряжения (ТТ и ТН). Данный протокол позволяет заменить цепи переменного тока, соединяющие устройства РЗА с ТТ и ТН [2].

Рассмотрим структуру Ethernet кадра, используемую в МЭК 61850-92LE для передачи данных [4].

Так поле Destination address является MAC-адресом устройства. На подстанциях используется многоадресная рассылка SV-сообщений, и для этого в стандарте было выделен набор адресов от 01-0C-CD-04-00-00 до 01-0C-CD-04-01-FF.

Поле Source address - MAC-адрес устройства, который является источником SV-сообщений.

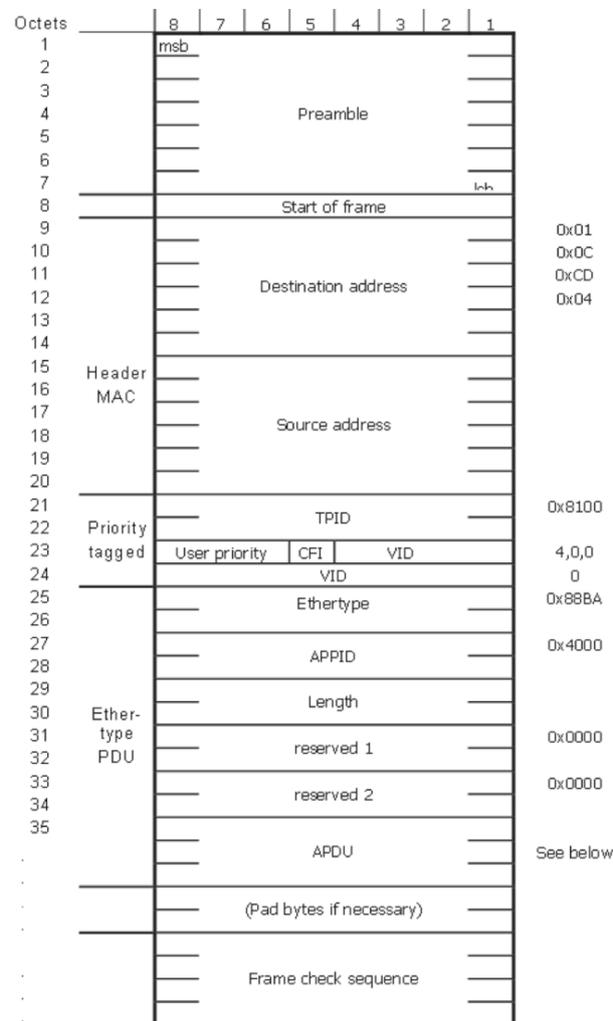


Рисунок 8 – Структура кадра Ethernet в соответствии с МЭК 61850-92LE

Согласно стандарту МЭК 61850-9-2, структуру сообщений SV можно разделить на три уровня: Ethernet-фреймы SV на первом уровне, APDU на

втором уровне и ASDU на третьем уровне (рисунок 9) [4]. Для удобства работы с сообщениями также выделяется четвертый уровень, который называется PhsMeas1.

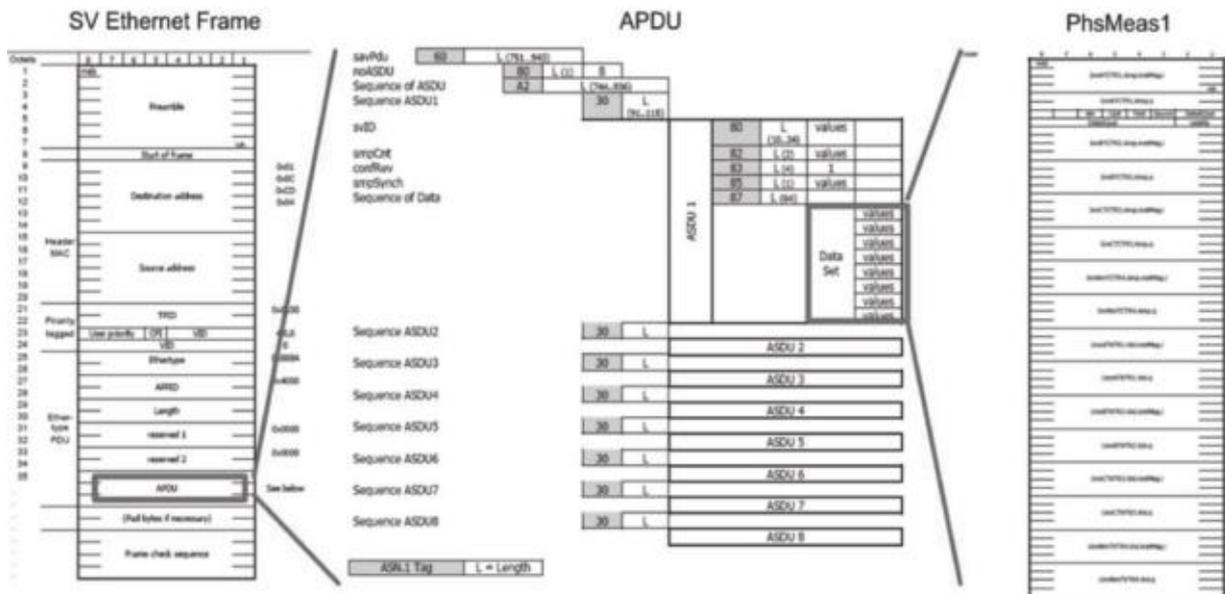


Рисунок 9 — Трехуровневая модель SV сообщения

На рисунке 10 демонстрируется участок отфильтрованных данных потока мгновенных значений напряжения и тока, соответствующий стандарту МЭК 61850-9-2 LE. Эта информация была собрана при помощи программы WireShark, способной захватывать и анализировать сетевой трафик [5].

```

Ethernet II, Src: Armorlin_10:79:82 (00:18:7d:10:79:82), Dst: EquipTra_00:00:00 (01:01:00:00:00:00)
  Destination: EquipTra_00:00:00 (01:01:00:00:00:00)
    Address: EquipTra_00:00:00 (01:01:00:00:00:00)
      ....0. .... = LG bit: Globally unique address (factory default)
      ....1. .... = IG bit: Group address (multicast/broadcast)
  Source: Armorlin_10:79:82 (00:18:7d:10:79:82)
  Type: IEC 61850/SV (Sampled Value Transmission (0x88ba))
IEC61850 Sampled Values
  APPID: 0x433e
  Length: 723
  Reserved 1: 0x0000 (0)
  Reserved 2: 0x0000 (0)
  savPdu
    noASDU: 8
    seqASDU: 8 items
      ASDU
        svID: METER
        smpCnt: 8768
        confRef: 1
        smpSynch: local (1)
      PhsMeas1
        value: -57205
        quality: 0x00000000, validity: good, source: process
          ....00 = validity: good (0x00000000)
          ....0.. = overflow: False
          ....0... = out of range: False
          ....0 .... = bad reference: False
          ....0. .... = oscillatory: False
          ....0. .... = failure: False
          ....0... = old data: False
          ....0 .... = inconsistent: False

```

Рисунок 10 — -SV-сообщение, захваченное с помощью программы

Протокол использует модель издатель/подписчик и механизмы широковещательной или многоадресной рассылки. Эта модель позволяет передавать одинаковую информацию нескольким пользователям через сеть, избегая перегрузки каналов связи.

Данное указание позволяет читать трафик сети с цифрового оборудования с помощью ПО Wireshark. Для чтения трафика с блока необходимо установить связь между микропроцессорным терминалом и АРМ - ом.

Связь устанавливается с помощью программного обеспечения Микра, конфигуратор-МТ и SCADA системы, в котором используются различные протоколы передачи данных (МЭК 60870 -1, 60870-4; Modbus TRU, TCP; МЭК 61850 и т.п.) для их связи и обмена информацией между устройствами АСУ ТП.

2. Описание стенда “Цифровая подстанция”

Стенд “Цифровая подстанция” является шкафом управления, содержащим в себе различные микропроцессорные устройства. Он отвечает за преобразование и передачу данных на АРМ оператора, а также содержит в себе функции телеуправления оборудованием подстанцией. Обмен информации между устройствами АСУ ТП происходит по протоколу стандарта МЭК 61850.

Так на рисунке 11 изображен шкаф управления, который имеет следующий список микропроцессорных устройств: терминал РЗА-ТОР300, блок микропроцессорный РЗ БМРЗ-159 и терминал ЭКРА.



Рисунок 11 – Шкаф управления

Данный стенд рассчитан на изучение базовых понятий работы с цифровым оборудованием и программ обеспечения АСУ ТП, в котором можно будет настроить терминалы защит, спроектировать экранные формы и задать логику функции РЗА.

2.1. Цифровое оборудование шкафа управления

2.1.1. Микропроцессорный терминал «ТОР 300»

Терминал «ТОР 300» — это микропроцессорное устройство, которое обеспечивает функции релейной защиты, автоматизации, управления, сигнализации и регистрации событий на объектах энергетики напряжением от 6 до 750 кВ [6]. Кроме того, он также способен создавать интеллектуальные энергосистемы и цифровые подстанции с поддержкой МЭК 61850-8-1 (9-2).

Терминал является свободно конфигурируемым. Для данного терминала разработаны функциональные логические схемы при помощи инструмента графического программирования, который позволяет настраивать дискретные и аналоговые входы, кнопки управления, светодиоды, осциллограф, регистратор и пользовательский интерфейс. Благодаря свободно программируемой логике, типовые функциональные схемы могут быть модифицированы в соответствии с конкретными характеристиками защищаемого объекта.

Связь с АСУ и системой мониторинга подстанции осуществляется в соответствии со следующими стандартами:

- IEC 60870-5-103
- MODBUS;
- IEC 61850

Синхронизация времени на терминалах происходит через использование односекундных импульсов PPS, которые могут быть получены от GPS, подстанционной системы синхронизации, а также через протоколы IEC 60870-5-103, NTP/SNTP.

Функции устройства

Комплекс функций терминала включает в себя обеспечение релейной защиты, автоматизации, сигнализации и управления энергообъектами, а также измерительных, регистрационных, осциллографических функций и связь в соответствии с программным обеспечением.

Измерения

В данном терминале имеется возможность измерения и расчета различных показателей электрических схем, таких как ток, напряжение, мощность, сопротивление, энергия, частота сети, а также значения амплитуды, фазы, действующие значения, симметричные и аварийные составляющие сигналов. Кроме того, результаты измерений отображаются на дисплее и могут быть переданы по каналам связи.

Функции РЗА

Данные устройства оснащены необходимым набором функций релейной защиты и автоматики, предназначенных для сигнализации и управления различными элементами станций и подстанций, например, ЛЭП, трансформаторы, автотрансформаторы, реакторы, генераторы, шины, ошиновки, батареи статических конденсаторов и другие объекты энергетики с напряжением от 6 до 750 кВ.

Дискретные входы

Интерфейсы дискретных входов позволяют принимать и обрабатывать сигналы от внешних устройств. При помощи программного обеспечения возможно назначение определенных входов для внутреннего использования. Логическое значение соответствующей внутренней переменной устанавливается в соответствии с состоянием дискретного входа. Для передачи дискретных сигналов во внешнюю цепь предусмотрены выходные реле.

Светодиодная индикация

На лицевой панели устройства (Рисунок 12) установлено 38 светодиодов. Три из них имеют фиксированное назначение («ПИТАНИЕ», «ТЕСТ», «НЕИСПР»), а 35 светодиодов (32 светодиода общего назначения и три для индикации управления выключателем) могут быть сконфигурированы по необходимости. Различные режимы работы светодиодов описаны в таблице 2 [6].

Таблица 2 – Режимы работы светодиодов

Наименование светодиода	Режим свечения	Режим работы устройства
ПИТАНИЕ	зеленый	Подано напряжение питания устройства
ТЕСТ	зеленый	Устройство в режиме тестирования
НЕИСПР	красный	Обнаружена устойчивая внутренняя неисправность системой самодиагностики
ОТКЛ	красный	Выключатель отключен
ВКЛ	зеленый	Выключатель включен
МЕСТ УПР	зеленый	Ручное управление выключателями включено
	выключен	Ручное управление выключателями отключено

Передача данных в АСУ ТП

Для настройки команд дистанционного управления необходимо использовать специальное сервисное программное обеспечение. Количество доступных управляющих команд не может превышать 32.

Перечень параметров и событий для передачи данных в АСУ ТП определяется функциональной логической схемой проекта и используемыми функциональными блоками. Выбор параметров и уставок, передаваемых в АСУ ТП, осуществляется на этапе выполнения проекта в части АСУ ТП. Однако для нетиповых или измененных в ходе пусконаладочных работ функциональных логических схем перечень параметров устанавливается в процессе наладки.

Сервисное ПО

Программный комплекс МиКРА имеет следующие возможности:

- Осуществлять мониторинг терминалов, установленных на энергообъекте;
- Позволяет просматривать и редактировать уставки, фиксировать изменения и сравнивать файлы уставок;
- Дает возможность считывать и просматривать осциллограммы, пускать осциллограф в ручном режиме и изменять его настройки;

- Обеспечивает мониторинг текущих данных сигналов, диагностику каналов связи с устройствами;
- Позволяет читать и просматривать журнал регистрации событий;
- Предоставляет возможность настроить сигналы для дискретных входов, выходов, светодиодов, осциллографа и регистратора событий.

Пользовательский интерфейс

ИЧМ состоит из двух основных частей: модуля интерфейса пользователя и модуля светодиодов (Рисунок 12).

Модуль интерфейса пользователя обеспечивает двунаправленную связь. Это значит, что:

- События, требующие внимания оператора, могут быть отображены в пунктах меню системы.
- Оператор может самостоятельно запросить нужную информацию и получить ее на экране.

Функциональность модуля пользовательского интерфейса включает в себя отображение информации о текущем состоянии объекта управления и терминала, а также кнопки управления для взаимодействия с системой. Интерфейс терминала представлен в виде древовидного меню, которое можно навигировать с помощью кнопок управления.

Различные функции кнопок зависят от их положения в структуре меню в момент использования.

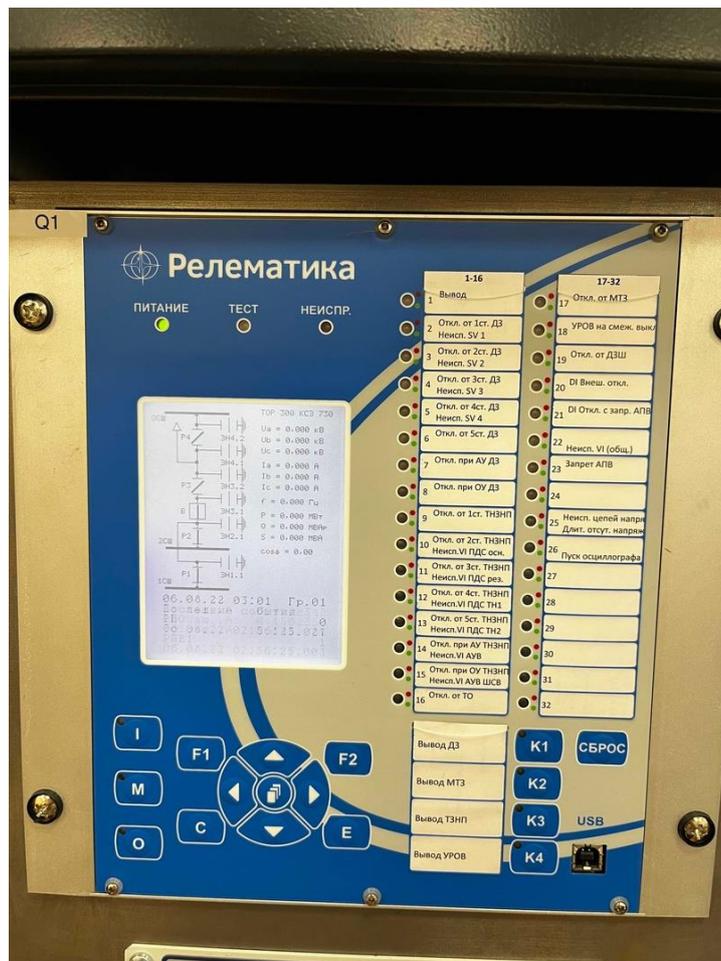


Рисунок 12 – Терминал ТОР300

Модуль индикации оснащен до 38 светодиодами, которые названы на лицевой панели в соответствии с их функциями.

Назначение кнопок управления

Кнопка «С» (Cancel) имеет две основные функции:

- **отмена** любой операции в диалоговом окне;
- **выход** из текущего режима или переход на более высокий уровень дерева меню.

Кнопка «Е» (Enter) выполняет следующие функции:

- **вход** в меню более низкого уровня, указанное курсором;
- **выполнение**, кнопка подтверждает выполнение действия, указанного на дисплее;
- **подтверждение** ввода числовых значений и выбора элемента списка;
- **переход** в режим быстрого редактирования параметров.

Кнопка «М» местное (ручное) управление выключателем.

Кнопка «I» включение выключателя.

Кнопка «O» отключение выключателя.

Кнопки «Влево» (◀) и «Вправо» (▶) производят:

- быстрое передвижение курсора по пунктам меню на одном уровне;

Кнопки «Вверх» (▲) и «Вниз» (▼) имеют четыре функции:

- передвижение курсора вверх, вниз по пунктам текущего меню на одном уровне;

- выбор вариантов подтверждения в диалоговом окне;

- изменение значения параметра в режиме редактирования;

- переключение между информационными окнами режима ожидания.

Кнопка «F1» предназначена для просмотра справочной информации по пункту меню **Уставки и Текущий режим** получения информации об описании уставки или сигнала.

Кнопка «F2» предназначена для быстрого перехода из экрана режима ожидания в соответствующее меню и режим расширенного редактирования.

Назначение кнопок «ВКЛ», «ОТКЛ» и «СБРОС» зависит от функциональной логической схемы. Обычно кнопки «ВКЛ» и «ОТКЛ» используются для управления коммутационным оборудованием, таким как выключатель. Кнопка «СБРОС» предназначена для сброса сигнализации терминала.

Сочетание кнопок «E» и «I» вызывает главное меню на блоке терминала.

2.1.2. Микропроцессорный терминал «БМРЗ-159»

БМРЗ-159 - микропроцессорный блок релейной защиты, который выполняет задачи автоматизации, релейной защиты, управления и сигнализации для присоединений напряжением от 6 до 35 кВ [7].

Программный модуль конфигурации, создаваемый в программном комплексе "Конфигуратор - МТ", содержит конфигурацию и параметры защит, автоматики, сигнализации и управления. Пользователь может создавать

дополнительные алгоритмы, учитывающие особенности защищаемого присоединения, а также настраивать свободно назначаемые выходные реле, оперативные и аварийные события, состав осциллограмм, светодиоды и коммуникации для связи с АСУ. Кроме того, пользователь может настраивать функции синхронизации времени блока.

Устройство и работа

БМРЗ-159 конструктивно выполнен в виде моноблока. Примеры лицевой панели и внешнего вида БМРЗ приведены на рисунке 13.

Блок предоставляет возможность оперативного управления выключателем только в одном режиме одновременно.

Для управления выключателем доступны три режима: местное управление (МУ), управление по дискретным сигналам (ДС) и управление по интерфейсам коммуникаций.

Оперативное управление может осуществляться через интерфейсы коммуникаций или по дискретным входам "ОУ Включить" и "ОУ Отключить", в зависимости от наличия или отсутствия сигнала на входе "ОУ" блока.

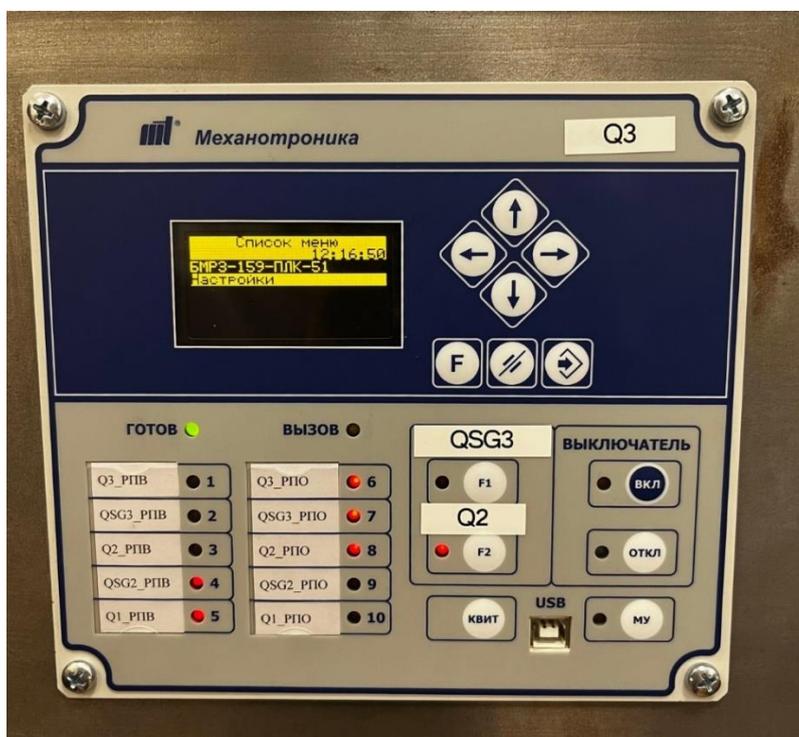


Рисунок 13 – Панель управления БМРЗ

Лицевая панель

На передней панели блока расположены шесть кнопок управления, 17 светодиодов, соединитель "USB" для связи с ПЭВМ и пульт с дисплеем и кнопками.

Кнопки управления лицевой панели имеют следующие функции:

- кнопка "МУ" - включение / отключение местного управления (далее - "МУ") выключателем;
- кнопки "ВКЛ", "ОТКЛ" - оперативное управление выключателем в "МУ";
- кнопка "КВИТ" - квитирование сигнализации;
- кнопка "F1" - назначаемая команда;
- кнопка "F2" - назначаемая команда.

Маркировка и состояние светодиодов указаны в таблице 3 [7].

Таблица 3 – Светодиоды блока

Маркировка	Состояние светодиода	Цвет
ГОТОВ	Включается после подачи оперативного питания на блок. Мигает при обнаружении неисправности блока, неправильной фазировке аналоговых входов. Гаснет при отсутствии питания или при отказе блока	Зеленый
ВЫЗОВ	Включается при срабатывании реле "Вызов". Мигает при аварии на шинке питания (при наличии соответствующего дискретного входа). Гаснет после квитирования. После пропадания и восстановления питания блока сохраняет свое состояние	Желтый
ВКЛ	Светится при наличии сигнала на входе "РПВ". Мигает при неопределенном состоянии "РПВ", "РПО"	Красный
ОТКЛ	Светится при наличии сигнала на входе "РПО". Мигает при неопределенном состоянии "РПВ", "РПО"	Зелёный
МУ	Местное управление. Светится в режиме "местного" управления выключателем	Красный
F1	Назначаемый светодиод	Красный
F2	Назначаемый светодиод	Красный
Светодиоды	Назначаемые светодиоды	Красный

Функции кнопок управления

Управление выключателем Q3. При нажатии **МУ** открывается управление выключателем Q3, т.е. при нажатии кнопки **ВКЛ** загорается светодиод Q3_РПВ, а при нажатии **ОТКЛ** загорается светодиод Q3_РПО. (Выключатель срабатывает при условии, что горит только светодиод **МУ**).

Управление заземлителем QSG3. При одновременной нажатии **F1** и **МУ** открывается управление QSG3. При нажатии кнопки **ВКЛ** загорается светодиод QSG3_РПВ, а при нажатии **ОТКЛ** загорается светодиод QSG3_РПО.

Управление выключателем Q2. При одновременной нажатии **F2** и **МУ** открывается управление Q2. При нажатии кнопки **ВКЛ** загорается светодиод Q2_РПВ и QSG2_РПО, а при нажатии **ОТКЛ** загорается светодиод Q2_РПО и QSG2_РПВ.

Нельзя одновременно включать и отключать Q2 и QSG3. При горящих светодиодах **МУ**, **F1** и **F2**.

2.1.3. Микропроцессорный терминал «БЭ2502А»

Терминал релейной защиты БЭ2502А предназначен для выполнения задач автоматизации, релейной защиты, управления и сигнализации присоединений электрических подстанций напряжением 6 - 35 кВ [8].

Управление блоком осуществляется через кнопки на передней панели и пульт с дисплеем и кнопками. Также возможно управление по последовательному каналу связи.

На лицевой панели расположена плата с органами индикации, включая светодиоды и символьный дисплей, а также кнопки управления. (рисунок 14).

Терминалы предназначены для установки в комплектных распределительных устройствах в шкафах или на панелях.

Терминалы БЭ2502А осуществляют следующие функции защит, ИО и автоматики:

- трёхступенчатую МТЗ от междуфазных повреждений;

- ЗОЗЗ;
- ЗДЗ;
- ЗНР;
- УРОВ;
- двукратное АПВ;
- АУВ;
- АЧР, ЧАПВ (по внешним сигналам или по внутренним сигналам*);
- ИО минимального напряжения пуска МТЗ по напряжению*;
- ИО направления мощности нулевой последовательности*;
- два ИО направления мощности для МТЗ*;
- ИО напряжения обратной последовательности*;
- ГЗ;
- одноступенчатую ЗМН*.



Рисунок 14 – Терминал ЭКРА

Символьный дисплей и кнопки управления на лицевой панели устройства используются для вывода текущих значений токов и напряжений, состояний дискретных входов, уставок и состояний программируемых ключей, а также для перепрограммирования терминала. Также на лицевой панели имеются светодиодные индикаторы для сигнализации текущего

состояния терминала, а также для сигнализации о срабатывании защит и автоматики.

Работа с терминалом

Для включения терминала необходимо подать на клеммы оперативного постоянного или переменного тока.

При правильном подключении на лицевой панели терминала должен загореться зеленый светодиодный индикатор «ПИТАНИЕ», указывающий на наличие питания.

При включении терминала автоматически запускается программа диагностики, которая проверяет работоспособность основных узлов и блоков системы. Если аппаратная часть терминала исправна и готова к выполнению функций, на дисплее будет выведено текущее время и текущая дата.

Управление терминалом

Для управления терминалом и отображения информации о его работе предусмотрены кнопки и дисплей на лицевой панели. В дальнейшем в документе приведено описание функций каждой кнопки управления.

Кнопки управления

На лицевой панели терминала присутствуют кнопки для управления терминалом, которые используются обслуживающим персоналом. В РЭ эти кнопки представлены в виде пиктограмм и значений, таких как «F1», «F2», «F3», «УПР», «ОТКЛ», «ВКЛ», «СБР».

Определенные кнопки расположены под дисплеем и назначение их зависит от надписи, которая отображается на последней строке дисплея над ними. В данном РЭ надписи, объясняющие применение соответствующих кнопок, выделены жирным шрифтом.

На левую кнопку выбора назначены функции: **МЕНЮ, ВЫБОР, ПОДРОБНО, ИЗМЕНИТЬ, →**.

На правую кнопку выбора назначены функции: **НАЗАД, ОК**.

Нажатие кнопки выбора будет выполнять функцию, соответствующую надписи над ней в данный момент времени.

Кнопки «**верх**» и «**вниз**» используются для перемещения по спискам основных меню, меню и подменю. Они также используются для увеличения и уменьшения значений параметров или выбора параметра из предлагаемых вариантов в режиме программирования.

Если одновременно нажать кнопки «**верх**» и «**вниз**» при включении питания, то будет выполнено обнуление регистратора событий и установка счетчика пусков осциллографа на «1». Этот режим применяется при заводской настройке.

Если на один из дискретных входов терминала поступает внешний сигнал «**Ключ местное/дистанционное**», то выключатель можно включать и отключать кнопками управления на передней панели устройства. Однако при дистанционном управлении выключателем через дискретные входы это запрещено. Для отключения выключателя необходимо одновременно нажать кнопки «**УПР**» и «**ОТКЛ**», а для включения – кнопки «**УПР**» и «**ВКЛ**». Если внешний сигнал «**Ключ местное/дистанционное**» отсутствует, то можно использовать дистанционное управление, но включение и отключение выключателя на лицевой панели устройства будут заблокированы.

Кнопка «**СБР**» используется для съема светодиодной сигнализации устройства.

Кнопки «**F1**», «**F2**», «**F3**» предназначены для быстрого перехода в режим просмотра значений аналоговых и дискретных сигналов.

На лицевой панели терминала также предусмотрены кнопки с программной фиксацией – «**SA1**», «**SA2**», «**SA3**», «**SA4**». Их наличие и назначение определяется в РЭ на конкретное типополнение терминала.

Для входа в основное меню нужно нажать на левую кнопку выбора, которая в дежурном режиме имеет функцию **МЕНЮ**. О наличии этой функции на экране отображается соответствующая надпись. При входе в основное меню на дисплее появляются пункты вложенного меню. Чтобы перейти на следующий уровень меню, нужно выбрать соответствующий пункт и нажать кнопку **ВЫБОР**. Для выхода из любого меню на один уровень вверх нужно

использовать правую кнопку управления, которая выполняет функцию **НАЗАД**.

3. Разработка структурной схемы стенда «Цифровая подстанция»

Стандарт МЭК 61850 называется «Сети и системы связи на подстанциях» и содержит информацию об эталонной системе автоматизации для энергетических подстанций. В этом стандарте описаны технологии передачи данных по Ethernet, требования к системам управления и физическому исполнению коммуникационных устройств [7].

Согласно стандарту МЭК 61850-3, подстанции можно разделить на три логических уровня: уровень станции, уровень присоединения и уровень процесса.

- На уровне станции происходит протоколирование нарушений работы, а также защита шин, определение последовательности действий, архивация данных, диспетчерский контроль и синхронизация времени.
- Уровень присоединения ответственен за релейную защиту и мониторинг линий, протоколирование нарушений и работу локальной противоаварийной автоматики.
- На уровне процессов происходит сбор данных, протоколирование нарушений и выдача команд управления.

Уровень процесса подстанции занимается сбором данных, таких как данные о состоянии, параметры тока и напряжения. Эти данные получаются с трансформаторов и преобразователей, которые установлены на первичном оборудовании энергосистемы, отвечающей за передачу электроэнергии.

На уровне процесса делается сбор данных с оптических/электронных датчиков напряжения и тока, а также состояний, которые оцифровываются и объединяются в соответствующих микропроцессорных устройствах (МУ).

Для обмена данными между разными уровнями подстанции используются коммуникационные шины:

- Шина процесса – это информационная сеть, которая обеспечивает мгновенный обмен информацией от трансформаторов тока и напряжения между уровнем присоединения и уровнем процесса, а также обмен информацией управления между этими уровнями.

- Шина станции – это информационная сеть, которая используется для обмена информацией, связанной с защитой и управлением внутри уровня присоединения, а также между уровнем присоединения и станции.

Так на базе стенда можно реализовать структурную схему высокоавтоматизированной подстанции. Данные предоставлены для трех уровней ЛВС в таблице 4:

Таблица 4 – Трехуровневая структура ЛВС

Подстанционный уровень (Верхний уровень)	Шкаф сетевых коммутаций для организации среды передачи данных; оборудование для передачи данных на верхний уровень и приема управляющих воздействий; операторские станции автоматизированных рабочих мест (АРМ), реализованные на стандартных средствах вычислительной техники, совместимых с РС, под управлением операционной системы Windows
Уровень присоединения (Средний уровень)	Микропроцессорные терминалы; измерительные преобразователи; устройства РЗА и ПА
Полевой уровень (Нижний уровень)	Преобразователи аналоговых и дискретных сигналов

Комплект оборудования включает в себя:

- система резервированного питания 2x220В DC
- оборудование системы обеспечения единого времени (СОЕВ)
- коммутатор с поддержкой PRP
- сетевое оборудование (коммутаторы Zelax zes-2028gs)
- рабочая станция АРМ оператора и инженера РЗА/АСУ
- Преобразователи аналоговых и дискретных сигналов

Так представлена структурная схема шкафа управления на рисунке 15.

Верхний уровень

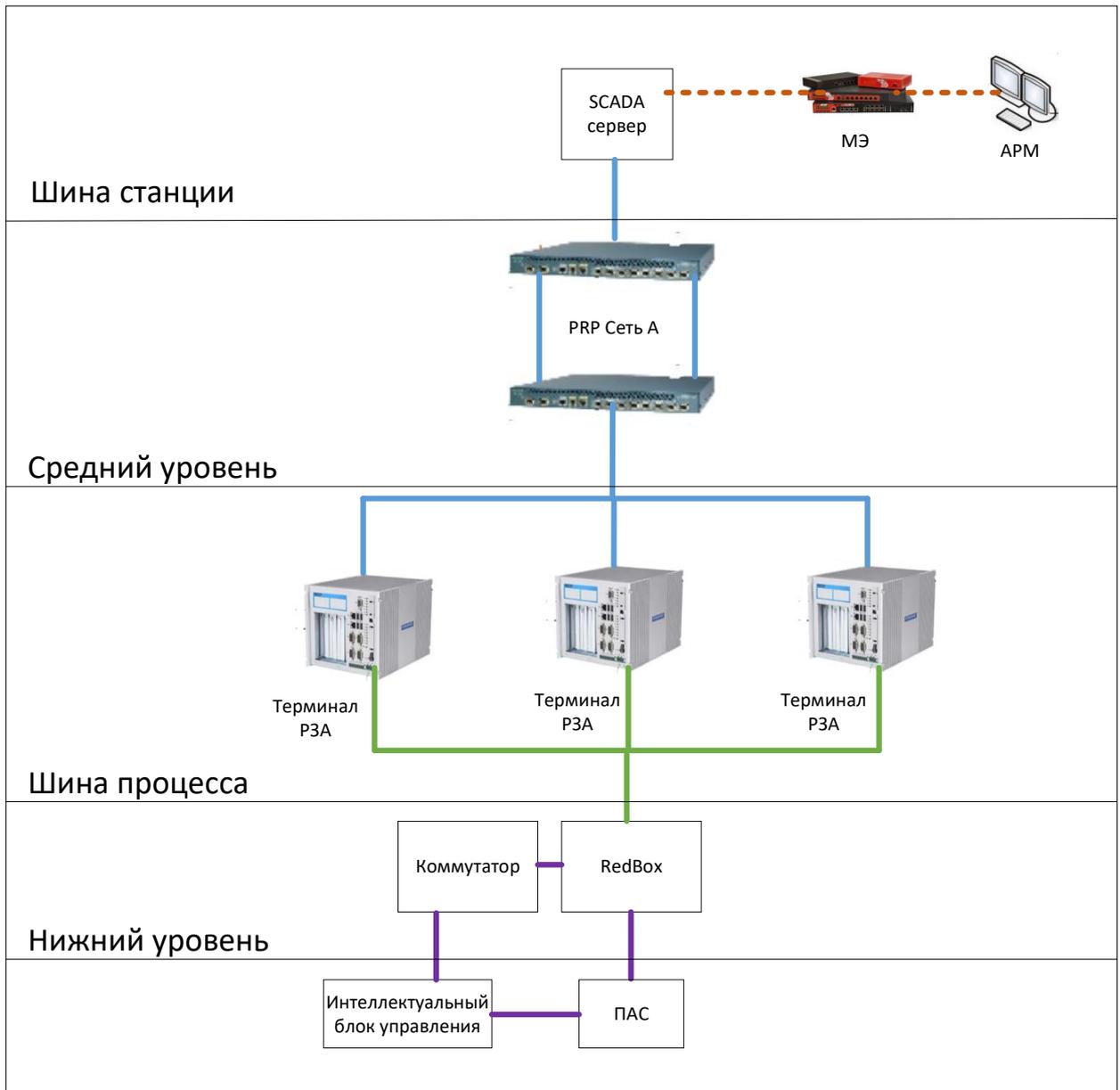


Рисунок 15 – Структурная схема

4. Моделирование АСУ ТП высокоавтоматизированной подстанции

4.1. Интеграция электронной схемы в SCADA систему

4.1.1. Настройка микропроцессорных терминалов защит в SCADA

Данная инструкция необходима для подготовки оборудования к работе с блоком, а также указаний по настройке и исправления возникнувших ошибок с терминалом в программе SCADA.

В первую очередь выгружаются данные в микропроцессорный терминал с помощью программного обеспечения МиКРА. В качестве оборудования используется микропроцессорный терминал Релематики.

Программа МиКРА разработана для конфигурирования и отображения технологических параметров устройств релейной защиты и автоматики (РЗА) различных серий, таких как «ТОР 100», «ТОР 200», «ТЭМП 2501», «ТОР 300», «ТОР 110-ИЗН», «ТОР 120», «Бреслер» и «ЗДЗ-01» [9].

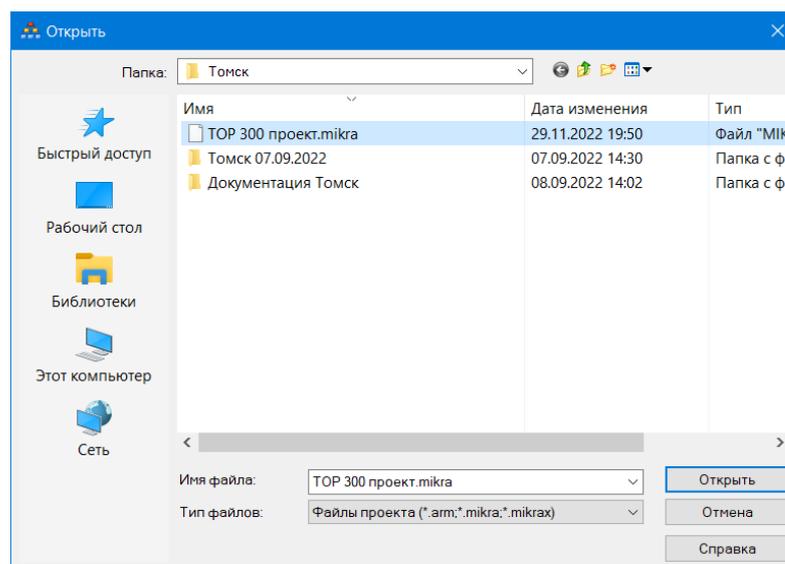


Рисунок 16 – Файл необходимый для загрузки в терминал

Для начала необходимо открыть файл **“ТОР300 проект”** в папке **“Томск”** на рабочем столе (Рисунок 16). Файл нужен, чтобы задать все необходимые параметры в терминал.

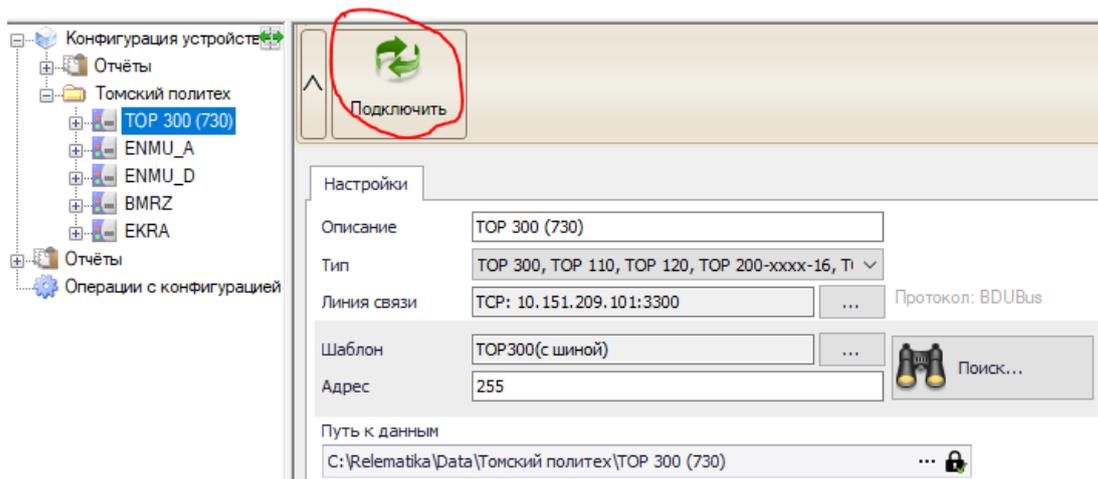


Рисунок 17 – Устройство TOP300

После того как выгрузили файл, подключаем терминал TOP300. Щелкаем левой кнопкой мыши на устройство “**ТОР300**” и нажимаем кнопку “**Подключить**”, после этого ждем подключение связи АРМа и терминала (Рисунок 17).

Далее в дереве конфигураций нужно выбрать пункт “**Уставки**”. Данное подменю предназначено для работы с уставками устройств защиты (Рисунок 18).

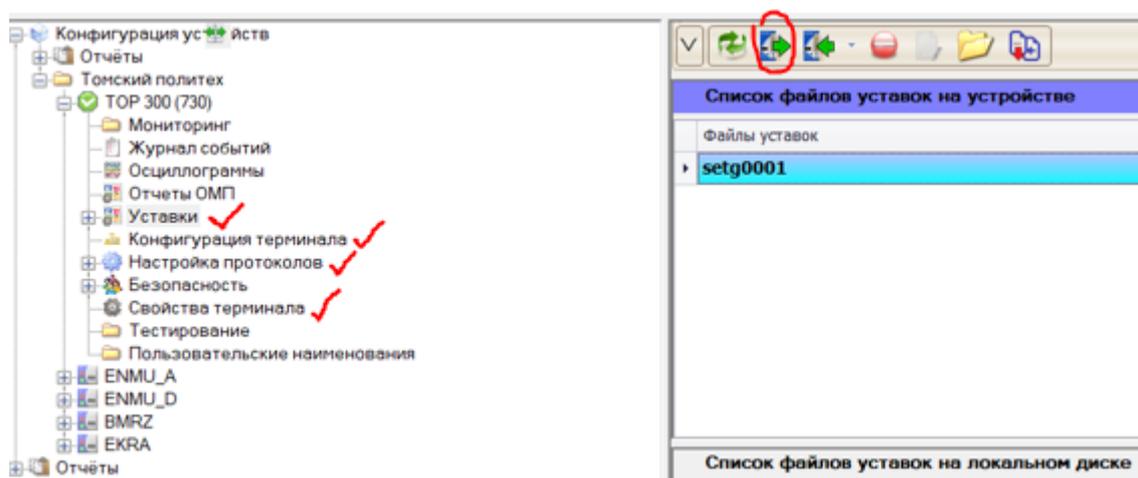


Рисунок 18 – Работа с уставками устройств защиты

Подменю содержит следующие элементы управления:

- **Обновить** – получение списка доступных групп уставок с устройства защиты;
- **Выгрузить** – загрузка выбранной группы уставок с устройства защиты;
- **Загрузить/Загрузить с диска** – загрузка выбранного файла или произвольного файла с локального диска в устройство защиты;

- **Удалить** – удаление выбранной группы уставок с устройства защиты;
- **Прервать** – прерывание процесса скачивания уставок с устройства защиты;
- **Редактировать** – редактирование выбранной группы уставок;
- **Открыть** – открытие папки с архивом уставок для данного устройства

защиты.

Для записи уставок с файла “ТОР300 проект” в устройство защиты необходимо выбрать элемент:

- **Загрузить** – в устройство защиты будет записан файл уставок, выделенный в списке Файлы уставок, либо же нажать два раза на сам файл “setg0001”.

Также необходимо загрузить следующие пункты в дереве уставок: **конфигурация терминала, настройка МЭК 61850 и свойства терминала (рисунок 18).**

После выгрузки файлов уставки, необходимо посмотреть правильность работы реле с помощью ПО SCADA.

4.1.2. Настройка модулей связи протокола МЭК 61850

На рабочем столе находится ярлык ПО **WebScadaMT 4.0**, который нужен для прописывания тегов сигнала с оборудованием нижнего уровня для связи с объектом через сервера ввода-вывода, где передача пакетов данных идет по протоколу МЭК, так же прописыванию сигналов в сервере ввода-вывода, расключения сигналов на объекты в экранной форме и задание динамики на какое-либо действие (телеуправление, телесигнализация, телеизмерение).

Открыть SCADA можно в браузере, для этого нужно вбить в поисковую строку “//localhost”, либо двойным нажатием на значок ПО.

После открытия выйдет окно авторизации (Рисунок 19). Для того, чтобы войти в систему необходимо ввести логин и пароль. “Логин: **system**; Пароль: **1**”.

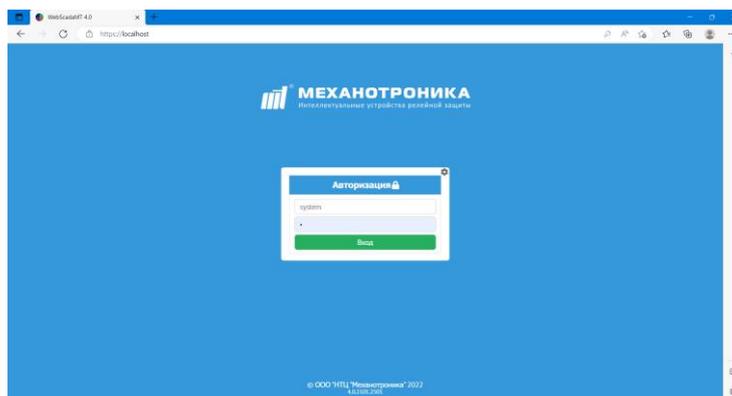


Рисунок 19 – Авторизация в SCADA

Нажимаем кнопку вход и видим меню SCADA (Рисунок 20). На главном меню виден файл, который отображает мнемосхему с внесенными динамиками и сигналами на экранную форму и в терминалы. К тому же можно создать новый файл, где можно составить свою экранную форму любого объекта АСУ ТП.

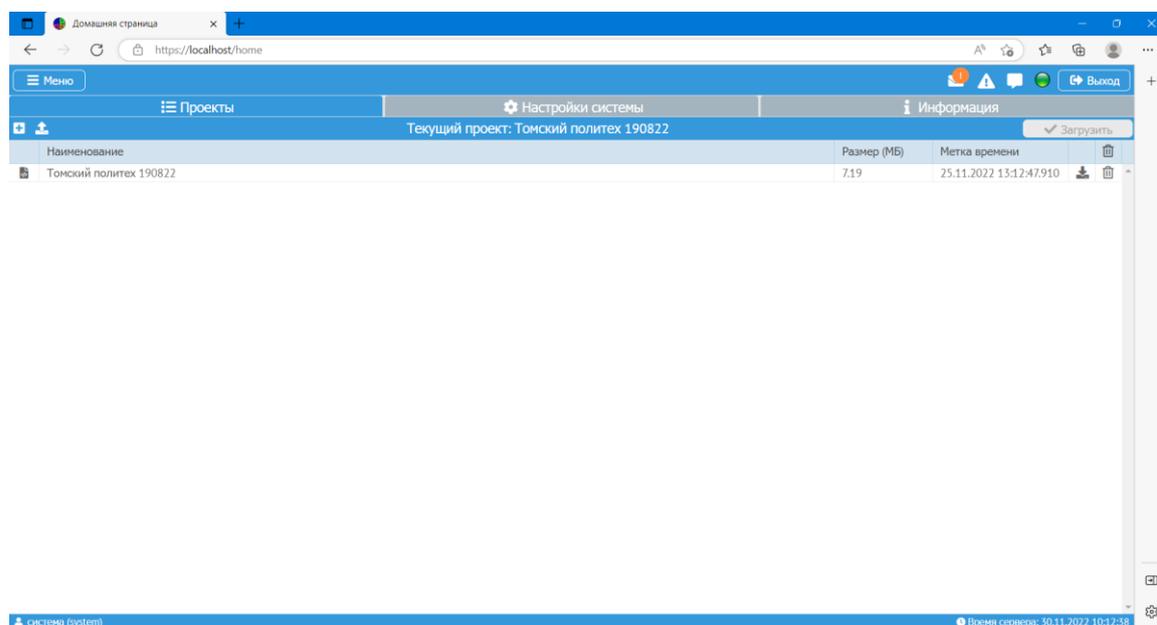


Рисунок 20 – Меню SCADA

Далее идет настройка устройств шкафа, для этого необходимо нажать в левом верхнем углу кнопку **меню** (Рисунок 21).

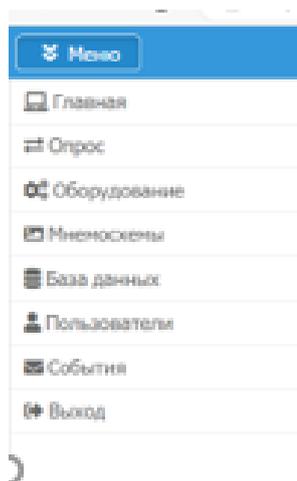


Рисунок 21 – Список меню

Далее из этого списка меню необходимо выбрать пункт **опрос**.

Опрос – спецификация SCADA, которая опрашивает блоки по клиент-серверной архитектуре (МЭК) на наличие связи и правильности его работы. Данный пункт связывает терминал и АРМ по интерфейсу TCP/IP, где терминал имеет свой IP-адрес и для передачи пакетов данных необходимо задать настройки для обмена информацией между SCADA и сервером ввода-вывода.

В меню “опрос” вылезет дерево конфигураторов модулей, где отображены протоколы обмена данными. Для настройки оборудования необходимо выбрать в дереве протоколов, протокол по которому будем передавать пакеты данных – **IEC 61850 (клиент)** (Рисунок 22).

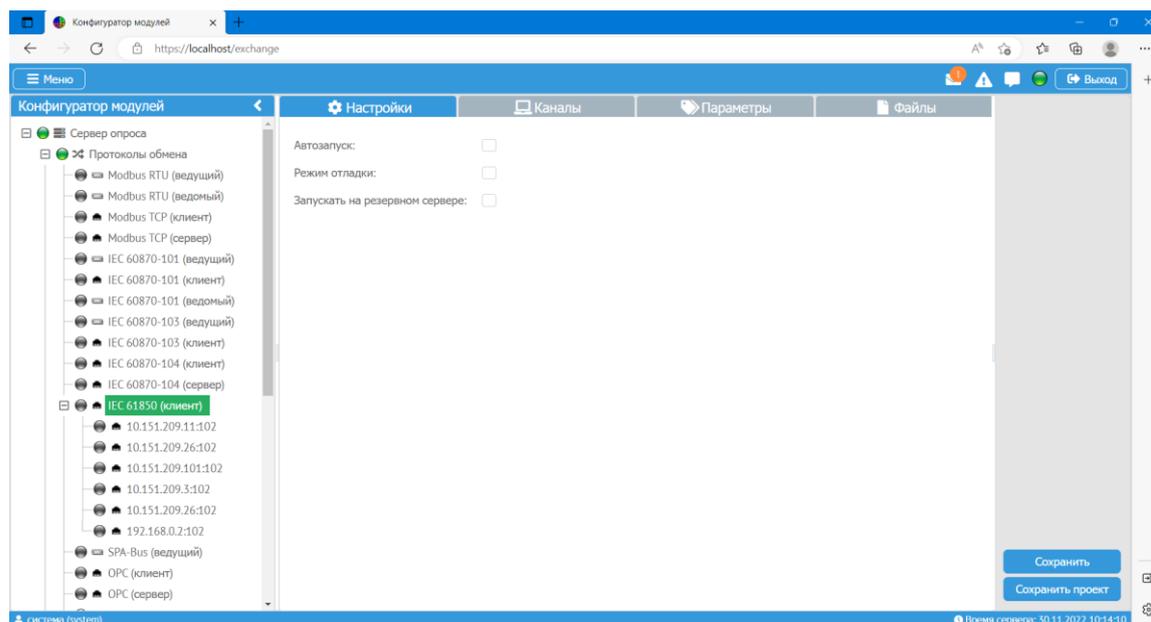


Рисунок 22 – Конфигуратор модулей

При настройке оборудования нужно включить опрос, для этого необходимо нажать на **серый кружок** на нужном нам протоколе (рисунок 23). После чего нажать в пункт **“Параметры”**.

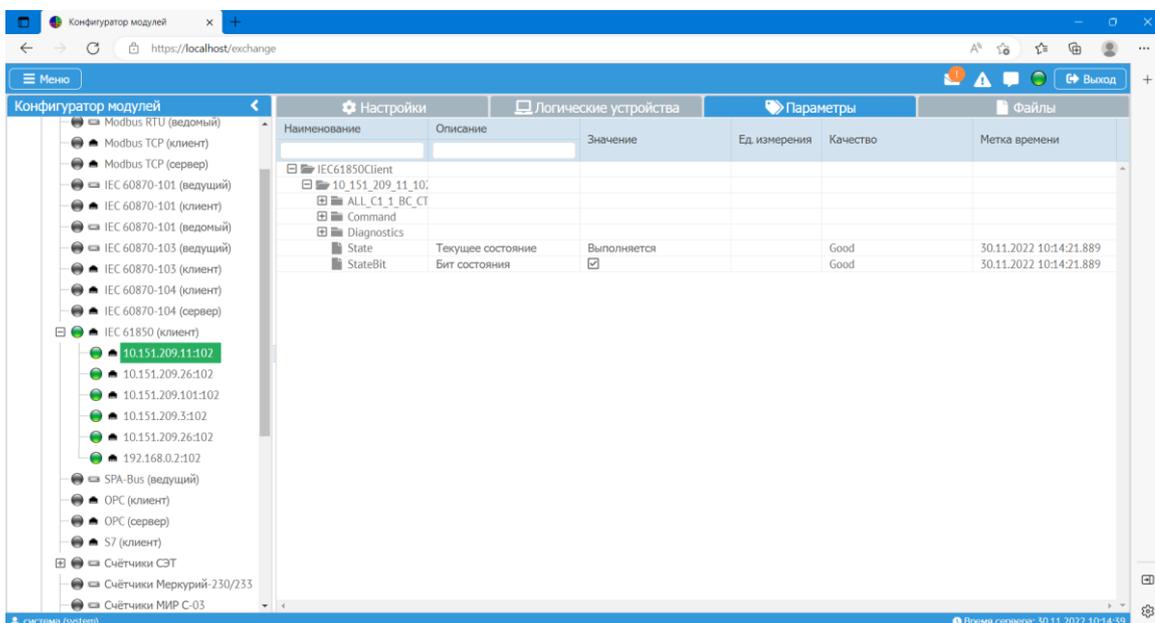


Рисунок 23 – Меню протокола IEC 61850 (клиент)

Параметры – являются частью ПО SCADA, где показываются состояния, значения и параметры качества сигналов, прописанные на терминалах (плохое качество или значение обозначает то, что оборудование находится в аварийном положении, либо в недостоверном положении, т.е. в каком-либо случае данные будут поступать в журнал алармов к диспетчеру).

В пункте параметры необходимо развернуть папки **“ALL_C1_BC_CT”**, **“USER_GAPC1, ST**. После чего развернуть все папки устройства БМРЗ, которое описывает срабатывание и работу устройств реле выключателей и заземляющих ножей (рисунок 24, 25).

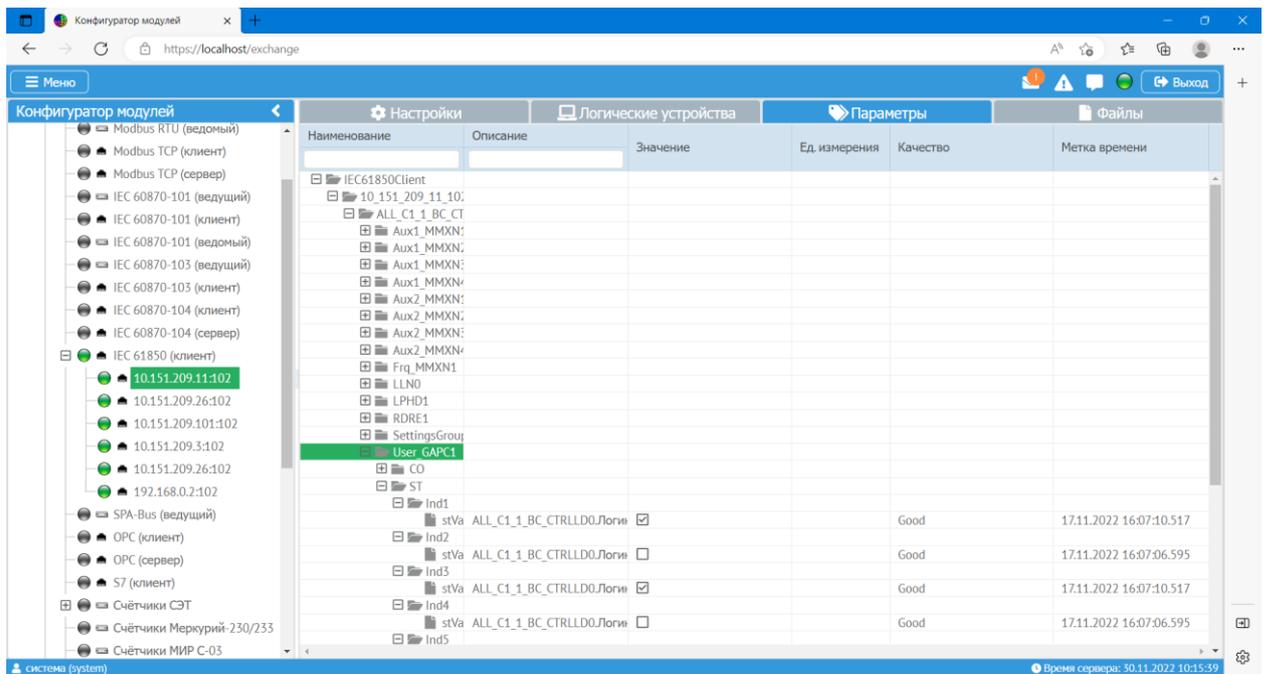


Рисунок 24 – Развернутое меню клиента МЭК

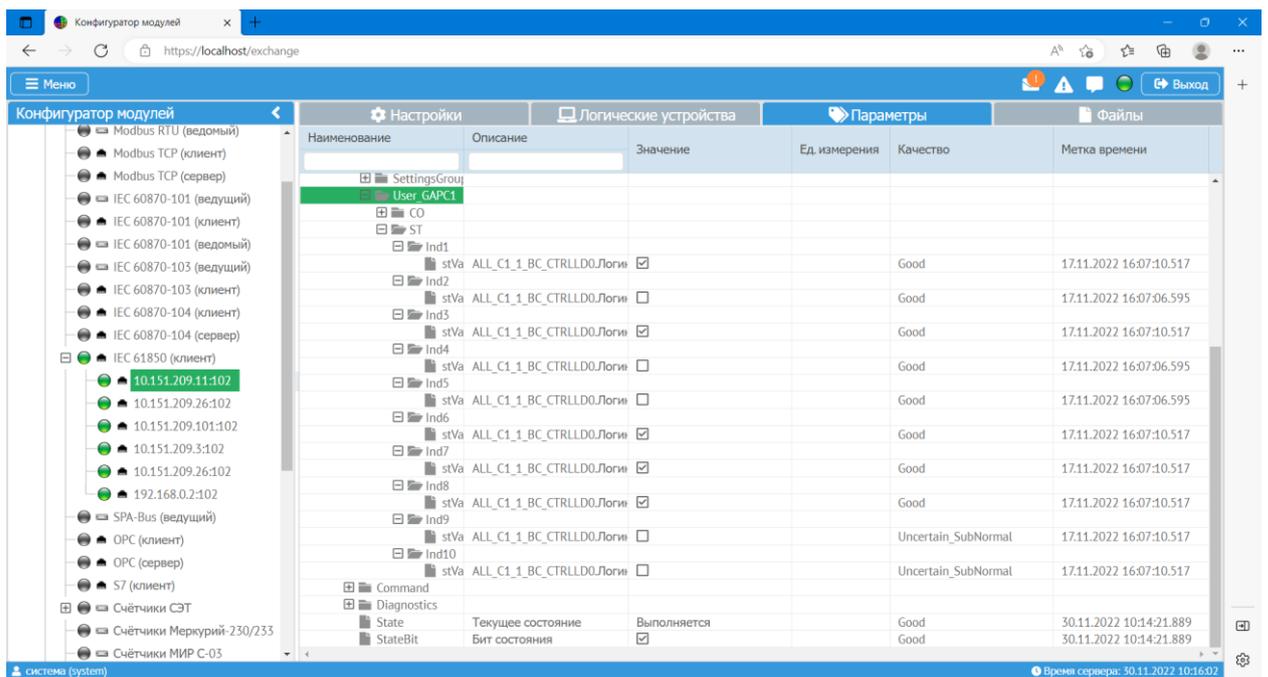


Рисунок 25 – Развернутое меню клиента МЭК

При должной работе устройства БМРЗ должны гореть зеленые индикаторы устройства ПАС, ПДС, и других терминалов, если же индикаторы горят красным цветом, нужно перезапустить их (нажать на красную кнопку или же перезапустить сами блоки).

Для проверки работы реле необходимо вручную проводить переключения на терминале с помощью местного управления, и, вследствие. в списке устройств реле будут изменяться положение галочек (Рисунок 26).

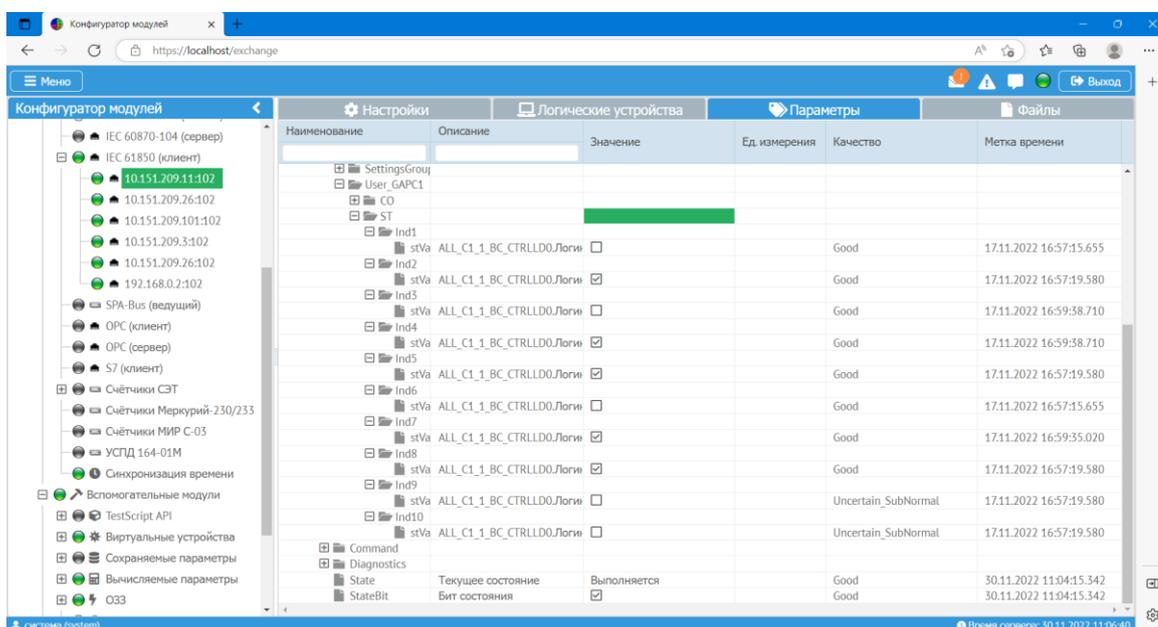


Рисунок 26 – Переключение оборудования БМРЗ

Для полного убеждения работы оборудования необходимо зайти в меню SCADA и выбрать пункт “Мнемосхемы”. Далее нажимаем на файл “ТПУ”. В данном файле описана схема АО “Томская Генерация”. В случае недостоверной работы блоков на мнемосхеме будут отображаться оборудования в виде “вопросов”.

Для предотвращения таких случаев, была описана инструкция по устранению данных проблем. Ошибки могут возникать из-за неправильной загрузки файлов в терминалы или же недостоверной связи с оборудованием. При правильной настройке схема должна выглядеть как на рисунке 27.

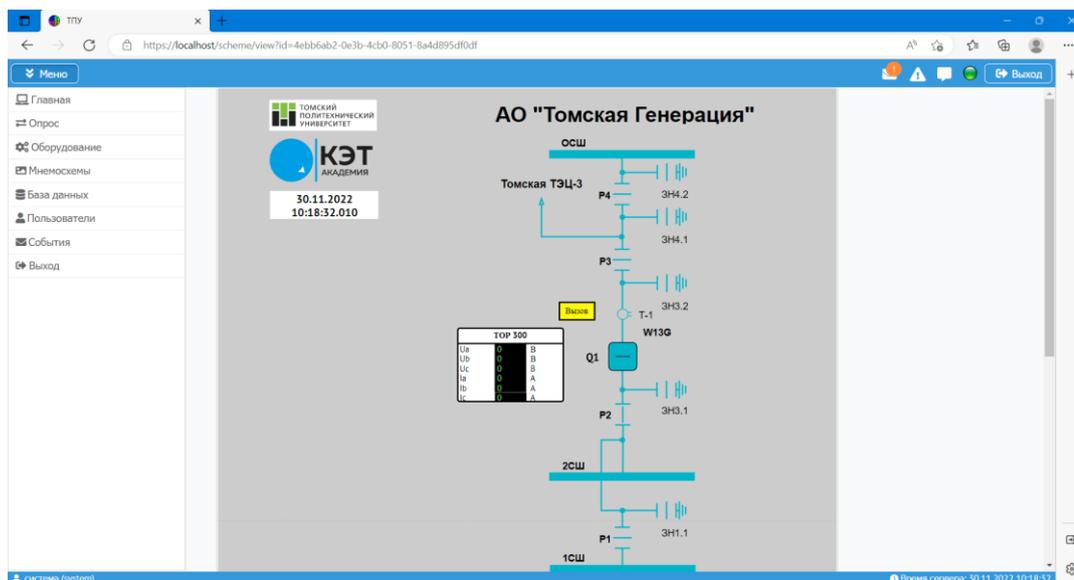


Рисунок 27 – Мнемосхема АО “Томская Генерация”

Данная мнемосхема описывает положение оборудования и позволяет использовать все функции телемеханики: дистанционно управлять оборудованием нажатием левой кнопки мыши, а также позволяет смотреть значения измерений с измерительного оборудования и передавать сообщения об авариях диспетчеру.

Данная инструкция разработана для подготовки работы со стендом, а также с целью адаптации студента для базового понятия принципа работы шкафа управления и передачи данных между оборудованием.

4.2. Конфигурация устройств шкафа управления

4.2.1. Конфигурация терминала TOP300

МиКРА нужна вам для конфигурирования и отображения технологических параметров устройств релейной защиты и автоматики в терминал TOP300. Чтобы задать свои параметры терминала необходимо создать новый проект, указать уставки и настройки сети.

Для того, чтобы создать с нуля проект щелкните правой кнопкой мыши на **конфигурацию устройств** и левой кнопкой мыши **добавить папку** (Рисунок 28). (Папка Политех — это название подстанции).

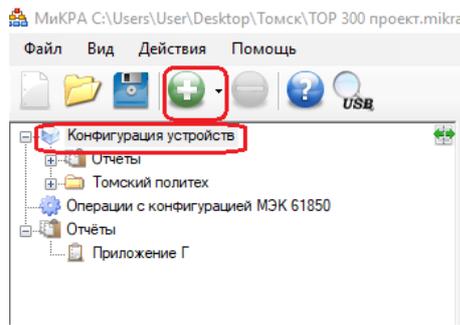


Рисунок 28– Создание подстанции

Щелкаем правой кнопкой мыши на папку “Подстанция 1” и добавляем одно устройство (Рисунок 29).

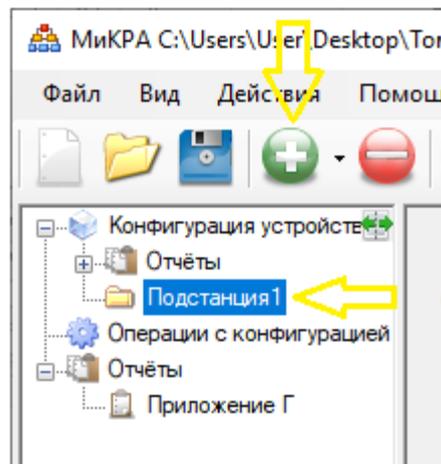


Рисунок 29 – Устройство TOP300

Далее настраиваем тип, шаблон и линию связи. Пример: TOP300 (Рисунок 30)

Выбираем тип - **TOP300**, далее выбирается шаблон - **TOP300 (с шиной)**.

Тип линии связи выбираем **TCP/IP** и вбиваем **IP: 10.151.209.101 (TOP300)**.

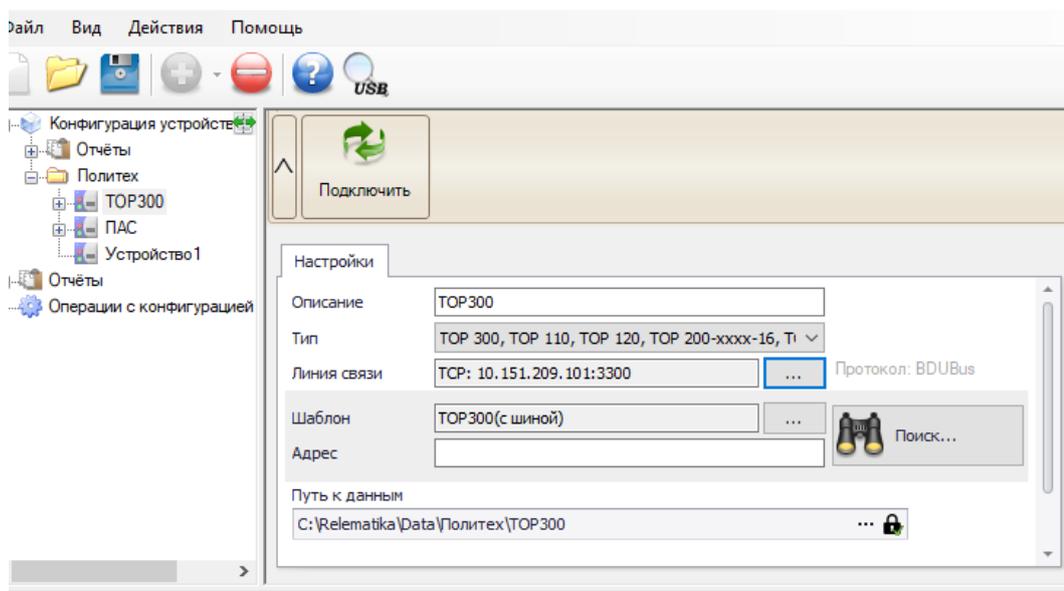


Рисунок 30 – Параметры устройства TOP300

Нажимаем кнопку подключить для того, чтобы убедиться, что есть связь.

В устройстве TOP300 в пункте уставки, **обновляем уставки и выгружаем** их в устройство (Рисунок 31).

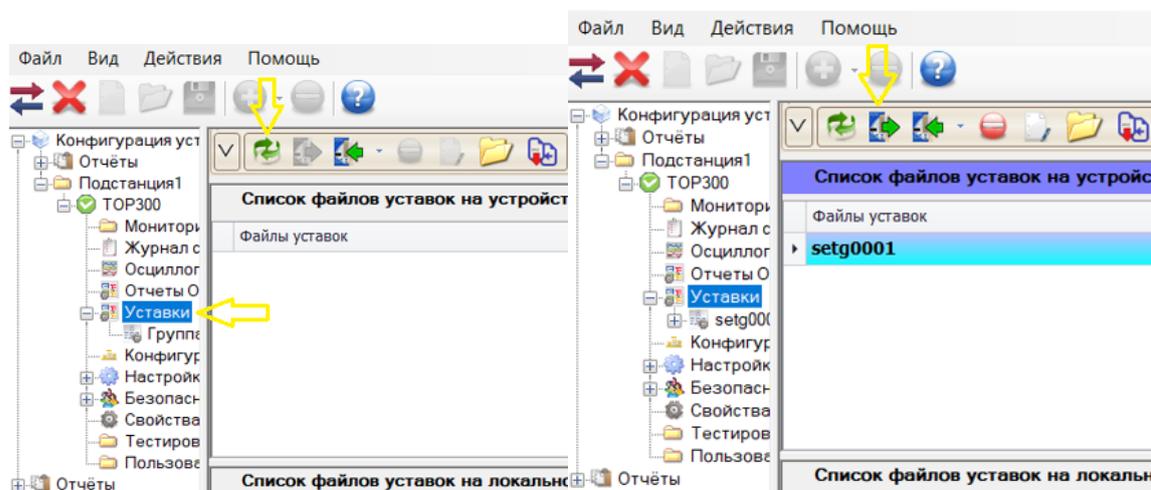


Рисунок 31 – Меню уставок устройства TOP300

Для работы необходимо выгрузить файл с **конфигурации терминала** (Рисунок 32)

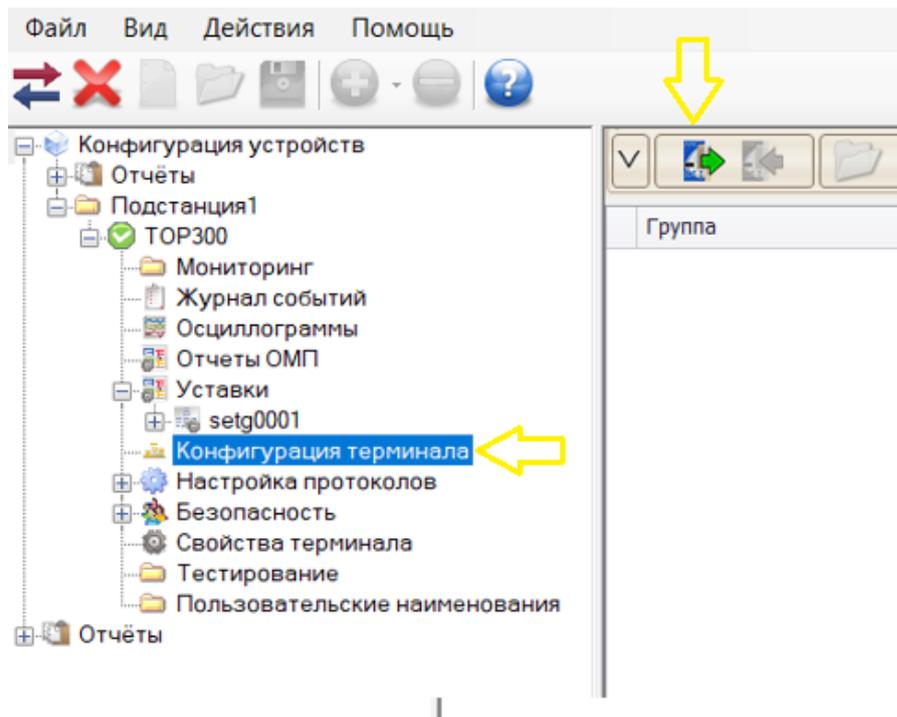


Рисунок 32 – Конфигурация терминала

Следующим шагом выгружаем файлы с **настроек МЭК61850** (Рисунок 33)

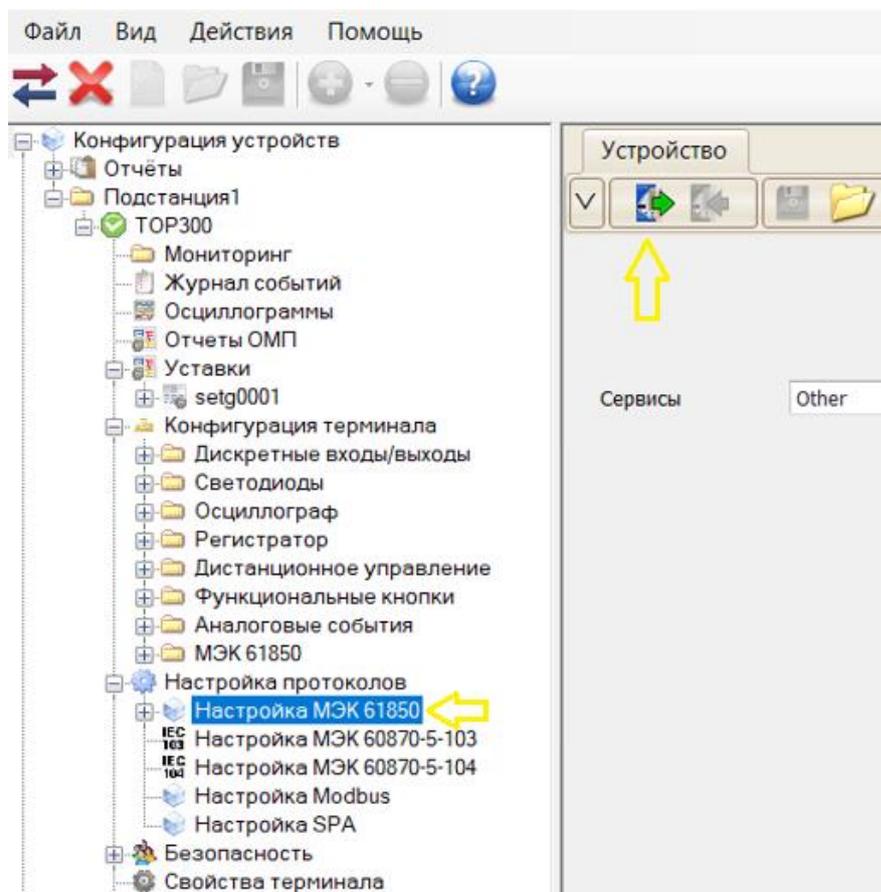


Рисунок 33 – Настройка МЭК 61850

И последним шагом нужно выгрузить файлы со **свойств терминала** (Рисунок 34)

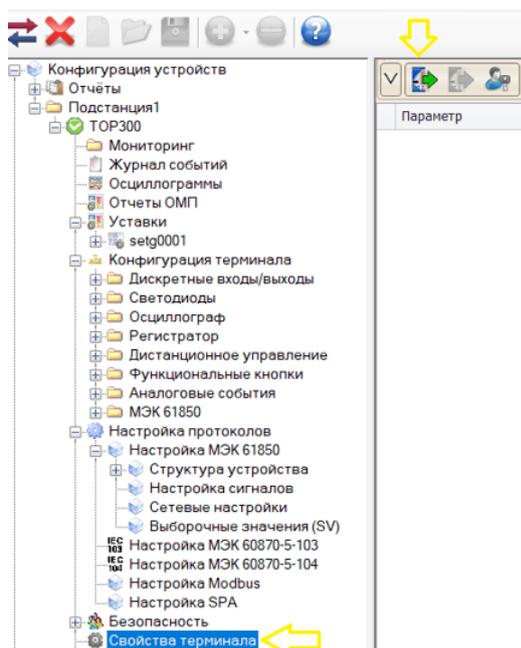


Рисунок 34 – Свойства терминала

4.2.2. Конфигурация устройств преобразователей аналоговых сигналов

Чтобы добавить ПАС, на который хотите подписаться, необходимо таким же образом добавить **“Устройство ПАС”**, и устанавливаем его тип **“Устройство SV”** (Рисунок 35).

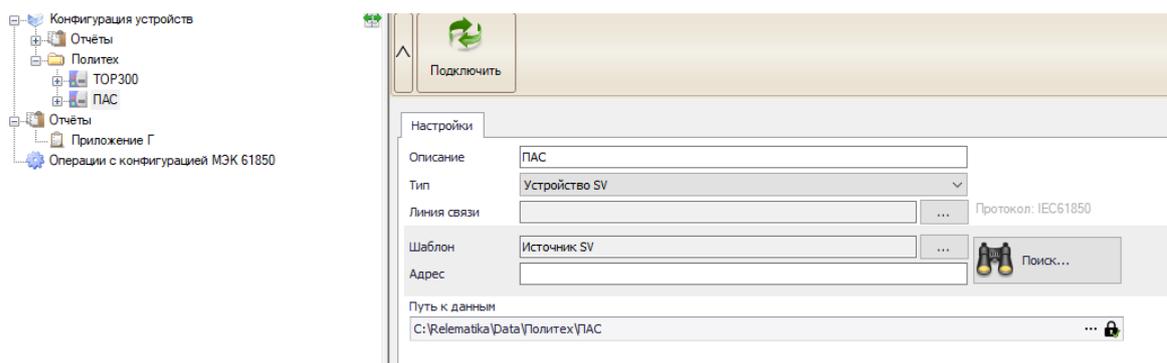


Рисунок 35 – Устройство ПАС

Заходим в настройки ПАС и выбираем пункт исходящие выборочные значения **“SV”**, если есть файл другого ПАС, то необходимо зайти в настройку МЭК 61850 и открыть нужный файл (Рисунок 36).

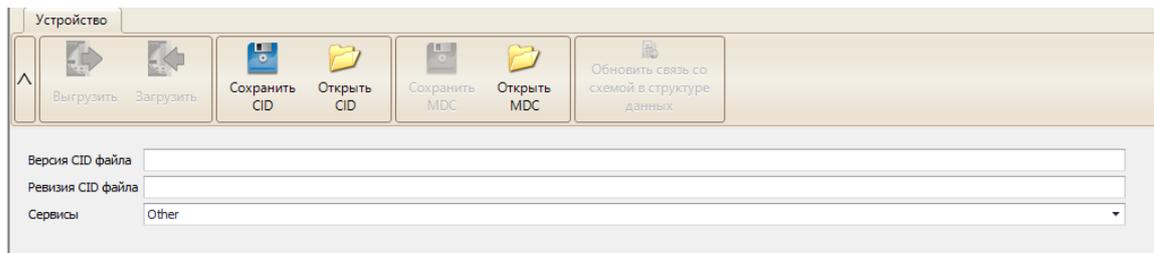


Рисунок 36 – Загрузка SV устройства

На этом пункте нужно прописать параметры MAC-адреса, идентификатора VLAN и т.д. (устанавливается по умолчанию), но если есть необходимость добавить сторонние преобразователи, то добавляем их “+” (Рисунок 37).

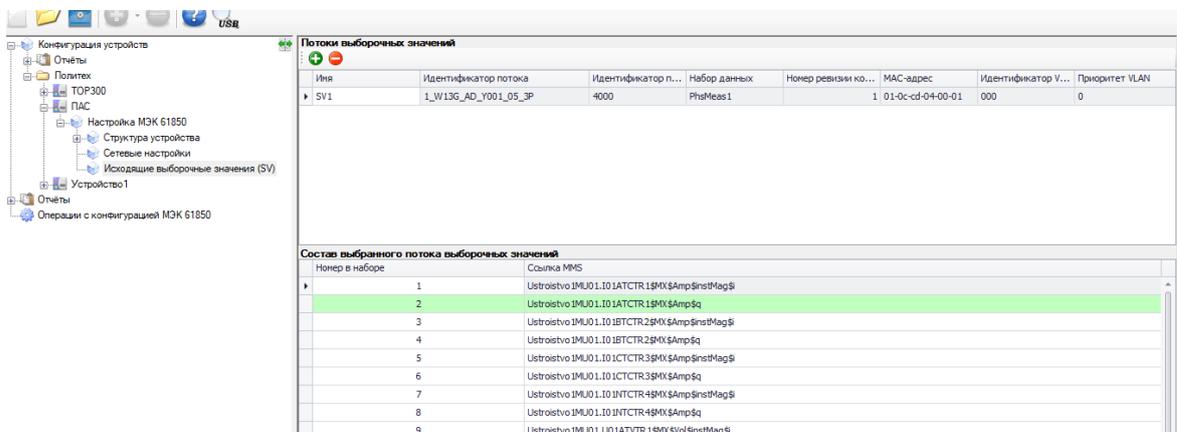


Рисунок 37 – Потоки выборочных значений

Далее заходим в устройство TOP300 -> Настройка МЭК 61850 -> Выборочные значения SV -> добавить устройство ПАС SV1 (Рисунок 38, 39)

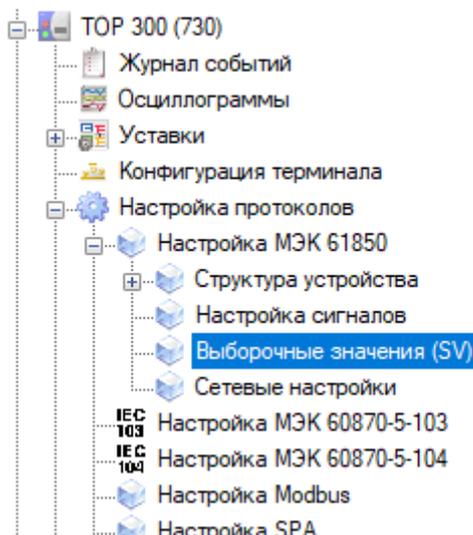


Рисунок 38 – Выборочные значения



Рисунок 39 – Выборочные значения

В таблице состава выборочного потока выборочных значений отображается связь со схемой, фазы А, В, С тока магнитуды и ее качество, и тд.

Подключаем TOP300, выгружаем в настройках МЭК 61850 устройство и в выборочные значениях SV, в столбце связь со схемой заполняем ячейки: связь со схемой, первичные и вторичные значения (Рисунок 40).

Состав выбранного потока выборочных значений							
Номер...	Ссылка MMS	Описание ...	Связь со схемой	Первичны...	Вторичны...	Первичны...	Максималь...
1	Ustroistvo2MU0...		Ia В1 осн.	300	5	0,001	300
2	Ustroistvo2MU0...						
3	Ustroistvo2MU0...		Ib В1 осн.	300	5	0,001	300
4	Ustroistvo2MU0...						
5	Ustroistvo2MU0...		Ic В1 осн.	300	5	0,001	300
6	Ustroistvo2MU0...						
7	Ustroistvo2MU0...		3I0 В1 осн.	300	5	0,001	300
8	Ustroistvo2MU0...						
9	Ustroistvo2MU0...		Ua осн.	110000	100	0,001	170
10	Ustroistvo2MU0...						
11	Ustroistvo2MU0...		Ub осн.	110000	100	0,001	170
12	Ustroistvo2MU0...						
13	Ustroistvo2MU0...		Uc осн.	110000	100	0,001	170
14	Ustroistvo2MU0...						
15	Ustroistvo2MU0...		Unk осн.	110000	100	0,001	170
16	Ustroistvo2MU0...						

Рисунок 40 – Связь со схемой

Подключаем TOP300, далее загружаем файлы SV потока в настройках МЭК 61850 (после чего вылезет окно предупреждения, нажимать “**НЕТ**” и ввести пароль “1”).

4.2.3. Конфигурация устройств преобразователей дискретных сигналов

Чтобы подписаться на GOOSE, то необходимо добавить устройство типа “Устройство 61850” (Рисунок 41) (преждевременно отключить TOP300).

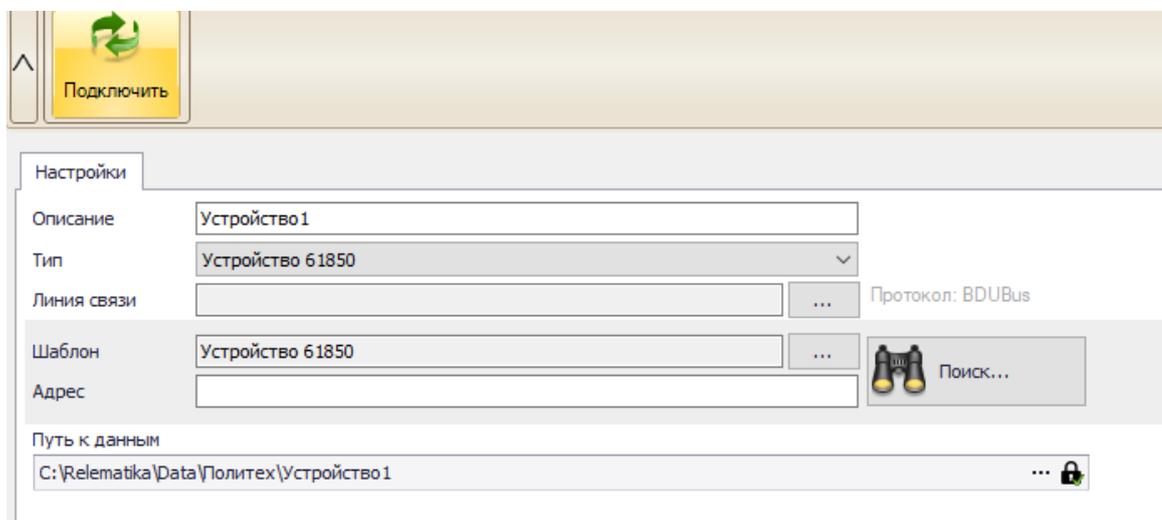


Рисунок 41 – Добавление устройства 61850

Откроем sid файл TOP300. Раскрываем структуру устройства и смотрим исходящие GOOSE сообщения. Видно два GOOSE сообщения, один из которых отключен (верхний) (Рисунок 42). Соответственно, как с SV-потоками прописать параметры.

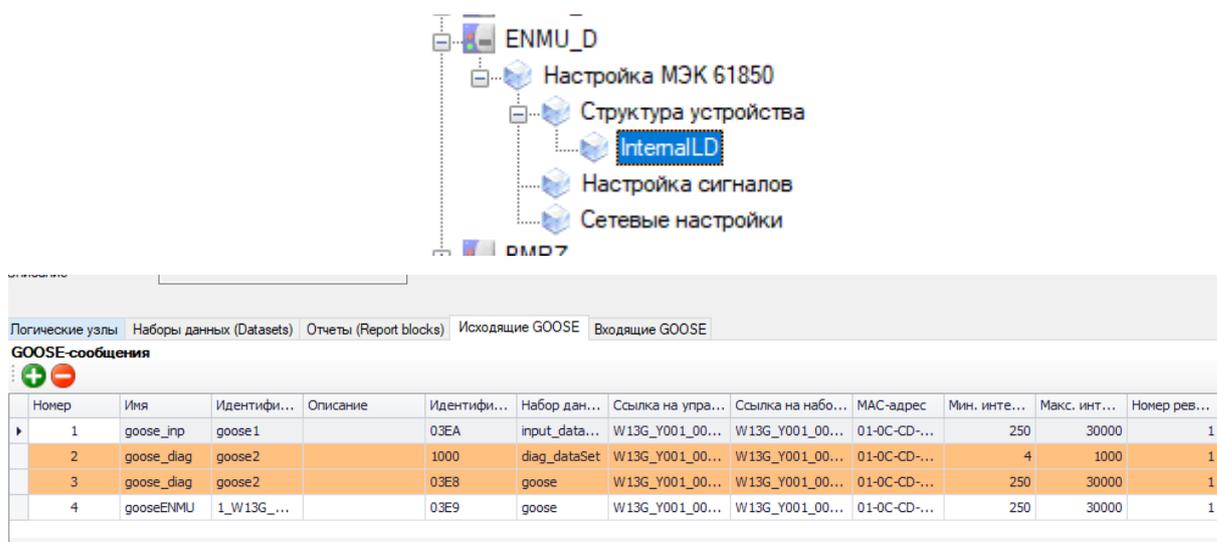


Рисунок 42 – GOOSE – сообщения

Чтобы подписать БМРЗ в TOP300, нужно подключить TOP300 и выгрузить файл.

В пункте структуре устройства в TOP300 есть логические устройства (Рисунок 43): MEAS-измерения, IO-Ввод вывод, DR- PAC, CTRL – управление коммутационными аппаратами, PROT – защита, SYS – самодиагностика.

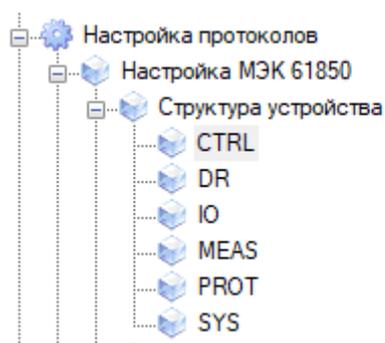


Рисунок 43 – Логические устройства

Принцип работы передачи GOOSE-сообщений, которые подаются с терминала к ПДС. ПДС замыкает контакт, контакт приходит на дискретный вход 220 В на устройство и входное реле, тем самым отключает выключатель (Рисунок 44) (ИЧМ Отключить В).

GOOSE-сообщения можно добавить к ПДС, а так же позволяет выбрать будут ли они на шине процесса или шине станции (Желательно на шине процесса).

Идентификатор задается согласно СТО.

W13-номер линии

G-класс напряжения 110 кВ

S- Место установки шкафа

01- Порядковый номер шкафа

A3 – номер устройства шкафа

QC- оперативное выключение выключателем

PA- GOOSE формируется устройством P3

Номер	Шина проц...	Имя	Идентифи...	Описание	Идентифи...	Набор дан...	Ссылка на упра...	Ссылка на набо...	MAC-адрес	Мин. инт...	Макс. инт...
1	<input type="checkbox"/>	GooseBlock_1	1_W13G_P...		3001	UPR_YUKL	W13G_S001_A3...	W13G_S001_A3...	01-0C-CD-...	100	10000
2	<input type="checkbox"/>	GooseBlock_1	GooseBlock_1		3001	DS_CMD	W13G_S001_A3...	W13G_S001_A3...	01-0c-cd-0...	250	30000

Состав выбранного GOOSE-сообщения		
Номер	Ссылка MMS	Связь со схемой
1	W13G_S001_A3_PA_IO.DIGGIO1\$ST\$Ind4\$stVal	И-М Отключить В
2	W13G_S001_A3_PA_IO.DIGGIO1\$ST\$Ind4\$q	
3	W13G_S001_A3_PA_IO.DIGGIO1\$ST\$Ind5\$stVal	И-М Включить В
4	W13G_S001_A3_PA_IO.DIGGIO1\$ST\$Ind5\$q	

Рисунок 44 – Исходящие GOOSE-сообщения

Идентификатор должен быть уникальным у каждого GOOSE-сообщения.

Далее выбираем с внутренней схемой устройства на которые будет воздействовать входящий GOOSE (Рисунок 45).

Номер	Шина процесса	Устройство	GOOSE	Приоритет VLAN	Идентификатор VLAN
1	<input type="checkbox"/>	Устройство1	BC_C1		4 000

Состав выбранного GOOSE-сообщения			
Номер	Ссылка MMS	Описание сигнала исходящего GOOSE	Связь со схемой
1	ALL_C1_1_BC_CTRLDD0.GSE_GGIO1\$ST\$VO...		DI Внеш. откл.
2	ALL_C1_1_BC_CTRLDD0.GSE_GGIO1\$ST\$VO...		
3	ALL_C1_1_BC_CTRLDD0.GSE_GGIO1\$ST\$VO...		
4	ALL_C1_1_BC_CTRLDD0.GSE_GGIO1\$ST\$VO...		
5	ALL_C1_1_BC_CTRLDD0.GSE_GGIO1\$ST\$VO...		
6	ALL_C1_1_BC_CTRLDD0.GSE_GGIO1\$ST\$VO...		
7	ALL_C1_1_BC_CTRLDD0.GSE_GGIO1\$ST\$VO...		
8	ALL_C1_1_BC_CTRLDD0.GSE_GGIO1\$ST\$VO...		
9	ALL_C1_1_BC_CTRLDD0.GSE_GGIO1\$ST\$VO...		
10	ALL_C1_1_BC_CTRLDD0.GSE_GGIO1\$ST\$VO...		

Рисунок 45 – Входящие GOOSE-сообщения

Подключаем TOP300, загружаем файлы в настройках МЭК 61850.

4.3. Мониторинг устройств TOP300

Мониторинг устройств позволяет смотреть данные с измерений, журналы событий, диаграммы, осциллограммы и т.д.

Для просмотра данных подключённого устройства заходим в пункт мониторинг устройств, необходимо обновить данные измерений и посмотреть установилось ли подключение. Данные должны сопровождаться правильными значениями токов и напряжений (Рисунок 46).

ММРА

Файл Вид Действия Помощь

Конфигурация устройств

Отчеты

Подстанция1

ТОР300(Чтение сигналов)

Мониторинг

Дискретные входы/выходы

ПАС ИТТ1 осн

ПАС ИТТ1 рез

ПАС ИТН

ПАС ИТН смех

Выбор Ца

Входные GOOSE

Исходные GOOSE

Аналоговые

Защиты

Векторная диаграмма

Графические ХС

Журнал событий

Осциллограммы

Отчеты ОМТ

Уставки

Конфигурация терминала

Настройка протоколов

Безопасность

Свойства терминала

Тестирование

Пользовательские наименования

ПАС

Отчеты

Сигнал	Первичное значение	Вторичное значение	Фазы
1 Ia B1 осн.	0.11 A	0.00 A	0.0°
2 Ib B1 осн.	0.20 A	0.00 A	0.0°
3 Ic B1 осн.	0.29 A	0.00 A	0.0°
4 3Ф B1 осн.	0.00 A	0.00 A	0.0°
5 Нексп. SV Ia B1 осн.			<input type="checkbox"/>
6 Нексп. SV Ib B1 осн.			<input type="checkbox"/>
7 Нексп. SV Ic B1 осн.			<input type="checkbox"/>
8 Нексп. SV 3Ф B1 осн.			<input type="checkbox"/>
9 Нексп. SV I B1 осн.			<input type="checkbox"/>
10 Нексп. SV I B1 (откл.)			<input type="checkbox"/>
11 Нексп. SV 1			<input type="checkbox"/>
12 Ia B1 рез.	0.00 A	0.00 A	0.0°
13 Ib B1 рез.	0.00 A	0.00 A	0.0°
14 Ic B1 рез.	0.00 A	0.00 A	0.0°
15 3Ф B1 рез.	0.00 A	0.00 A	0.0°
16 Нексп. SV Ia B1 рез.			<input type="checkbox"/>
17 Нексп. SV Ib B1 рез.			<input type="checkbox"/>
18 Нексп. SV Ic B1 рез.			<input type="checkbox"/>
19 Нексп. SV 3Ф B1 рез.			<input type="checkbox"/>
20 Нексп. SV I B1 рез.			<input type="checkbox"/>
21 Нексп. SV 2			<input type="checkbox"/>
22 Ua осн.	0.00 кВ	0.00 В	0.0°
23 Ub осн.	0.00 кВ	0.00 В	0.0°
24 Uc осн.	0.00 кВ	0.00 В	0.0°
25 Uн осн.	0.00 кВ	0.00 В	0.0°
26 Нексп. SV Ua осн.			<input type="checkbox"/>
27 Нексп. SV Ub осн.			<input type="checkbox"/>
28 Нексп. SV Uc осн.			<input type="checkbox"/>
29 Нексп. SV Uн осн.			<input type="checkbox"/>
30 Нексп. SV U осн.			<input type="checkbox"/>
31 Нексп. SV U (откл.)			<input type="checkbox"/>
32 Нексп. SV 3			<input type="checkbox"/>
33 Uа смех. осн.	0.00 кВ	0.00 В	0.0°

- Цвет при 1

Текущая дата и время: 2022-11-30 10:08:11

Рисунок 46 – Мониторинг измерений

4.4. Настройка конфигурации SCADA системы

SCADA система состоит из двух частей это клиентская и серверная. Серверная часть включает в себя настройку опросов оборудования, а клиентская часть сопровождается получением данных с блоков, разработкой экранной формы и привязывания динамики к оборудованию.

Настройка опроса оборудования

Для настройки опроса нужно выбрать протокол (МЭК 61850) (рисунок 47). На данном рисунке изображено 3 канала связи, оборудования которых имеют свой IP-адрес. Для настройки такой сети, необходимо добавить каналы устройств, качестве примера добавим терминал ЭКРА.

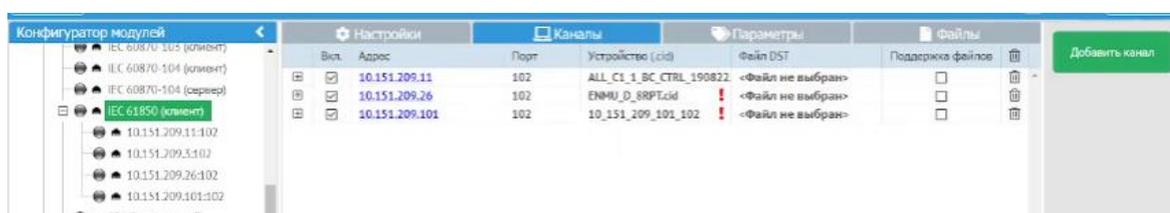


Рисунок 47 – Опрос оборудования

Для добавления какого-либо канала, в правой стороне экрана есть кнопка “Добавить сигнал”. Добавим канал терминала ЭКРА, для этого в поле “адрес” вписываем IP оборудования “10.151.209.3” (рисунок 48). Пункт **поддержка файлов** обозначает необходимость выкачивать из блока осциллограммы, журналы и т.д.

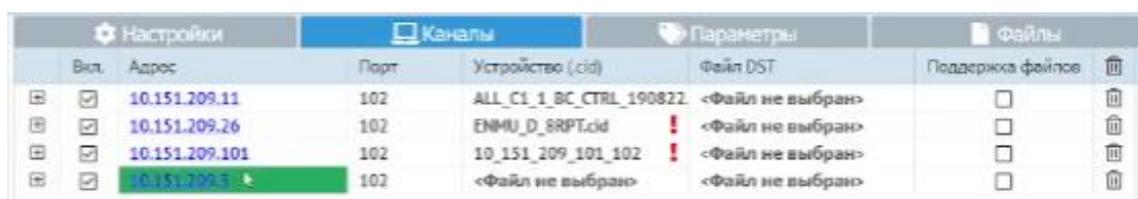


Рисунок 48 – Добавление канала

Так же можно загрузить cid файл для терминала (в случае БМРЗ надо загружать файлы вручную (рисунок 49)).



Рисунок 49– Загрузка файла для терминалов

Дальше надо соответственно перейти к нашему блоку нажав на IP адрес оборудования. На данном пункте высветится окно настройки данного канала (рисунок 50), где можно настроить сам блок.

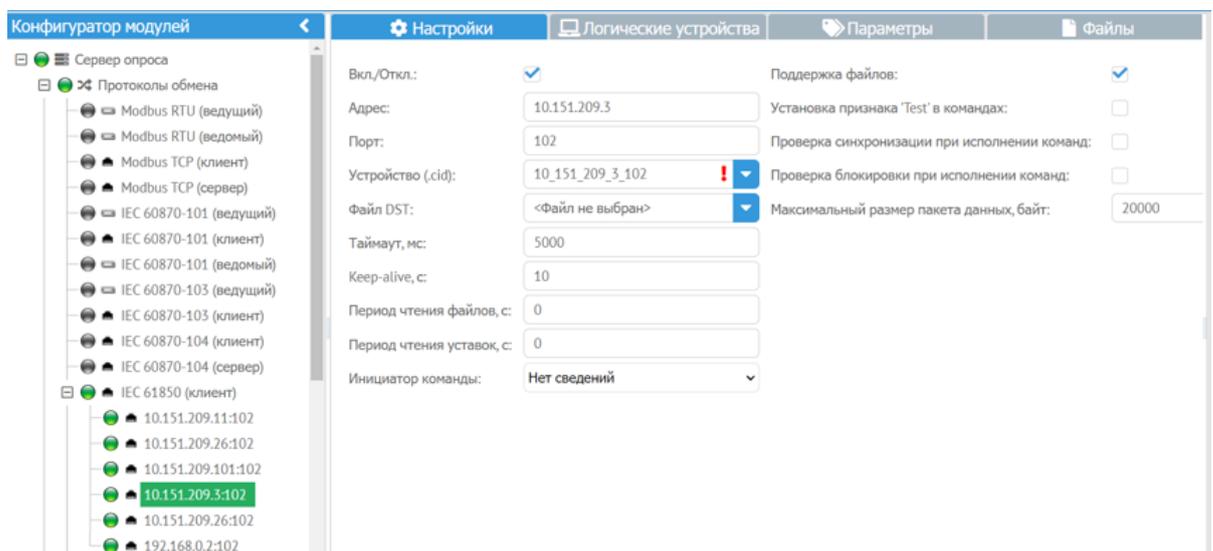


Рисунок 50 – Настройка блока

В окне “Логические устройства” (информационная модель) необходимо нажать на кнопку “Вычитать конфигурацию”, что означает скачивание cid файла с оборудования. В этой конфигурации мы можем выбрать необходимые нам отчеты (рисунок 51).

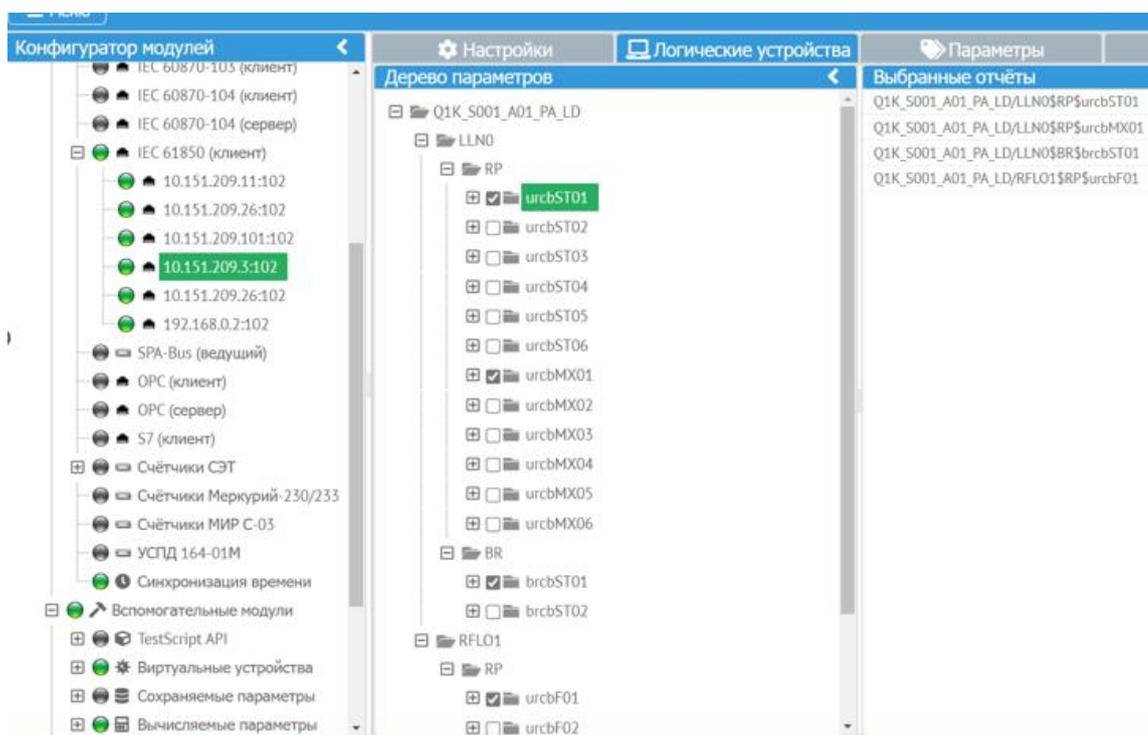


Рисунок 51 – Пункт логические устройства

В пункте параметры изображено все, что входит в отчеты, т.е. это конкретные логические узлы, тэги (рисунок 52).

Наименование	Описание	Значение	Ед. измерения	Качество	Метка времени
IEC61850Client					
10.151.209.3.102					
Diagnostics					
Q1K_S001_A01_PA_I					
CALH1					
ST					
GrAlm					
stVal	Q1K_S001_A01_PA_LD.CALH1.ST	<input type="checkbox"/>		Bad_OutOfService	08.09.2022 12:05:30.034
GrWIn					
stVal	Q1K_S001_A01_PA_LD.CALH1.ST	<input type="checkbox"/>		Bad_OutOfService	08.09.2022 12:05:30.034
ds21GGIO1					
ds77GGIO1					
ds52GGIO1					
ds51GGIO1					
ds102GGIO1					
ds117GGIO1					
ds202GGIO1					
ds208GGIO1					
ds209GGIO1					
ds211GGIO1					
ds671GGIO1					
elkeysGGIO1					
inpGGIO1					
LCC1H1					
ledGGIO1					

Рисунок 52 – Параметры оборудования

Разработка сигналов объекта

Разработка сигналов оборудования необходимо для того, чтобы задать свойства сигналу.

Первым делом, заходим в “**Меню**” и переходим пункт “**Оборудование**”. В дереве оборудования есть подстанция, в которую можно добавить присоединения (рисунок 53), а также приписать параметры сигналов на какую-либо функцию.

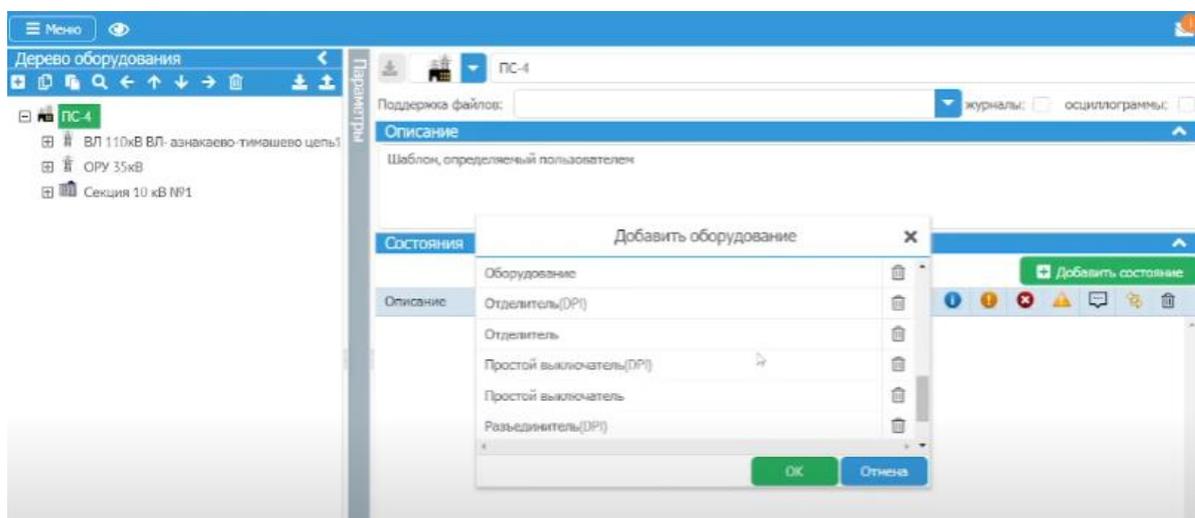


Рисунок 53 – Дерево оборудования

Вторым пунктом, необходимо задать параметр на оборудование. В качестве примера возьмем выключатель (рисунок 54). Прописываем сигналы параметров состояния и команды выключателя.

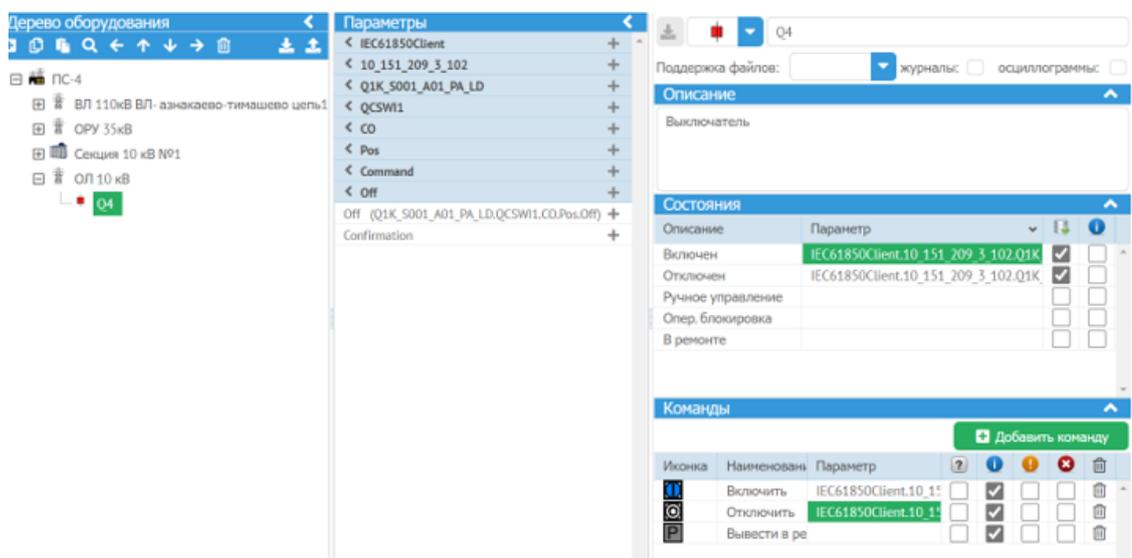


Рисунок 54 – Параметры настройки выключателя

Разработка экранной формы

Для разработки экранной формы, необходимо зайти в редактор “**мнемосхемы**”. В данном разделе необходимо нарисовать оборудование и

привязать его ранее заданным сигналам (тэгам), а также настроить его класс напряжения, надпись и т.д. (рисунок 55).

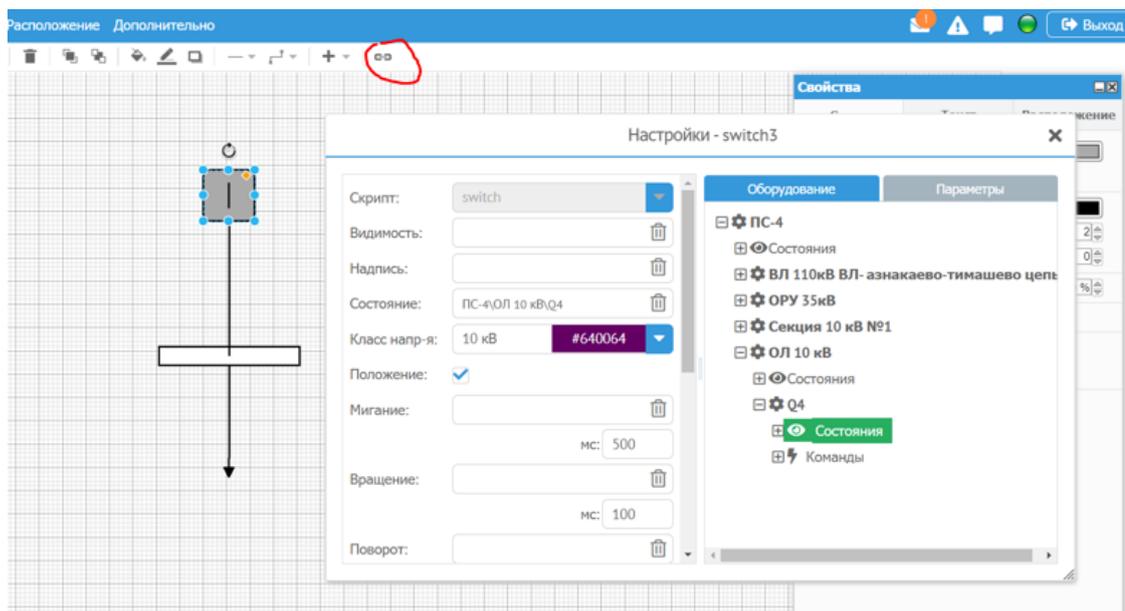


Рисунок 55 – Редактор мнемосхем

Дополнительно задаем команды для дистанционного управления выключателем. В пункте **“команда”** в настройках выключателя, перетаскиваем команды на включение и отключение выключателя (рисунок 56).

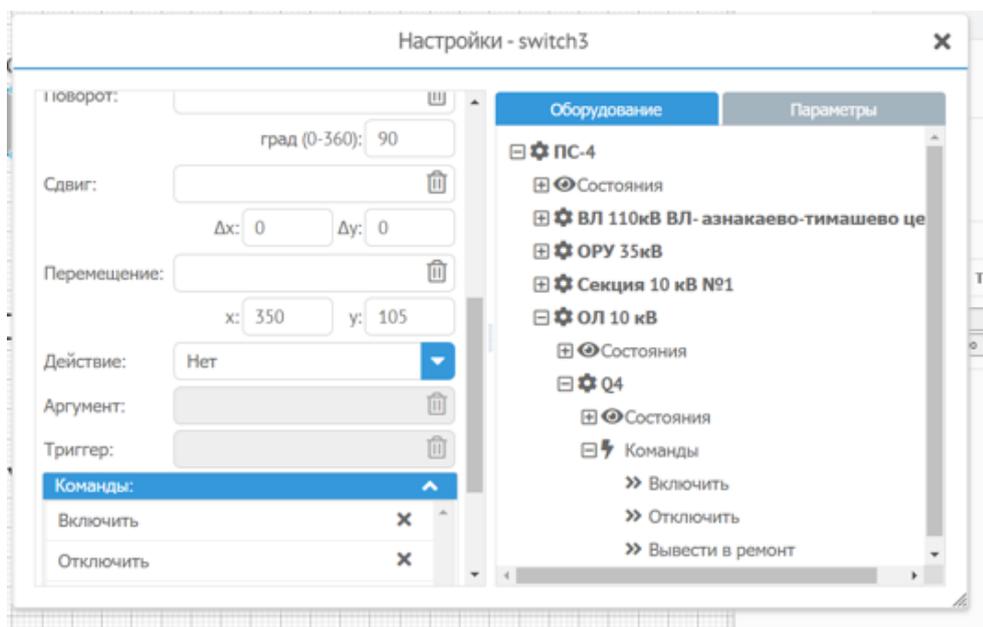


Рисунок 56 – Настройка дистанционного управления выключателем

В мнемосхеме можно добавить таблицу с измерениями токов и напряжений. В меню **“элементов”** добавляем оперативную информацию по токам или

напряжениям и переносом привязать тэги к таблице измерений выключателя (рисунок 57).

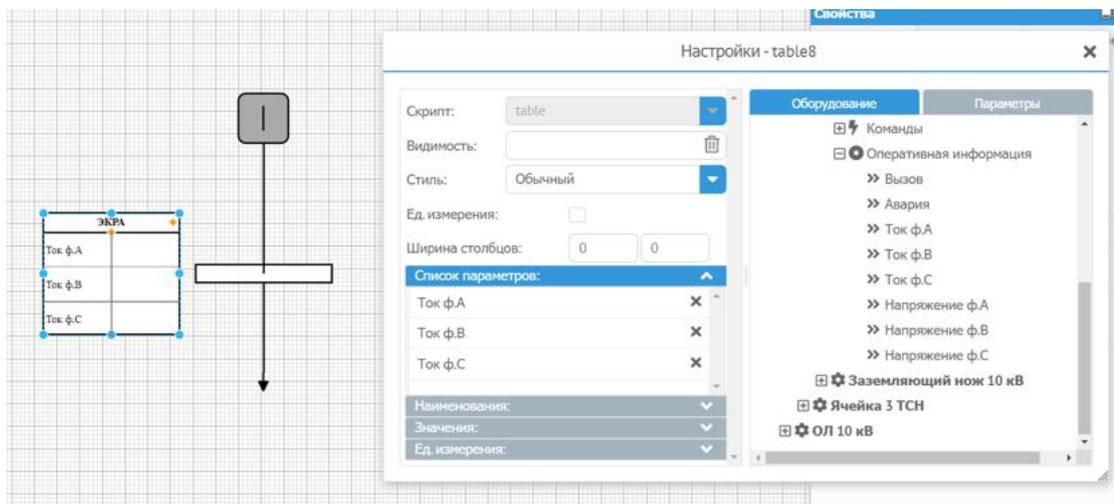


Рисунок 57 – Настройка таблицы измерений выключателя

В итоге получится схема с привязанными сигналами к положению выключателя на его включение и отключение, а также измерений токов фаз выключателя (рисунок 58).

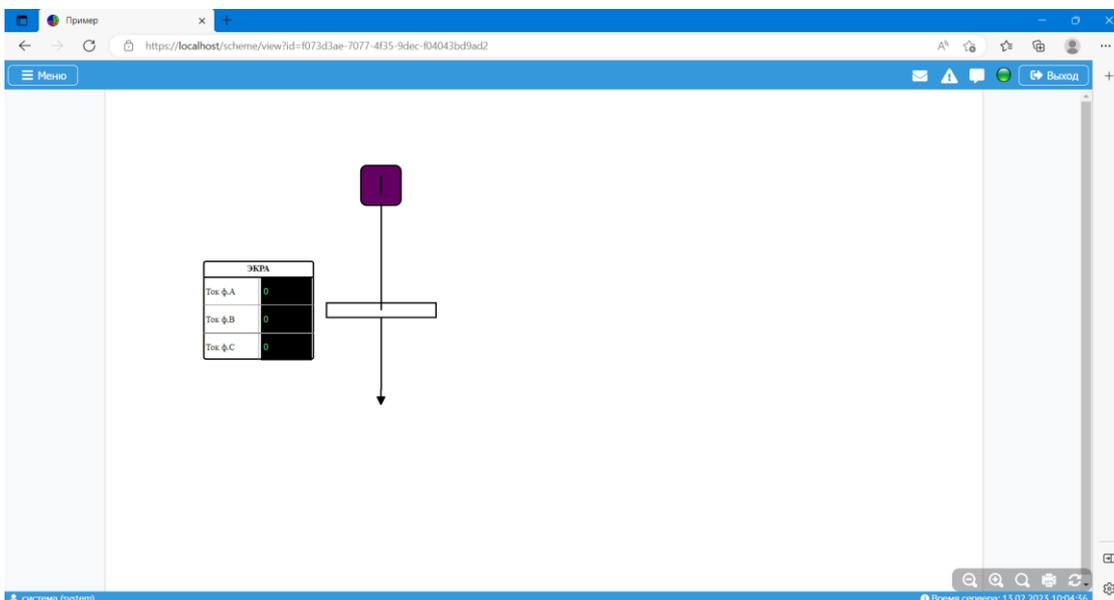


Рисунок 58 – Пример создания мнемосхемы

5. Настройка терминала защиты БМРЗ-159

Конфигуратор-МТ – это ПО, которое предназначено для настройки блока под конкретное защищаемое присоединение [10].

Данное ПО имеет графический редактор логики, библиотеку функций, пусковых органов и логических элементов, позволяя адаптировать блок под самые разные условия на объекте.

В процессе эксплуатации программа позволяет:

- контролировать в реальном времени измеряемые блоком параметры и состояние сигналов, осуществлять управление блоком;
- считывать и анализировать журналы сообщений и аварий, счетчики событий;
- считывать осциллограммы для дальнейшего анализа;
- изменять все уставки и конфигурацию защит (с возможностью защиты паролем).

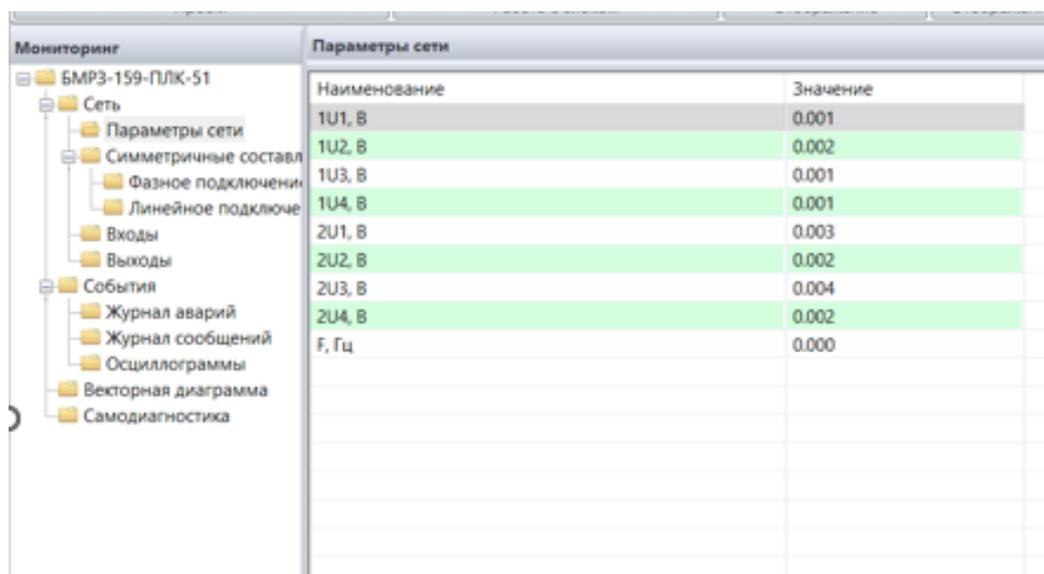
Программа так же позволяет создать образ блока, который представляет собой файл, в котором содержатся осциллограммы, журнал аварий, журнал сообщений, значения уставок, логические схемы, таблица назначений и другие настройки блока.

Для связи с компьютером можно использовать интерфейсы USB, RS 485 или Ethernet. Порт USB на лицевой панели блока БМРЗ позволяет настраивать устройство и считывать аварийную информацию без оперативного питания. USB-кабель обеспечивает достаточное питание для работы в режиме настройки.

5.1. Мониторинг сети

Просмотр информации, получаемой из блока, возможен в разделе "Мониторинг". Параметры распределены по вкладкам, расположенным в области "Дерево раздела", при открытии вкладки информация отображается в области главной страницы (рисунок 59). Во вкладке мониторинга можно

посмотреть параметры сети, симметричные составляющие, сигналы входов, выходов, так же события, происходящие на объекте.



The screenshot shows a software interface with two main panels. The left panel, titled 'Мониторинг', contains a tree view of a device 'БМРЗ-159-ПЛК-51'. The tree includes folders for 'Сеть', 'Симметричные составл', 'Входы', 'Выходы', 'События', 'Журнал аварий', 'Журнал сообщений', 'Осциллограммы', 'Векторная диаграмма', and 'Самодиагностика'. The right panel, titled 'Параметры сети', displays a table with two columns: 'Наименование' and 'Значение'. The table contains the following data:

Наименование	Значение
1U1, В	0.001
1U2, В	0.002
1U3, В	0.001
1U4, В	0.001
2U1, В	0.003
2U2, В	0.002
2U3, В	0.004
2U4, В	0.002
F, Гц	0.000

Рисунок 59 – Раздел мониторинга

Параметры раздела "Мониторинг" отображаются только при наличии связи с блоком. При отсутствии связи вместо значений отображаются значки "?".

Векторная диаграмма может быть использована для анализа: правильного подключения цепей тока и напряжения и направленных токовых защит.

Круговая диаграмма предназначена для отображения сопротивлений и мощностей на комплексной плоскости. Также на круговой диаграмме отображаются характеристики срабатывания дистанционной защиты. Круговая диаграмма может быть использована для анализа работы дистанционной защиты или работы реле направления мощности.

Журнал сообщений регистрирует следующую информацию: срабатывание и возврат дискретных входов и выходов, появление питания, изменение уставок, нажатия на кнопки пульта, пуски и срабатывания защит и автоматики. Чтобы просмотреть дополнительную информацию, следует выбрать сообщение и нажать кнопку "Детали события", откроется окно "Состав события", в котором будут указаны дополнительные параметры.

При работе с образом блока можно задать фильтр журналов, чтобы просмотреть информацию за интересующий период времени. Для этого следует нажать кнопку "Фильтр журналов", откроется окно "Фильтр журналов сообщений", в котором можно задать временные рамки, за которые будут отображаться журналы сообщений, и тип данных, сообщения с которыми будут отображаться в журнале. Данные журнала сообщений из образа блока возможно сохранить в документ MS Excel, нажатием кнопки "Экспорт файла в формат MS Excel (*.xls)".

Записи в журнале формируются при появлении соответствующего им логического сигнала. Сообщения хранятся в энергонезависимой памяти в хронологическом порядке, каждому сообщению присваивается номер и метка времени.

В журнале аварий регистрируется информация о срабатываниях защит.

Записи в журнале формируются при появлении соответствующего им логического сигнала срабатывания защиты. Сообщения хранятся в энергонезависимой памяти в хронологическом порядке, каждому сообщению присваивается номер и метка времени.

В сообщениях об аварии хранится информация о значениях аналоговых сигналов, состоянии дискретных входов и уставках на момент срабатывания защиты. Чтобы просмотреть дополнительную информацию, следует выбрать аварию и нажать кнопку "Детали аварии", откроется окно "Состав аварии", в котором будут указаны параметры аварии:

- дата и время возникновения аварии;
- название аварии;
- номер осциллограммы;
- причина аварии.

И состав аварии:

- значения аналоговых сигналов;
- состояние дискретных входов / выходов;
- программа уставки.

В блоке предусмотрена возможность **осциллографирования**. Осциллограммы сохраняются в энергонезависимой памяти блока. Каждой осциллограмме присваивается номер и метка времени.

В осциллограмме фиксируются мгновенные значения с аналоговых величин, состояние дискретных входов и внутренние сигналы, заданные для осциллографирования в таблице назначений.

Для загрузки осциллограммы из блока следует в разделе "Мониторинг" во вкладке "Осциллограммы" выбрать осциллограмму или несколько, нажать кнопку "Загрузить", откроется окно "Сохранить как", в котором необходимо задать место сохранения, после сохранения на ПК осциллограмма откроется автоматически в программе "FastView" ДИВГ.57201-xx (где xx – порядковый номер версии), если настроено автоматическое открытие осциллограммы.

5.2. Настройка РЗА

Для настройки РЗА используется программное обеспечение "Конфигуратор-МТ". С помощью ПО "Конфигуратор-МТ" можно изменять уставки, определять дискретные входы и выходы, а также настраивать светодиодные индикаторы и кнопки на лицевой панели. Программный комплекс также содержит графический редактор "гибкой" логики, который позволяет создавать "пользовательские" алгоритмы функционирования. В то же время заводские алгоритмы функций защиты и автоматики не могут быть изменены, чтобы гарантировать правильную работу блоков и надежную защиту энергообъектов. Однако конечный пользователь может использовать дополнительный функционал.

В разделе "**Конфигурация**" вкладки "Настройки РЗА" изменение параметров элементов осуществляется следующим образом:

- нажать правой кнопкой на элементе, который нужно изменить;
- нажать кнопку "Изменить [название элемента]";
- изменить параметры в окне "Изменить [название элемента]";

- задать параметры (наименование элементов, время дополнительной задержки срабатывания дискретного входа от 0 до 30 мс, с дискретностью 1 мс);

- нажать кнопку "ОК".

Внесенные изменения отобразятся в области "Вкладки элементов дерева раздела" (рисунок 60).

Для получения справки по настройке РЗА с помощью программного комплекса следует нажать кнопку «?», находящийся в верхнем правом углу, и выбрать вкладку "Справка (F1)".

Название входа	№	С	Номера контактов	Время доп. выдерж...	Применение	Комментарий
[R1] Блокупр. Q3	1		3/1,3/2	4		БМРЗ
[R2] Блокупр. Q...	2		3/3,3/2	4		БМРЗ
[R3] Блокупр. Q2	3		3/5,3/6	4		ЭКРА
[R4] Блок. упр. Q...	4		3/7,3/6	4		ЭКРА
[R5] Блокупр. Q1	5		3/9,3/10	4		Назначаемый дискретный вход
[R6] Вход	6		3/11,3/10	4		Назначаемый дискретный вход
[R7] Вход	7		3/12,3/10	4		Назначаемый дискретный вход
[R8] Вход	8		3/14,3/15	4		Назначаемый дискретный вход
[R9] Вход	9		3/17,3/18	4		БМРЗ
[R10] Вход	10		3/20,3/21	4		БМРЗ
[R11] Вкл. Q3	11		31/1,31/2	4	Шина 10 кВ	ЭКРА
[R12] Откл. Q3	12		31/3,31/4	4	Шина 10 кВ	ЭКРА
[R13] Вкл. Q2	13		31/5,31/6	4	Шина 10 кВ	ТОР
[R14] Откл. Q2	14		31/7,31/8	4	Шина 10 кВ	ТОР
[R15] Откл. Q2 (O...	15		31/9,31/10	4	Шина 10 кВ	Назначаемый дискретный вход
[R16] Вкл. Q1	16		31/11,31/12	4	Шина 10 кВ	Назначаемый дискретный вход
[R17] Откл. Q1	17		31/13,31/14	4	Шина 10 кВ	Назначаемый дискретный вход
[R18] Откл. Q1 (O...	18		31/15,31/16	4	Шина 10 кВ	Назначаемый дискретный вход
[R19] Вкл. QSG3	19		31/17,31/18	4	Шина 10 кВ	БМРЗ
[R20] Откл. QSG3	20		31/19,31/20	4	Шина 10 кВ	БМРЗ
[R21] Вкл. QSG2	21		31/21,31/22	4		ЭКРА
[R22] Откл. QSG2	22		31/23,31/24	4		ЭКРА

Рисунок 60 – Конфигурация проекта БМРЗ

Таблица назначений позволяет выполнять следующие операции:

- подключать/отключать выходные логические сигналы к реле и светодиодам;
- настраивать записи в журналах аварий и сообщений, формирующиеся по появлению выходных логических сигналов алгоритмов;
- добавлять выходные логические сигналы алгоритмов для записи в осциллограммы.

Пример таблицы назначений приведен на рисунке 61.

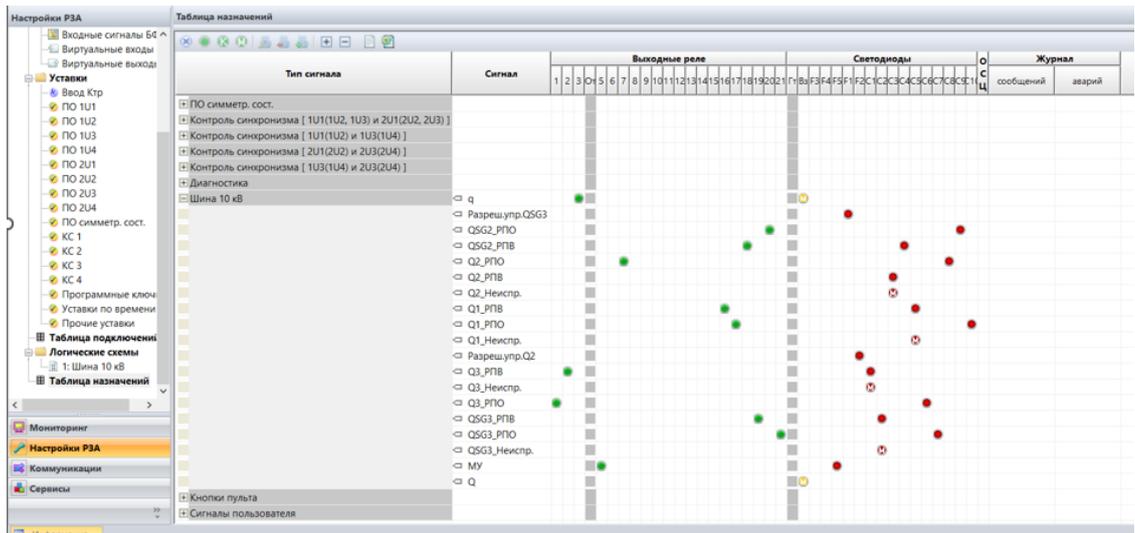


Рисунок 61 – Таблица назначений

Назначение логических сигналов в таблице назначений происходит в виде перекрестной связи между строкой и графой. В строках указаны сигналы (слева), в графах – дискретные выходы, светодиоды, параметры осциллографирования ("ОСЦ"), журналы сообщений и аварий. Задание связей происходит с помощью меню, открывающегося нажатием правой кнопки мыши.

Возможно назначение одного сигнала на несколько реле (светодиодов). В этом случае при появлении логического сигнала будут срабатывать все назначенные реле (загораться все назначенные светодиоды).

Возможно назначение нескольких сигналов на одно реле (один светодиод). В этом случае реле (светодиод) будет срабатывать (загораться) при срабатывании любого из назначенных сигналов.

Создание логических схем

Для дополнения логики работы блока доступно создание алгоритмов пользователя. Пример логической схемы приведен на рисунке 62.

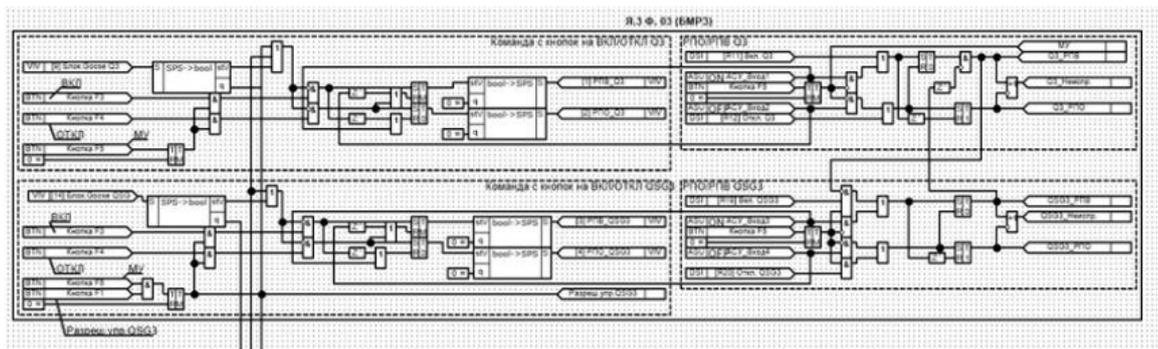


Рисунок 62 – Логическая схема

Для создания новой логической схемы необходимо во вкладке "Логические схемы" раздела "Настройки РЗА" нажать кнопку "Создать схему" на панели, задать название логической схемы.

Добавить элементы логической схемы возможно с помощью окна "Добавить" с вкладками "Библиотека", "Состав проекта", которое можно открыть кнопкой "Создать" (Рисунок 63).

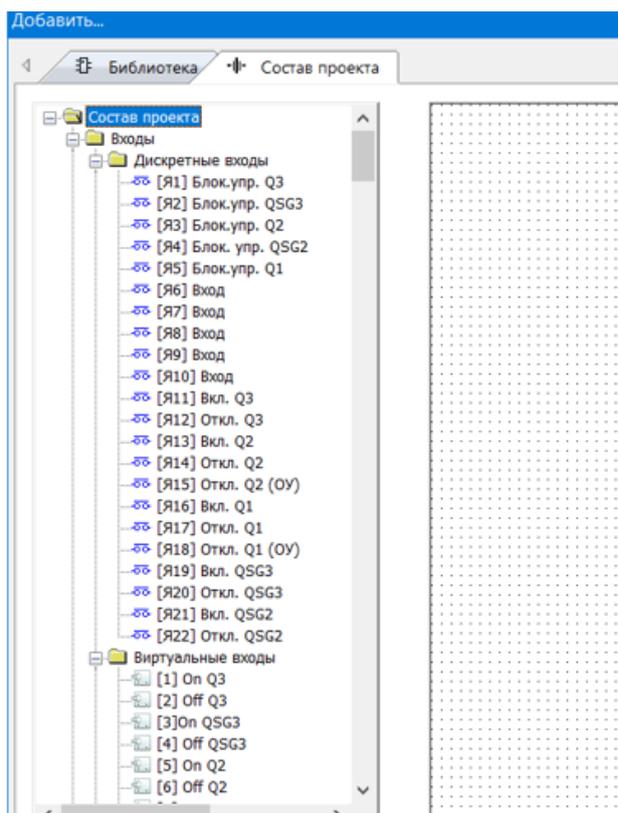


Рисунок 63 – Состав проекта

Во вкладке "Состав проекта" приведены доступные для формирования логических схем входы и выходы, во вкладке "Библиотека" - логические элементы и элементы оформления.

Для добавление логического элемента необходимо нажать двойным щелчком левой кнопки мыши на выбранном элементе и нажатием левой кнопки мыши зафиксировать элемент в выбранной области.

Входы логических функций можно инвертировать. Для этого следует открыть контекстное меню элемента и выбрать "Инверсия входа/выхода".

Для создания логического выхода во вкладке "Библиотека" нажать двойным щелчком элемент, задать имя создаваемого выходного элемента, комментарий, настроить отображение выхода в таблице назначений и передачу выхода в АСУ.

С помощью логических схем осуществляется настройка GOOSE-сообщений. Элементы логических схем для настройки GOOSE-сообщений зависят от типа блока и БФПО. Для типа блока "БМРЗ-100У" и "БМРЗ-М4М" имеются элементы "bool->SPS", "SPS->bool", "bool->DPS", "DPS->bool" (рисунок 64), а для типа блока "БМРЗ-100" и "БМРЗ-М4" это элементы "SP-DP" и "DP-SP".

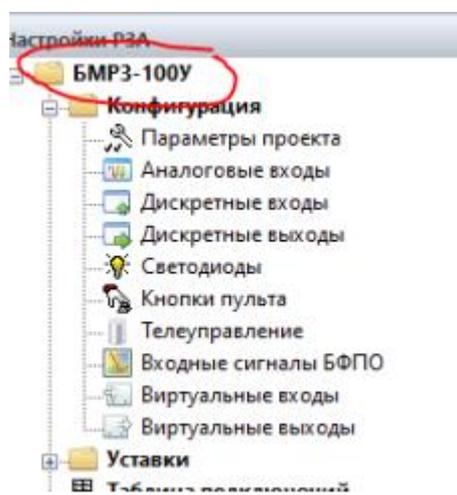


Рисунок 64 – Тип блока

Для отправки логического сигнала в составе GOOSE-сообщения для блоков типа "БМРЗ-100У" и "БМРЗ-М4М" следует составить логическую схему, в которой сигнал будет соединен с виртуальным выходом логическим элементом "bool->SPS". Для этого на схему следует поместить логический вход с сигналом, логический элемент "bool->SPS" ("bool->DPS") и виртуальный выход, соединить их (рисунок 65).

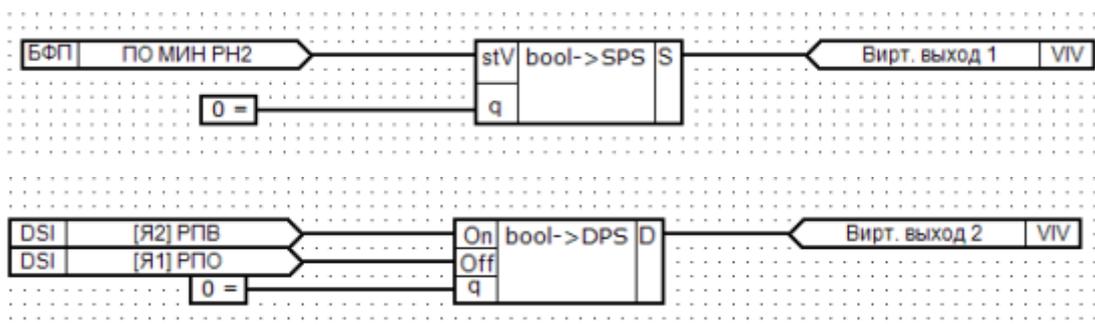


Рисунок 65 – Логические схемы

Для приема GOOSE – сообщения для блоков типа "БМР3-100У" и "БМР3-М4М" следует составить логическую схему, в которой виртуальный вход будет соединен с логическим выходом (из вкладки "Библиотека") логическим элементом "SPS->bool" ("DPS->bool"), соединить их (рисунок 66).

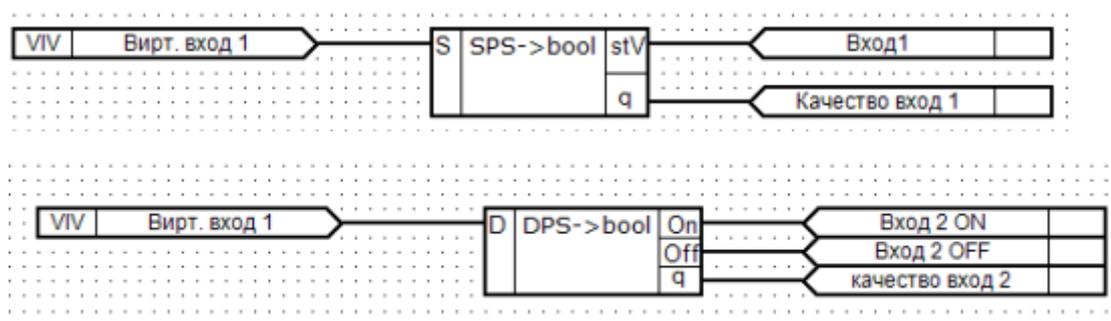


Рисунок 66 – Логические схемы

Задание уставок

Просмотр параметров графы "В блоке" возможен только при подключении к блоку, при отсутствии подключения отображаются знаки "?".

Выбор режима отображения уставок (в первичных или во вторичных значениях) осуществляется кнопками на панели инструментов.

Изменение состояния программного ключа производится во вкладке "Уставки" раздела "Настройки РЗА" заданием значков (0 - выведен) или (1 - введен) на пересечении строки программного ключа и графы "В проекте" двойным щелчком левой кнопки мыши или нажатием клавиш клавиатуры "0", "1".

Задание уставок пусковых органов, уставок по времени и целочисленных уставок и коэффициентов трансформации производится в ячейке на пересечении строки уставки и графы "В проекте". Для ввода уставки необходимо нажать двойным щелчком на выбранной ячейке или нажать клавишу "Пробел", ввести с помощью клавиатуры значение уставки, нажать "Enter".

При введении недопустимого значения уставки появится диалоговое окно, в котором будут указаны допустимые пределы. Необходимо задать уставку из допустимых пределов.

После задания уставок необходимо записать их в блок, и после записи уставок в блок удостовериться, что значения уставок в графах "В блоке" и "В проекте" совпадают (рисунок 67)

Уставка	Программа 1		Комментарий
	В блоке	В проекте	
1.0 РН1 1U2 МАКС	260	260	Уставка максимального пускового органа по напряжению 1U2, В
1.0 РН2 1U2 МАКС	260	260	Уставка максимального пускового органа по напряжению 1U2, В
1.0 РН3 1U2 МАКС	260	260	Уставка максимального пускового органа по напряжению 1U2, В
1.0 РН4 1U2 МАКС	260	260	Уставка максимального пускового органа по напряжению 1U2, В
1.0 РН5 1U2 МАКС	260	260	Уставка максимального пускового органа по напряжению 1U2, В
1.0 РН1 1U2 МИН	260	260	Уставка минимального пускового органа по напряжению 1U2, В
1.0 РН2 1U2 МИН	260	260	Уставка минимального пускового органа по напряжению 1U2, В
1.0 РН3 1U2 МИН	260	260	Уставка минимального пускового органа по напряжению 1U2, В
1.0 РН4 1U2 МИН	260	260	Уставка минимального пускового органа по напряжению 1U2, В
1.0 РН5 1U2 МИН	260	260	Уставка минимального пускового органа по напряжению 1U2, В

Рисунок 67 – Значения уставок

5.3. Коммуникации

Выбор и настройка интерфейсов связи и протоколов производятся в разделе "Коммуникации".

Для получения справки по настройке коммуникаций с помощью программного комплекса следует нажать кнопку "?" и выбрать вкладку "Справка (F1)".

Открыть вкладку "IEC-61850-8-1", в которой задать сигналы на доступные адреса при необходимости (рисунок 68). Для работы коммуникационного обмена в соответствии с протоколом IEC 61850-8-1 необходимо создать логические схемы, в которых задать виртуальные входы и выходы.

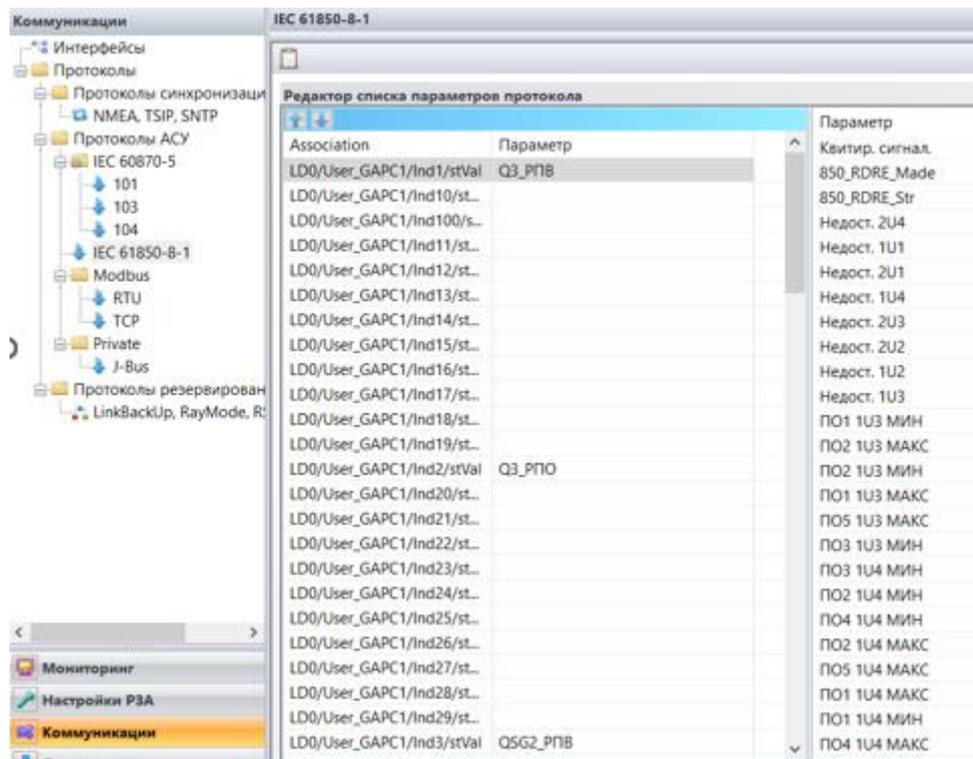


Рисунок 68 – Карты сигналов протокола МЭК61850

6. Настройка АПВ в конфигураторе-МТ

Логическая схема, представленная на рисунке 69, разделяется на 4 схемы управления выключателем Q3, которые взаимодействуют с друг другом. В левой верхней и нижней части схема отвечает за команду с кнопок на отключение и включение выключателя и заземляющего ножа по местному управлению, а в правой верхней и нижней части находятся схемы управления и настройки включения и отключения выключателя и заземляющего ножа, которые можно дополнять функциями РЗА.

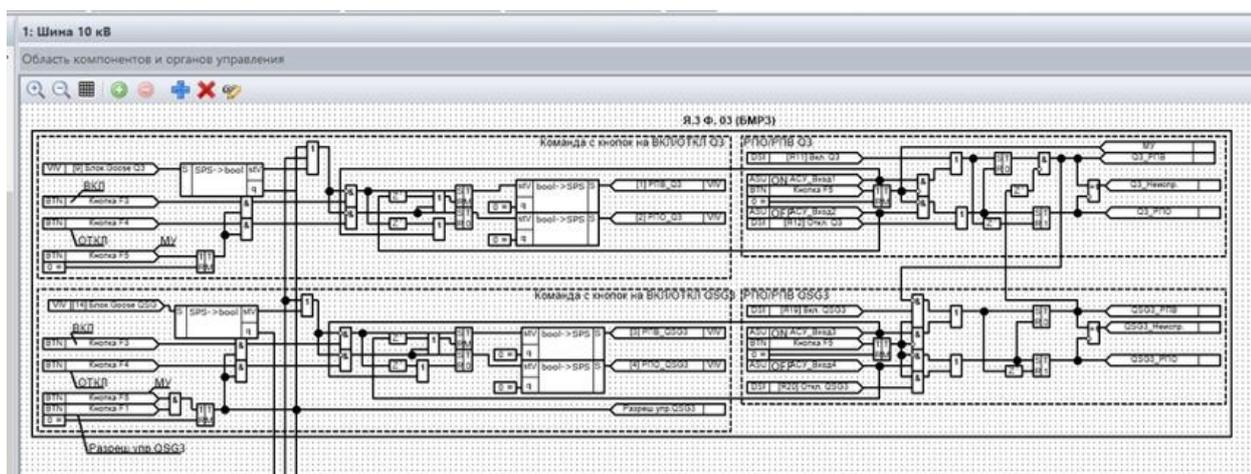


Рисунок 69 – Схема выключателя Q3

Для настройки АПВ в логической схеме, необходимо открыть проект и добавить логические элементы, которые нужны для работы АПВ.

Добавим функцию АПВ на выключатель Q2.

Первым действием открывается логическая схема и добавляется элемент входа “Включения АПВ Q2”. Вторым шагом добавляется логический элемент SPS-> bool как на рисунке 65, который будет принимать GOOSE-сообщения с блока. Третьим действием идет добавление виртуального входа будет соединен с логическим выходом (рисунок 70).

Так на схеме видно, что выходы АПВ соединяются с параметром “качество” и с логическим элементом ”И”, т.е. будет срабатывать в случае отключения выключателя Q2, с некоторой задержкой времени.

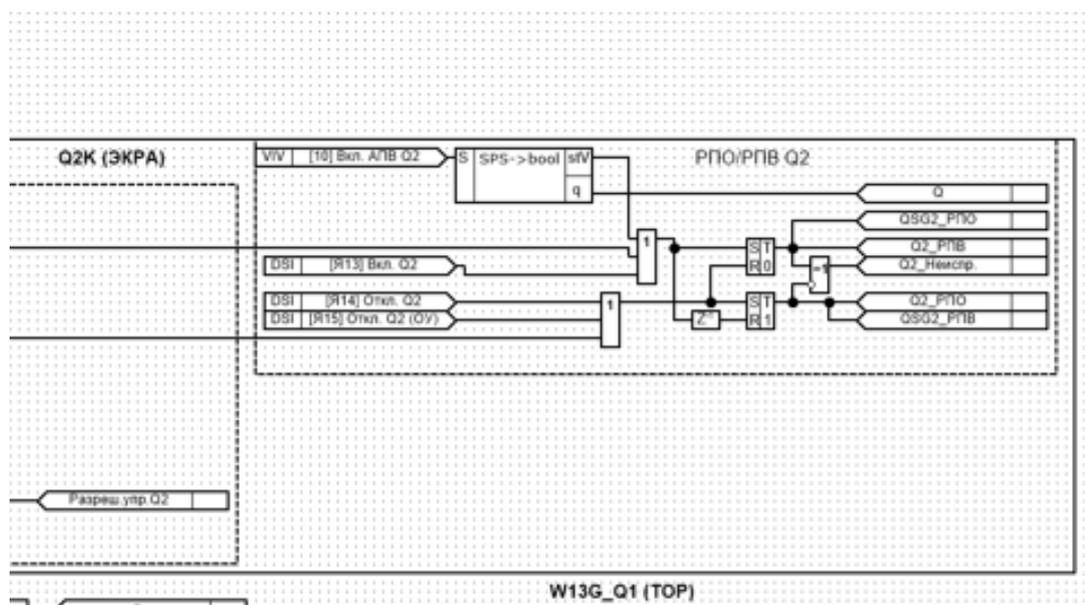


Рисунок 70 – Добавление АПВ

Как видно из схемы, данное ПО позволяет редактировать логические схемы, что дает множество вариантов построения не только функции АПВ под выключатель Q2, но и другие защиты релейной защиты и автоматики на разных присоединениях.

7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела является оценка перспективности моделирования систем обмена данными между устройствами АСУ ТП высокоавтоматизированных подстанций с точки зрения экономической эффективности и перспективности, а также ресурсоэффективности и конкурентоспособности проекта.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: проанализировать конкурентные технические решения проекта; провести SWOT-анализ для выявления сильных и слабых сторон; выполнить планирование и организацию научного исследования, на их основе построить диаграмму Гантта, а также определить бюджет и ресурсоэффективность научного проекта.

Потенциальными потребителями результатов работы могут быть эксплуатирующие организации.

7.1. Предпроектный анализ

7.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

В настоящее время существует несколько решений по обеспечению моделирования систем обмена данными между устройствами АСУ высокоавтоматизированных подстанций, предлагаемые такими компаниями, как Siemens (Германия), «Элеси» (Россия). Они предоставляют разработку АСУ ТП (автоматизация систем управления технологическим процессом), на основе которой производится вся модель по которой будет происходить обмен данными между устройствами АСУ ТП. Такой способ обмена позволяет повысить надежность, быстродействие всей системы, что ведет к снижению замены или ремонта оборудования.

Потребность в разработке технического задания (ТЗ) на проектирование такой модели актуальна для энергетических компаний, которые эксплуатируют электрооборудование подстанции (ПС).

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка.

Сегментирование – разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга).

Можно применять географический, демографический, поведенческий и иные критерии сегментирования рынка потребителей.

Проведем сегментирование энергетических компаний, заинтересованных в разработке ТЗ для модели обмена данными устройств АСУ ТП по следующим критериям: размер компании – доля электрооборудования, которую можно цифровизировать (таблица 5).

Таблица 5 – Карта сегментирования энергетических компаний, заинтересованных в разработке ТЗ для модели обмена данными устройств АСУ ТП

		Доля электрооборудования, которую можно цифровизировать, %		
		25	50	75
Размер энергетической компании	Крупные	**	***	***
	Средние	*	**	**
	Мелкие	*	*	**

* - низкая степень заинтересованности

** - средняя степень заинтересованности

*** - высокая степень заинтересованности

В результате анализа карты сегментирования можно сделать вывод, что полученное в ходе выполнения данной работы ТЗ для модели обмена данными между устройствами АСУ ТП будет интересно крупным и средним энергетическим компаниям, в которых доля электрооборудования, которую можно цифровизировать, составляет 50-75%.

7.1.2. Анализ конкурентных технических решений

В данном разделе проводится анализ технического решения, который позволит в наибольшей степени определить характеристики, описывающие качество разработки, а также перспективы её развития.

В рамках данной работы произведем сравнение относительно молодой и перспективной технологии “Высокоавтоматизированная подстанция” с уже существующей, так называемой, традиционной подстанцией.

Оценка исследования проводится по следующим группам критериев:

1. Технические критерии оценки качества разработки:

- Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей);
- Функциональная мощность – количество защит, предоставляемых шкафом;
- Надёжность – заключается в быстровременном отключении короткого замыкания и резервирование специальными защитами, для сохранения оборудования;
- Электромагнитная совместимость вторичного оборудования – стабильная и безотказная работа оборудования на ПС при условии требований ЭМС.
- Качество интеллектуального интерфейса – наличие пульта управления на лицевой панели и его простота

2. Экономические критерии оценки эффективности разработки:

- стоимость вторичного оборудования;
- затраты на кабельные сооружения и кабельную продукцию;
- затраты на проектирование;
- стоимость модернизации терминалов ПС;

Оценочная карта, представленная в таблице 6, позволяет вносить коррективы в научное исследования, так как предусматривает его определенные технические и экономические особенности разработки, создания и коммерциализации. В силу отсутствия идентичных предлагаемому решению разработок невозможно провести его сравнение с другими. В связи с этим, максимальный балл характеризует полное выполнение того или иного показателя. Технические критерии определяются согласно требованиям предъявляемых к разработке данной программы. Экономические критерии

определены согласно финансовым возможностям, а также актуальностью и стадией готовности технического решения.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 6 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Высокоавтоматизированная ПС	Трад.ПС	Высокоавтоматизированная ПС	Трад.ПС
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки качества разработки					
1. Удобство в эксплуатации	0,15	5	4	0,75	0,6
2. Надежность работы	0,2	5	4	1	0,8
3. Функциональность (спектр возможностей)	0,2	5	4	1	0,8
4. Электромагнитная совместимость	0,1	5	3	0,5	0,3

вторичного оборудования					
5. Качество интеллектуального интерфейса	0,15	5	3	0,75	0,6
Экономические критерии оценки эффективности разработки					
1. Стоимость вторичного оборудования	0,09	3	5	0,27	0,45
2. Затраты на кабельные сооружения и кабельную продукцию	0,04	5	3	0,2	0,12
3. Затраты на проектирование	0,04	5	3	0,2	0,12
4. Стоимость модернизации терминалов ПС	0,03	5	4	0,15	0,12
Итого	1				3,91

По результатам расчетов, представленных в таблице 6, можно сделать вывод, что по техническим и экономическим критериям технологии “Высокоавтоматизированных подстанций” предпочтительней традиционных.

7.1.3. FAST-анализ

FAST-анализ выступает как синоним функционально-стоимостного анализа. Суть этого метода базируется на том, что затраты, связанные с созданием и использованием любого объекта, выполняющего заданные функции, состоят из необходимых для его изготовления и эксплуатации и дополнительных, функционально неоправданных, излишних затрат, которые

возникают из-за введения ненужных функций, не имеющих прямого отношения к назначению объекта, или связаны с несовершенством конструкции, технологических процессов, применяемых материалов, методов организации труда и т.д.

Выбор объекта FAST-анализа

В качестве объекта FAST-анализа выступает объект исследования высокоавтоматизированная подстанция.

Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом

В рамках данной стадии FAST-анализа объект анализируется с позиции функционального устройства. Классификация функций, выполняемых объектом исследования представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Классификация функций, выполняемых объектом исследования

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Ранг функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
Релейная защита и автоматика (РЗА)	-	Быстрое, автоматическое выявление и отделение от электроэнергетической системы поврежденных элементов	X		
Объекты подстанции	-	Дистанционное управление элементами		X	

		подстанции через ПО “SCADA”			
Измерительные устройства	-	Приходящие данные с измерительного устройства в режиме реального времени		X	
Микропроцессорное оборудование	-	Сбор и передача данных между устройствами, местное управление		X	

Определение значимости выполняемых функций объектом

Для оценки значимости функций будем использовать метод расстановки приоритетов, предложенной Блумбергом В.А. и Глуценко В.Ф. В основу данного метода положено расчетно-экспертное определение значимости каждой функции. Построим матрицу смежности (таблица 8).

Таблица 8 – Матрица смежности

	Функция 1	Функция 2	Функция 3	Функция 4
Функция 1	=	>	>	>
Функция 2	<	=	>	<
Функция 3	<	<	=	<
Функция 4	<	<	>	=

Преобразуем матрицу смежности в матрицу количественных соотношений функций (таблица 9)

Таблица 9 – Матрица количественных соотношений функций

	Функция 1	Функция 2	Функция 3	Функция 4	ИТОГО

Функция 1	1	1,5	1,5	1,5	5,5
Функция 2	0,5	1	1,5	0,5	3,5
Функция 3	0,5	0,5	1	0,5	2,5
Функция 4	0,5	0,5	1,5	1	3,5
					15

Определим значимости функций (таблица 10).

Таблица 10 – Определение значимости функций

Наименование функции	Относительная значимость
Функция 1	0,37
Функция 2	0,23
Функция 3	0,17
Функция 4	0,23
	1

Согласно матрице количественных соотношений получили следующие относительные значения значимости функций: РЗА – 0,37, дистанционное управление – 0,23, измерительные устройства – 0,17, шкафа управления – 0,2. Видно, что самой значимой функцией (назначением) высокоавтоматизированной подстанции является функции РЗА.

Стадии 4 и 5 - анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования и построение функционально-стоимостной диаграммы объекта, и ее анализ соответственно производить не будем, так как представленные функции моделирования системы обмена данными между устройствами носят

общий характер и не могут быть на данный момент оценены в денежном эквиваленте.

Стадия 6. Оптимизация функций, выполняемых объектом.

Высокоавтоматизированная подстанция позволяет сократить общее время и затраты на ремонт оборудования в полевых условиях за счет легкой доступности материалов и устройств. В данном способе применяются устройства АСУ ТП, что способствует более надежной и быстрой системы. По сравнению с использующимися на сегодняшний день традиционными подстанциями, высокоавтоматизированная подстанция дает множество преимуществ в том числе, в управлении, ремонте и стоимости оборудования.

7.1.4. SWOT-анализ

SWOT-анализ проводится для анализа внутренних и внешних факторов, способных повлиять на научно-исследовательский проект. Его матрица позволяет определить взаимное влияние факторов и сделать выводы, которые помогут при разработке стратегии проведения научного исследования. К сильным и слабым сторонам можно отнести внутренние черты научного исследования, а к возможностям и угрозам – характеристики внешней среды. В результате анализа составляется матрица, представленная в виде таблицы 11.

Таблица 11 – Матрица SWOT анализа научно-исследовательского проекта

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Инновационные решения;</p> <p>С2. Уменьшение затрат времени и накладки с контролем защит;</p> <p>С3. Большой срок службы;</p> <p>С4. Высокая чувствительность к аварийным режимам;</p> <p>С5. Минимальный уровень шума и вред окружающей среде.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Слабая нормативно-техническая база;</p> <p>Сл2. Усложнение проекта в связи с реализацией на базе стандарта МЭК 61850;</p> <p>Сл3. Требуется опыт работы и знание по эксплуатации оборудования;</p> <p>Сл4. Требуется отдельные цепи постоянного тока для подключение измерительных трансформаторов.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Внедрение новых технологий на массовое производство;</p> <p>В2. Применение энергопредприятиями устройств, как основную защиту главных схем электростанций;</p> <p>В3. Реализация необслуживаемой подстанции в обозримом будущем;</p> <p>В4. Возможность защиты и замены более дорогостоящего оборудования;</p> <p>В5. Повышение спроса.</p>	<p>Преимущественно своим характеристикам, устройства могут устанавливаются на большое количество электрооборудования, благодаря этому будет возможность закупить большое количество устройств за меньшую стоимость;</p> <p>Долгий срок службы позволит увеличить спрос, обеспечивая тем самым экономию на покупке новых.</p>	<p>Из-за новых технологий и стандарта возможны проблемы с установкой и обеспечением передачи данных в реальном времени;</p> <p>Для сохранности энергооборудования потребуется время для обучения персонала пользования оборудованием и его программными комплексами.</p>

<p>Угрозы:</p> <p>У1. Проблема с синхронизацией приема данных;</p> <p>У2. Возможная, дополнительная государственная сертификация оборудования;</p> <p>У3. Экономическая ситуация в стране, способствующая закрытию предприятий по производству устройств;</p> <p>У4. Отсутствие финансирования на получение новых технологий.</p>	<p>Удовлетворение желаний потребителя может привести к дополнительной государственной сертификации, по которой устройство может получить дополнительные средства на совершенствование старых технологий;</p> <p>Обладая долгим сроком службы и высокой чувствительностью к авариям, устройство затмевает аналогичные оборудования конкурентов.</p>	<p>Использование оборудования приведёт к снижению спроса, и обеспечит конкурентам разработку зарубежных программ более высокого и современного класса;</p> <p>Фирма является зарубежной компанией и возможно увеличение цены в связи с экономической обстановкой.</p>
--	--	---

По итогам SWOT-анализа были определены сильные и слабые стороны проекта, а также его возможности и угрозы для исполнения. После проведения анализа всех этих сторон было выявлено, что проект имеет довольно хорошие перспективы для реализации и его сильные качества могут нивелировать недостатки.

7.1.5 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в таблице 12.

Таблица 12 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел.	5	4
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела.	5	4
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке.	5	4
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок.	5	3
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав.	5	5
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности.	3	3
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта.	5	3
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки.	5	4

9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок.	5	5
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки.	5	4
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок.	4	3
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот.	3	2
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки.	3	2
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки.	5	4
15	Проработан механизм реализации научного проекта.	5	5
	ИТОГО БАЛЛОВ	68	54

При проведении анализа по таблице, приведенной выше, по каждому показателю составляем оценку по пятибалльной шкале. При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается. При оценке степени проработанности научного проекта: 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта.

Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i – му показателю.

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Перспективность данной разработки можно считать выше среднего, так как $B_{\text{сум}}$ получилось от 68 до 54.

7.2. Инициация проекта

Инициация проекта определяет изначальные цели и содержание, внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта.

Устав научного проекта магистерской работы содержит следующую структуру, представленную в подразделах ниже.

7.2.1. Цели и результаты проекта

Информация о заинтересованных сторонах проекта представлена в таблице 13.

Таблица 13 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Руководитель	Реализация проекта, карьерный рост и финансирование новых проектов
Инженер	Реализация проекта, карьерный рост

Информация о иерархии целей проекта и критериях их достижения представлена в таблице 14.

Таблица 14 – Цели и результаты проекта

Цели проекта:	Повышение надежности оборудования за счет введения микропроцессорных устройств и внедрение SCADA системы на электрических подстанциях
Ожидаемые результаты проекта:	1. Автоматизация процесса обработки и передачи данных; 2. Повышение надежности и безаварийности;
Критерии приемки результата проекта:	Результатом проекта является формирование технического задания на моделирование системы обмена данными между устройствами АСУ ТП высокоавтоматизированных подстанций.

Требования к результату проекта:	1. Проект выполнен в срок; 2. Срок окупаемости проекта в течение 5 лет; 3. Техническое задание прошло экспертизу и согласование.
---	--

7.2.2. Организационная структура проекта

Данные о составе рабочей группы, ролях, функциях и трудозатратах каждого участника данного проекта представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, кал.дн.
1	Кулешова Елена Олеговна, НИ ТПУ, к.ф-м.н., доцент ОЭЭ	Руководитель	Контроль за исполнением проекта, проверка правильности формирования технического задания, помощь в подготовке к защите проекта	32
2	Хандажабэ Жаргал Хандажапович, НИ ТПУ, студент	Инженер	Исполнение проекта: формирование технического задания на моделирование систем обмена данными между устройствами АСУ ТП высокоавтоматизированных подстанций, оценка эффективности	88

7.2.3. Ограничения и допущения проекта

Факторы, ограничивающие степень свободы участников команды проекта, а также границы проекта описаны в таблице 3.11.

Таблица 16 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/допущения
1. Время исполнения проекта	17 месяцев
2. Бюджет исследования	Стоимость проведения исследования и разработки технического задания на моделирование системы обмена данными между устройствами АСУ ТП

	высокоавтоматизированных подстанций не более 1 200 000 руб.
2.1 Источник финансирования	Собственные средства НИ ТПУ
3. Сроки проекта:	
3.1. Дата утверждения плана управления проектом	01.02.2022 г.
3.2. Дата завершения проекта	15.06.2023 г.
4. Прочие ограничения и допущения	<p>План работ должен быть согласован с руководителем.</p> <p>Получение своевременных ответов от руководителя на запросы.</p> <p>Инженер проекта выделяет 70% своего рабочего времени.</p>

7.3. Планирование научно-исследовательских работ

7.3.1. Структура работ в рамках научного исследования

В рамках планирования проведения научного исследования формируется конкретный перечень этапов, на которые делится всё исследование, их последовательность, содержание выполнения запланированной работы, по каждому виду которой закрепляется конкретный исполнитель.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой входит руководитель и инженер. В таблице 17 представлен результат поэтапного планирования работ, с закреплением исполнителя.

Таблица 17 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического решения	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Выбор направлений исследований	Руководитель Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Анализ исходных данных	Инженер
	6	Анализ эксплуатационной документации ПО микропроцессорных устройств	
	7	Разработка экранных форм и присвоение динамики к оборудованию	
	8	Разработка логических схем и настройки РЗА	
	9	Расчет уставок защит	
Обобщение и оценка результатов	10	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
Разработка технической	11	Исследование логических схем микропроцессорных устройств	Инженер

документации и проектирование	12	Выбор и расчёт конструкции	Руководитель Инженер
	13	Технико-экономические расчеты	Инженер
Оформление отчета по НИР	14	Составление пояснительной записки	Инженер

7.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Количественная оценка затрат является неотъемлемой частью анализа исследования с экономической точки зрения и позволяет определить его эффективность в данном аспекте. Как правило, большую часть бюджета научно-исследовательского проекта составляют затраты на заработную плату. В связи с этим определение трудоёмкости работ каждого участника становится первостепенной задачей при расчёте экономических показателей исследования. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ож}$, в человеко-днях, используется следующая формула:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{\min\ i} + 2t_{\max\ i}}{5},$$

где $t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min\ i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max\ i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, необходимо определить продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , с учётом параллельности выполнения работ несколькими исполнителями, что позволит провести обоснованный расчет заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Данная работа выполнялась индивидуально поэтому $T_{pi} = t_{ожi}$. Ожидаемая длительность каждой из работ приведена в таблице 18.

Для правильного планирования работ составляется диаграмма Гантта – это ленточный график, на котором отображается необходимая информация по планированию научного исследования: даты начала и окончания выполнения работ, их временная протяженность и исполнитель. Для удобства построения необходимо длительность каждого этапа работ перевести в календарные дни, для чего применяется формула:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал},$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Формула коэффициента календарности:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}},$$

где $T_{кал}$ – количество календарных дней в году;

$T_{вых}$ – количество выходных дней в году;

$T_{пр}$ – количество праздничных дней в году.

Округлим до целого числа количество календарных дней по каждой работе T_i к и сведем рассчитанные значения в одну таблицу (таблица 18).

В качестве примера расчета рассмотрим руководителя (6 дневная рабочая неделя) – составление и утверждение технического задания:

$$t_{ож} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \approx 2 \text{ чел. -дн};$$

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i} = \frac{2}{1} = 2 \text{ дня};$$

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22;$$

$$T_k = T_p \cdot k_{кал} = 2 \cdot 1,22 = 2,44 \approx 3 \text{ дня}.$$

Инженер (6 дневная рабочая неделя) – подбор и изучение материалов:

$$t_{ож} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \approx 2 \text{ чел. -дн};$$

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i} = \frac{2}{1} = 2 \text{ дня};$$

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 66} = 1,22;$$

$$T_k = T_p \cdot k_{кал} = 2 \cdot 1,22 = 2,44 \approx 3 \text{ дня}.$$

Таблица 18– Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} чел-дни		t_{max} чел-дни		$t_{ожi}$ чел-дни					
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Составление и утверждение технического задания	2	0	4	0	3	0	3	0	4	0

Подбор и изучение материалов по теме	0	5	0	7	0	6	0	6	0	7
Выбор направления исследования	0	2	0	3	0	3	0	3	0	4
Календарное планирование работ по теме	1	0	2	0	2	0	2	0	2	0
Анализ исходных данных	0	4	0	9	0	6	0	6	0	7
Предварительный выбор защит РЗ	0	4	0	7	0	5	0	5	0	6
Расчет параметров РЗ	0	3	0	8	0	5	0	5	0	6
Планирование аварийных режимов	0	6	0	9	0	7	0	7	0	9
Расчет уставок защит	0	10	0	15	0	12	0	12	0	15
Оценка эффективности полученных результатов	2	0	6	0	3	0	3	0	4	0
Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	8	0	10	0	9	0	9	0	11	0
Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	0	5	0	9	0	7	0	7	0	9
Выбор и расчет конструкции	0	7	0	9	0	8	0	8	0	10
Технико-экономические расчеты	0	3	0	6	0	4	0	4	0	5
Составление пояснительной записки	0	6	0	11	0	8	0	8	0	10
Итого дней (руководитель)									21	
Итого дней (инженер)									88	
Итого дней (проект)									109	



Рисунок 71 – Диаграмма Гантта

////// – Инженер; ■ – Руководитель;

Таким образом, согласно спланированному графику выполнения исследования, срок выполнения работ по проекту каждого участника составляет: - руководитель – 21 рабочих дней; - инженер – 88 рабочих дней. Суммарный срок выполнения проекта: 19 рабочих дней. Диаграмма Гантта позволяет наглядно отображать последовательность и сроки выполнения каждого этапа ВКР.

7.3.3. Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения.

В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблицах 19 и 20.

Материальные затраты на разработку проекта

Стоимость материалов, используемых при разработке данного проекта, приведена в таблице 19.

Таблица 19 – Материальные затраты на разработку проекта

Наименование	Единица измерения	Кол-во	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Бумага	Пачка	1	300	300
Картридж для принтера	шт.	1	650	650
Блокнот А4 80 л.	шт.	1	100	100
Ручка шар.	шт.	1	50	50
Степлер руч.	шт.	1	150	150
Папка – скоросшиватель	шт.	1	50	50
Итого:				1300

Исходя из данных, представленных в таблице 19, материальные затраты на выполнение проекта составили 1300 рублей.

Затраты на специальное оборудование

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по конкретной теме.

Определение стоимости спецоборудования производится по действующим ценам, предоставленным подрядной организацией.

Таблица 20 – Затраты на спецоборудование для выполнения проектной работы

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Затраты на доставку и монтаж (15% от цены)	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Персональный компьютер	1	31 698,00	4 754,70	36 452,70
2	Периферийные устройства	1	8 795,00	1 319,25	10 114,25
3	Лицензия на программное обеспечение MicrosoftOffice	1	5000	750,00	5 750,00
Итого:					52 316,95

Общие затраты на выполнение проектной работы с учетом материальных затрат составили 52316,95 руб.

Основная заработная плата

В данную статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, а также рабочих опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется на основе трудоемкости выполняемых работ и действующей системы тарифных ставок и окладов. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада.

Статья включают основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты), а также дополнительную заработную плату:

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

Где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Расчет основной заработной платы выполняем по формуле, представленной ниже:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p$$

где, $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

Расчет среднедневной заработной платы выполняем по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}$$

где, Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года (при отпуске в 48 раб.дней $M=10$, 4 месяца, 6-дневная неделя);

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени персонала составляет 237 раб.дней для 2022 года и 236 для 2023 года.

Согласно с производственным календарем 2022-2023 года, действующим на территории РФ, для 6-ти дневной рабочей недели и с ТК РФ, составлен баланс рабочего времени рабочей группы проекта, представленный в таблице 21.

Таблица 21 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней -выходные и праздничные дни	66	67
Потери рабочего времени -отпуск	48	48
-невыходы по болезни	14	14
Действительный годовой фонд рабочего времени	237	236

Больничные предоставляются в соответствии с корпоративным порядком организации.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} ,$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб./месяц;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, принимаемый равным 0,3 (т.е. 30% от $Z_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска, как для северного района РФ).

Дополнительная заработная плата есть вознаграждение за труд сверх установленной нормы, за трудовые успехи и за особые условия труда:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} ,$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, принимаемый 0,12.

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) Оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор. Базовый оклад определяется исходя из размеров окладов, определенных штатным расписанием предприятия.

2) Стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.

3) Иные выплаты; районный коэффициент.

Расчет основной заработной платы произведем на примере руководителя:

Месячный оклад руководителя:

$$Z_{\text{м}} = 20500 \cdot (1 + 0,3 + 0,4) \cdot 1,3 = 45350,00 \text{ руб./месяц};$$

Среднедневная заработная плата руководителя:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{45305 \cdot 10,4}{237} = 1988,07 \text{ руб./день} - 2022 \text{ год}$$

$$Z_{\text{дн2}} = \frac{77350 \cdot 10,4}{236} = 1996,49 \text{ руб./день} - 2023 \text{ год}$$

Основная заработная плата руководителя:

$$Z_{\text{осн}} = 1988,07 \cdot 38 + 1996,49 \cdot 27 = 129451,89 \text{ руб.}$$

Аналогичные расчеты произведем для куратора и инженера. Результаты расчетов заработной платы сведем в таблицу 22.

Таблица 22 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб.	$Z_{\text{д}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб.дн	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	20 500,00	0,3	0,4	1,3	45 305,00	1 988,07	38	129 451,89
						1 996,49	27	
Инженер	10 000,00	0,3	0,2	1,3	19 500,00	855,70	255	305 854,14
						859,32	102	
Итого								435306,3

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков, оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей, выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Таблица 23 – Заработная плата исполнителей проекта

Заработная плата	Руководитель	Инженер	Сумма
Основная зарплата	129 451,89	305 854,14	435306,3
Дополнительная зарплата	15 534,23	36 702,50	52236,73
Итого <i>Ст</i>			487543,03

Таким образом, по результатам расчетов, которые сведены в таблицу 23, была получены сумма полной заработной платы рабочей группы, которая составила 487543,03 рублей.

Отчисления на социальные нужды

В данной статье рассматриваются отчисления во внебюджетные фонды, которые представляют собой обязательные страховые отчисления от затрат на оплату труда работников органам социального страхования, пенсионного фонда и медицинского страхования.

Данные отчисления рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{внеб.}} = k_{\text{внеб.}} \cdot Z_{\text{зп}}$$

где: $k_{\text{внеб.}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Данный коэффициент равен 30% на 2023 год и включают в себя:

- 22% на обязательное пенсионное страхование;
- 2,9% социальное страхование на случай временной нетрудоспособности и в связи с материнством (1,8% для иностранных граждан и лиц без гражданства);
- 5,1% на обязательное медицинское страхование.

Выполненные расчеты сведены в таблицу 24.

Таблица 24 – Расчёт отчислений во внебюджетные фонды

Исполнители	$Z_{\text{зп}}$, руб.	$k_{\text{внеб.}}$	$C_{\text{внеб.}}$, руб	Итого $C_{\text{внеб.}}$, руб.
Руководитель	144 986,12	0,3	43 495,84	146262,83
Инженер	342 556,64	0,3	102 766,99	

Накладные расходы

К накладным расходам рабочей группы относятся все затраты, которые не были учтены в предыдущих статьях расходов. К ним относятся оплата электроэнергии, транспортные и почтовые расходы, услуги печати и сотовой связи и т.п.

Расчет накладных расходов производится по формуле:

$$C_{\text{накл}} = (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \cdot k_{\text{накл}}$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы, равный 0,8.

Суммарные накладные расходы проекта:

$$C_{\text{накл}} = 487543,03 \cdot 0,8 = 390034,424 \text{ руб.}$$

Формирование бюджета затрат проекта

В данном разделе будет произведен подсчет итоговых затрат на проведение научного исследования, который является определяющим в формировании бюджета затрат проекта.

Бюджет затрат на научное исследование определяется как сумма затрат по каждой из статей и приведен в таблице 25.

Таблица 25 – Расчет бюджета затрат на научное исследование

Наименование статьи	Сумма, руб.	Удельный вес, %
1. Материальные затраты	1 300,00	0,12
2. Специальное оборудование	52 316,95	4,86
3. Затраты по основной заработной плате	435306,3	40,4
4. Затраты по дополнительной заработной плате	52236,73	4,84
5. Отчисления во внебюджетные фонды	146262,83	13,58
6. Накладные расходы	390034,424	36,2
Бюджет затрат проекта	1077457,234	100

Таким образом, на основании данных статей, приведенных в таблице 25 бюджет на разработку технического задания, составляет 1 077 457,234 рублей из которых самая большая часть расходов (40,4%) идет на выплату основной заработной платы рабочей группе (руководителю и инженеру).

3.2. Определение ресурсной эффективности исследования

Расчет ресурсоэффективности осуществляется с помощью интегрального показателя ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i ,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта;

b_i – бальная оценка проекта.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 26.

Таблица 26 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки
1. Эффективность	0,25	5
2. Надежность	0,25	5
3. Удобство в эксплуатации	0,25	5
4. Ремонтопригодность	0,125	4
5. Функциональность	0,125	5
Итого	1,00	

Интегральный показатель ресурсоэффективности для разрабатываемого научно-исследовательского проекта:

$$I_{pi} = 0,25 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,125 \cdot 4 + 0,125 \cdot 5 = 4,875;$$

Таким образом, интегральный показатель ресурсоэффективности составил 4,875 из 5 возможных, что свидетельствует об эффективности реализации технического проекта.

Выводы по главе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

1. В рамках раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» была доказана конкурентоспособность данного технического решения на основе анализа с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

2. Был проделан FAST анализ, на основании которого можно сказать, что возможна дальнейшая автоматизация подстанций.

3. С помощью SWOT-анализа определены сильные и слабые стороны проекта, угрозы и возможности, а также проанализировано их взаимное влияние. Среди сильных сторон можно выделить: высокую чувствительность к аварийным режимам, уменьшение затрат времени и накладки с контролем защит, а также большой срок службы шкафов. Разработанный проект также обладает возможностями на пути к ее развитию, так из главных – применение энергопредприятиями устройств, как основную защиту главных схем электростанций. Исходя из анализа можно сделать вывод, что потенциальных сильных сторон у проекта больше, чем слабостей, что свидетельствует об перспективности разработок проекта.

4. Установлено, что в календарных днях длительность работ для руководителя составляет 21 дней, а для инженера – 88 дней. На основе временных показателей по каждой из произведенных работ был построен календарный план-график, по которому можно увидеть, что самая продолжительная по времени работа – это составление алгоритма расчёта для программы.

Бюджет проекта составил 1077457,234 руб., большая часть которого приходится на выплату заработной платы участникам проекта. Также были определены показатели ресурсоэффективности, значения которых

свидетельствуют о достаточно высокой эффективности реализации технического проекта.

5. Было произведено сравнение высокоавтоматизированной подстанции и традиционной по техническим и экономическим критериям эффективности. По результатам анализа было доказано преимущество новой технологии.

6. Рассчитана ресурсоэффективность проекта, которая на основе интегрального показателя для высокоавтоматизированной подстанции составила 4,875, что свидетельствует о высокой эффективности реализации данного проекта.

8. Социальная ответственность

Социальная ответственность – это один из важнейших социально-экономических, санитарных, гигиенических и экологических аспектов, направленных на обеспечение безопасных условий труда.

В данном разделе приводятся анализ вредных и опасных факторов труда, разработка мер защиты от вредных и опасных производственных факторов для проектируемого рабочего места в соответствии с требованиями нормативно-технической документации и рекомендации по созданию оптимальных условий труда и охране окружающей среды в пункте диспетчерского управления. Проведение мероприятий по снижению негативных воздействий позволит сохранить здоровье персонала и состояние окружающей среды в целом, повысить производительность труда и сократить выплаты на компенсацию за работу во вредных и (или) опасных условиях труда.

Цель выпускной квалификационной работы состоит из моделирования системы оперативно-диспетчерского управления, необходимой для контроля и анализа организации преобразования и передачи данных внутри подстанции, а также упрощения задач автоматизации систем управления электроэнергией.

Проектируемым рабочим местом является офисное помещение. Оператор будет работать с ПЭВМ в положении сидя за рабочим столом и следить за работой энергетических систем и энергетических блоков с дисплея ПЭВМ.

8.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно Статьям 91 и 108 ТК РФ, регламентированное время продолжительности рабочего времени не должно превышать 40 часов в неделю, в течение рабочего дня работодатель обязан предоставить работнику перерыв для отдыха и питания от 30 минут до 2 часов [11].

Статья 109 ТК РФ предусматривает предоставление специальных перерывов в течение рабочего времени. В соответствии со Ст. 106 ТК РФ время отдыха — это свободное от исполнения трудовых обязанностей время, которое работник может использовать по своему усмотрению [11].

Обязанности по обеспечению безопасных условий и охраны труда возлагаются на работодателя и отражены в Ст. 212 ТК РФ [11].

Среди органов, осуществляющих контроль и надзор в организациях, имеются Федеральная инспекция труда, Федеральная служба по труду и занятости населения, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека и другие.

Одним из основных требований к организации рабочего места, согласно п. 4.3 ГОСТ 12.2.032-78 [12], является размещение средств отображения информации – их следует располагать под углом $\pm 15^\circ$ от нормальной линии взгляда, прочие требования представлены в таблице 27.

Таблица 27 – Требования к организации рабочего места при работе с ПЭВМ

Требование	Требуемое значение		Значение параметров в помещении
	Для женщин	Для женщин и мужчин	
Высота рабочей поверхности	990 мм	1025 мм	1025 мм
Высота размещения средств отображения информации	1320 мм	1365 мм	1320 мм

Помимо прочего, стоит отметить, что в соответствии с п. 6.3 СП 2.2.3670-20 на рабочем месте, предназначенном для работы в положении сидя, производственное оборудование и рабочие столы должны иметь пространство для размещения ног высотой не менее 600 мм, глубиной - не

менее 450 мм на уровне колен и 600 мм на уровне стоп, шириной не менее 500 мм [13].

В целях оптимизации трудовой деятельности рабочего с учетом его социальных, психологических, физиологических и других характеристик в п. 249 СП 2.2.3670-20 рассматриваются эргономические требования, являющиеся основой при планировании рабочего места – размер площади на одно рабочее место пользователя с персональным компьютером должен быть не менее 4,5 м [13].

Требования к информационной безопасности должна быть обеспечена согласно стандарту ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408 [14]. Данный стандарт устанавливает основные понятия и принципы безопасности информационных технологий, а также определяет общую модель оценки, которой посвящены различные части стандарта, предназначенного в целом для использования в качестве основы при оценке характеристик безопасности продуктов ИТ.

Требования безопасности оборудования информационных технологий должна быть обеспечена согласно стандарту ГОСТ Р МЭК 60950-2002 [15]. Стандарт распространяется на оборудование информационных технологий, включая электрическое офисное и связанное с ним оборудование, а также на оборудование, предназначенное для телекоммуникационных передач данных через сеть питания.

8.2 Производственная безопасность

Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды, согласно ГОСТ 12.0.003-2015 [16], представлен в таблице 28.

Таблица 28 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1. Отклонение показателей микроклимата	СанПиН 1.2.3685–21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
2. Повышенный уровень шума	СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003.
3. Отсутствие или недостаток естественного света	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
4. Повышенный уровень электромагнитных излучений	ГОСТ 12.1.002 – 84. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряжённости и требования к проведению контроля на рабочих местах»
5. Производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека (активное наблюдение за ходом производственного процесса, монотонность труда, перенапряжение анализаторов);	ТОИ Р-45-048-97. Типовая инструкция по охране труда при работе на персональных электронно-вычислительных машинах
6. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий;	ГОСТ 12.1.038-82. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов

Отклонение параметров микроклимата

На показатели микроклимата, прежде всего, влияют погодные условия и климат. Температура помещения зависит от состояния теплоизоляции помещения и наличия источников тепла таких, как нагретые поверхности оборудования и трубопроводов. Источниками влажности являются участки, где вода или пар сообщается с открытым воздухом, и организм работающего. Подвижность воздуха возникает при вентиляции (естественной и/или искусственной), при неравномерном нагреве воздуха, а также за счет устройств воздушного охлаждения и движущихся частей оборудования.

Высокая температура воздуха способствует быстрой утомляемости, может привести к перегреву организма. Низкая температура воздуха может вызвать местное и (или) общее охлаждение организма, стать причиной простудного заболевания, обморожения. Высокая относительная влажность при высокой температуре воздуха способствует перегреванию организма. При низкой температуре воздуха повышенная влажность усиливает теплоотдачу с поверхности кожи и способствует переохлаждению организма. Недостаточный воздухообмен ослабляет внимание, вызывает нервозность, раздражительность. Высокая подвижность воздуха (сквозняки) вызывает простудные заболевания.

Оптимальные показатели микроклимата на рабочих местах производственных помещений для категории работ 1б приведены в таблице 29 из СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [17].

Таблица 29 – Допустимые величины параметров микроклимата на рабочих местах
в помещениях

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	1б (140-174)	19-20,9	18-25	15-75	0,1

Теплый	Іб (140-174)	20-21,9	19-29	15-75	0,1
--------	--------------	---------	-------	-------	-----

К средствам нормализации воздушной среды относятся устройства отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, а также изолирование помещения от не желаемых источников путем герметизации и теплоизоляции.

Повышенный уровень шума

Источниками шума в рабочем помещении является персонал и ПЭВМ.

Шум снижает производительность труда, особенно при выполнении точных работ, затрудняет восприятие опасности, снижает разборчивость речи. Длительное воздействие шума может вызвать быструю утомляемость, головную боль, тугоухость, гипертонию. При воздействии инфразвука нарушается нормальная деятельность сердца, легких, желудка, возможны паралич, обморок, остановка сердца. Внезапные шумы высокой интенсивности, даже кратковременные (взрывы, удары и т.п.), могут вызвать как головокружение, звон в ушах, так и физические повреждения барабанной перепонки, среднего уха и улитки.

Как упоминалось ранее, в состав оборудования рабочей зоны входит компьютерная техника, для которой в том числе существуют специальные нормы, утвержденные СП 51.13330.2011 “Защита от шума” [18]. Допустимые уровни звука и звукового давления для рабочего места представлены в таблице 30.

Таблица 30 – Предельно допустимые уровни звука

Вид трудовой деятельности/Частоты	Уровни звука и звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Помещения офисов, рабочие помещения и кабинеты административных зданий, конструкторских, проектных и	86	71	61	54	49	45	42	40	38

научно-исследовательских организаций									
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Меры при возможном превышении шума:

Для снижения влияния шума можно использовать разные модификации шумоподавляющих материалов, в том числе шумоподавляющие вентиляционные отверстия.

Для оценки ПДУ шума нужен производственный контроль (измерения и оценка). В случае превышения уровней шума необходимо произвести организационно-технические мероприятия по защите от действия шума.

Отсутствие или недостаток естественного света

Естественное освещение положительно влияет на зрение, тонизирует организм человека и оказывает благоприятное психологическое воздействие. При недостаточном естественном освещении или в темное время суток применяется искусственное освещение.

Источниками пульсаций светового потока являются дисплей и осветительные приборы (например, люминесцентные лампы). Пульсации освещенности при работе с неподвижными поверхностями вызывают быстрое утомление зрения и головную боль.

При работе с персональным компьютером в сочетании с работой с нормативной и технической документацией согласно действующим нормам СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» для искусственного освещения регламентирована наименьшая допустимая освещенность, а для естественного и совмещенного определены коэффициенты естественной освещенности (КЕО) [19].

Согласно п.84, 85 СанПиН 1.2.3685-21 [17], к нормируемым параметрам освещения общественных зданий и производственных помещений относятся:

- индекс цветопередачи $R_a = 85\%$ для общего искусственного освещения;
- коэффициент пульсации не выше 5% на рабочих местах с ПЭВМ.

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПК должно осуществляться системой общего равномерного освещения. В случаях преимущественной работы с документами, следует применять системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов). Окна в помещениях, где эксплуатируется вычислительная техника, преимущественно должны быть ориентированы на север и северо-восток.

Повышенный уровень электромагнитных излучений

Источниками электромагнитных полей являются дисплеи (например, от импульсного преобразователя напряжения), и системный блок ПЭВМ (например, от тактового генератора частоты). Длительное действие электромагнитных полей радиочастотного диапазона умеренной интенсивности влияет на биофизические процессы. Наиболее чувствительны к их воздействию центральная нервная и сердечно-сосудистая системы. У людей появляются головные боли, гипотония, повышается утомляемость, изменяется проводимость сердечной мышцы, наблюдаются выпадение волос, ломкость ногтей, возможны незначительные и нестойкие изменения в крови.

Предельно допустимые уровни электромагнитных полей на рабочих местах пользователей ПК представлены в таблице 31 из ГОСТ 12.1.002 – 84 [20].

Таблица 31 – Предельно допустимые уровни электромагнитных полей на рабочих местах пользователей ПК

Наименование параметров		ПДУ
Напряженность электрического поля	5 Гц – < 2 кГц	25 В/м
	2 кГц – < 400 кГц	2,5 В/м
Напряженность магнитного поля	5 Гц – < 2 кГц	250 нТл

	2 кГц – < 400 кГц	25 нТл
Плотность потока энергии	300 МГц – 300 ГГц	10 мкВт/см ²
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Одной из существенных мер защиты от действия на человека электромагнитного излучения является дистанцирование (наибольшее возможное удаление). Среди технических средств защиты имеются отражатели и поглотители мощности. Среди средств индивидуальной защиты имеются очки со спектральными фильтрами. При использовании жидкокристаллических дисплеев с ШИМ-регуляцией яркости следует, по возможности, установить максимальную яркость. Современные материнские платы ПЭВМ обладают функцией расширения спектра (spread spectrum), находящаяся в настройках базовой системы ввода-вывода (BIOS), снижающая пиковую амплитуду сигналов тактового генератора частоты.

Производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека (активное наблюдение за ходом производственного процесса, монотонность труда, перенапряжение анализаторов)

Психофизиологическое воздействие на оператора ПЭВМ связано с монотонностью труда, напряженностью внимания и статической рабочей позой.

Длительное сосредоточение внимания создает зрительное утомление. Монотонность труда вызывает снижение зрительного восприятия, концентрации внимания. Статическая рабочая поза вызывает гиподинамию, проблемы с опорно-двигательным аппаратом, кровообращением, дыханием, пищеварением и др.

Перерывы установлены в ТОИ Р 45-084-01 [21]. Во время перерывов следует выполнять специальную гимнастику для снятия напряжения с глаз.

Выполнять какую-либо работу во время перерыва нельзя, так как перерыв приравнивается к времени отдыха. Продолжительность непрерывной работы на ПЭВМ не должна превышать 2-х часов. Для оператора ПЭВМ при работе по считыванию информации с дисплея с предварительным запросом, не свыше 60000 считываемых знаков за смену, перерыв предоставляется два раза по 15 минут через два часа после начала работы и перерыва на обед. Если рабочая смена длится 12 часов, время регламентированных перерывов при работе на ПЭВМ за 8 часов работы предоставляется в вышеуказанном порядке, а за оставшиеся 4 часа — 15 минут за каждый час.

Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий

Опасность поражения электрическим током появляется при несоблюдении мер безопасности и при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением в случае нарушения изоляции токоведущих частей.

Согласно Правилам устройства электроустановок (ПУЭ) все производственные помещения по опасности поражения электрическим током разделяются на три категории: помещения с повышенной опасностью, особо опасные помещения и помещения без повышенной опасности. К опасным производственным факторам на рабочем месте относится возможность поражения электрическим током.

Электропоражение сопровождается судорожными сокращениями мышц, при котором может произойти остановка дыхания и сердца, а также, в зависимости от условий, степени и длительности поражения, термическим ожогом, разложением органических жидкостей, расслоению ткани и поражением глаз.

Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме производственных электроустановок напряжением до

1000 В с глухозаземленной или изолированной нейтралью и выше 1000 В с изолированной нейтралью не должны превышать значений, указанных в таблице 32 из ГОСТ 12.1.038-82 [22].

Таблица 32 – Предельно допустимые уровни напряжения и токов

Род тока	Нормируемая величина	Предельно допустимые значения, не более, при продолжительности воздействия тока I, с											
		0,01-0,008	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	Св. 1,0
Переменный 50 Гц	U, В	550	340	160	135	120	105	95	85	75	70	60	20
	I, mA	650	400	190	160	140	125	105	90	75	65	50	6
Постоянный	U, В	650	500	400	350	300	250	240	230	220	210	200	40
	I, mA												15

Для обеспечения электробезопасности необходимо применять защитное заземление, использовать низковольтное оборудование, точно соблюдать правила технической эксплуатации электроустановок, следить за состоянием изоляции электрических проводов, исключить случайное прикосновение к токоведущим частям.

8.3. Экологическая безопасность

На основании того, что офис попадает одновременно под критерии отсутствия выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и отсутствия сбросов загрязняющих веществ в составе сточных вод, согласно п. 7 постановления от 31 декабря 2020 года №2398, офис относится к объектам IV категории, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

В процессе разработки проектного решения рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне, ограничиваются эксплуатацией ноутбука, компьютерной мыши и шкафа управления, в связи с этим отрицательного воздействия на селитебную зону не приходится, что нельзя сказать о литосфере.

Современная вычислительная техника содержит в себе компоненты, представляющие угрозу как для человека, так и для окружающей среды. Согласно ГОСТ 12.1.007-76 [23], наиболее опасными веществами относящиеся к 1 классу опасности являются: свинец, ртуть, никель, а также различные щёлочи. Эти вещества поражают нервную систему человека, а также вызывают химические слизистых оболочек и кожных покровов. Поэтому микропроцессорная техника, на основе которой выполнена защита, требует специальных мер по утилизации.

Электрические приборы требуют специальной утилизации. Воздействие на литосферу происходит при утилизации компьютера. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» запрещает юридическим лицам самовольно избавляться от опасных отходов. Утилизация осуществляется сертифицированными учреждениями. Обращение с отходами регламентируется ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами» [24].

8.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

На практике общую классификацию чрезвычайных ситуаций, как правило, производят на основе их причин, источников и важнейших показателей их проявления.

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией при разработке алгоритма является пожар на рабочем месте. На основании п. 5 СП 12.13130.2009 офис относится к помещениям с негорючими веществами и материалами в холодном состоянии, что соответствует категории Д по взрывоопасной и пожарной опасности [25]. В связи с тем, что офисные помещения относятся к административно-бытовым помещениям, не характеризующиеся сыростью, влажностью, риском получения электротравмы при одновременном прикосновении к соединенным с землей металлоконструкциям и в которых соблюдены оптимальные условия по микроклимату, то согласно ПУЭ (раздел 7) офисное помещение относится к помещению без повышенной опасности – I категория по электробезопасности.

Потенциальное возникновение пожара связано с возможным накоплением токоведущей пыли внутри компьютера, что может привести к короткому замыканию, возгоранию пыли и, если не будет принято никаких мер, распространению пожара по помещению. К воспламенению материалов может привести также наличие нагреваемых элементов в ходе работы установки или поврежденная изоляция. Поэтому следует следить, чтобы вблизи техники во время её работы не находились легко воспламеняемые материалы и вещества. Для обеспечения пожарной безопасности предусмотрены уголки пожарной безопасности и пожарные щиты.

В соответствии с ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования», при работе с компьютером необходимо соблюдать следующие нормы пожарной безопасности [26]:

- иметь средства пожаротушения;
- использовать компьютером при исправном состоянии электропроводки;

- установить количество, размеры и соответствующее конструктивное исполнение эвакуационных путей и выходов;

- обеспечить возможность беспрепятственного движения людей по эвакуационным путям.

Согласно ГОСТ 12.1.004-91 [26], противопожарная защита достигается применением одного из следующих способов или их комбинацией:

- применением автоматических установок пожарной сигнализации и пожаротушения;

- применением пропитки конструкций объектов антипиренами и нанесением на их поверхности огнезащитных красок (составов);

- организацией с помощью технических средств, включая автоматические, своевременного оповещения и эвакуации людей;

- применением средств коллективной и индивидуальной защиты людей от опасных факторов пожара;

- применением средств противопожарной и противодымной защиты.

Кроме того, в зданиях и сооружениях необходимо предусмотреть технические средства (лестничные клетки, лифты, наружные пожарные лестницы и т.п.), имеющие устойчивость при пожаре и огнестойкость конструкций не менее времени, необходимого для спасения людей при пожаре, и расчетного времени тушения пожара.

При обнаружении пожара или признаков горения в здании/помещении гражданам, в соответствии с постановлением от 16 сентября 2020 года №1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации», необходимо:

- сообщить об этом по телефону в пожарную охрану (по номеру 01 или 112) с указанием наименования объекта защиты, адреса места его расположения, места возникновения пожара, а также свою фамилию;

- принять меры по эвакуации людей, а при условии отсутствия угрозы жизни и здоровью людей меры по тушению пожара в начальной стадии.

Заключение

В ходе выполнения работы над разделом «Социальная ответственность» были выявлены опасные и вредные факторы, воздействию которых может подвергнуться исследователь и оператор, был проведен анализ нормативной документации. Был предложен ряд мер для исключения или уменьшения влияния опасных и вредных факторов на человека и окружающую среду. Согласно Федеральному закону "О специальной оценке условий труда" условия труда являются допустимыми.

Согласно ПУЭ, помещение относится к помещениям без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.

Согласно правилу по охране труда при эксплуатации электроустановок, офисный работник относится ко I группе по электробезопасности.

Согласно СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" категория тяжести труда является допустимыми.

Согласно СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности», помещение относится к помещениям пониженной опасности.

Согласно критериям отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, ПЭВМ относится к IV категории объектов.

Заключение

Целью ВКР является моделирование АСУ ТП высокоавтоматизированной подстанции, совершающей обмен информацией по протоколу МЭК 61850 в программном обеспечении SCADA.

Первым этапом была описана передача данных по протоколу МЭК 61850. В разделе передачи данных был проведен анализ трафика сети с помощью программного-анализатора трафика компьютерных сетей “Wireshark.

Вторым этапом было описание стенда “Цифровая подстанция”. Данный шкаф управления содержит в себе комплект оборудования с микропроцессорными терминалами защит, которые обмениваются информацией по протоколу МЭК 61850.

Третьим этапом была разработана структурная схема стенда “Цифровая подстанция”, в котором описаны три уровня АСУ ТП, а также составлен перечень оборудования, находящиеся на разных уровнях высокоавтоматизированной подстанции.

Четвертым этапом описано моделирование АСУ ТП высокоавтоматизированной подстанции. В данном разделе была произведена настройка оборудования и сети, также описана конфигурация микропроцессорных терминалов и программного обеспечения.

Пятым этапом была разработана логическая схема с функцией АПВ в ПО “конфигуратор-МТ”, а также описана логика работы микропроцессорных терминалов.

В результате выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» было произведено сравнение высокоавтоматизированной подстанции и традиционной по техническим и экономическим критериям эффективности. Бюджет проекта составил 1077457,234 руб., большая часть которого приходится

на выплату заработной платы участникам проекта. В результате выполнения раздела «Социальная ответственность» был произведен анализ вредных и опасных производственных факторов, воздействию которых может подвергнуться исследователь и оператор, был проведен анализ нормативной документации.

Список используемых источников

1. Цифровые устройства и микропроцессоры [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://reku.kai.ru/files/2011/04/Цифровые-устройства-и-МП-часть-1.pdf#:~:text=Цифровое%20устройство%20-%20устройство%2C%20осуществляющее,ряда%20более%20простых%20преобразований%20сигналов, свободный.> – Загл. с экрана.
2. СТО 56947007-29.240.10.299-2020. Цифровая подстанция. Методические указания по проектированию ЦПС.
3. ГОСТ Р МЭК 61850-5-2011. – Системы и связи на подстанциях. Часть 5. Требования к связи для функций и моделей устройств.
4. ГОСТ Р МЭК 61850-7-1-2009 – Системы и связи на подстанциях. Часть 7. Базовая структура связи для подстанций и линейного оборудования.
5. Wireshark – подробное руководство по началу использования [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/735866/>, свободный. – Загл. с экрана.
6. TOP300 – терминал релейной защиты и автоматики 6-750 кВ [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://relematika.ru/products/ustroystvo-rza-serii-tor-300/tor-300-terminal-releynoy-zashchity-i-avtomatiki-6-750-kv/>, свободный. – Загл. с экрана.
7. Блок микропроцессорный релейной защиты БМРЗ-159-ПЛК-01 [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://www.mtrele.ru/files/filedoc/releynaya-zashita/bmrz-150/bmrz-159-plk-01.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.
8. Терминал релейной защиты и автоматики БЭ2502А [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://ekra.ru/product/rza-ps-6-35/t-rza/be2502a/>, свободный. – Загл. с экрана.
9. МиКРА – параметризация и мониторинг устройств РЗА, ПА, РАС, ОМП, БЦС, НКУ, БАВР, АДГР, АПТ [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://relematika.ru/products/servisnoe-po/mikra-parametrizatsiya-i->

- monitoring-ustroystv-rza-omp-ras-btss-tm-i-ee/, свободный. – Загл. с экрана.
10. Программный комплекс Конфигуратор-МТ [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://pkcz.ufabike.ru/fileprog/konfiguratorMT/konfigurator-mt.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.
 11. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022, с изм. от 11.04.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023)
 12. ГОСТ 12.2.032-78. – РАБОЧЕЕ МЕСТО ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ СИДЯ»
 13. СП 2.2.3670-20. – Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда
 14. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408-1-2012 – МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
 15. ГОСТ Р МЭК 60950-2002 – БЕЗОПАСНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
 16. ГОСТ 12.0.003-2015 – ОПАСНЫЕ И ВРЕДНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФАКТОРЫ
 17. СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»
 18. СП 51.13330.2011 “Защита от шума”
 19. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение»
 20. ГОСТ 12.1.002 – 84 – Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах
 21. ТОИ Р 45-084-01 – ТИПОВАЯ ИНСТРУКЦИЯ по охране труда при работе на персональном компьютере
 22. ГОСТ 12.1.038-82 – Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов
 23. ГОСТ 12.1.007-76 – Классификация и общие требования безопасности
 24. ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами»

25.СП 12.13130.2009 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИЙ ПОМЕЩЕНИЙ,
ЗДАНИЙ И НАРУЖНЫХ УСТАНОВОК ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И
ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

26.ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования»

Приложение А

(справочное)

Modeling of data exchange systems between APCS devices of highly automated substations

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM1H	Хандажабэ Жаргал Хандажапович		

Консультант Отделения электроэнергетики и электротехники ИШЭ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кулешова Елена Олеговна	Кандидат физико-математических наук, доцент		

Консультант – лингвист Отделения иностранных языков ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Егорова Юлия Ивановна	Кандидат технических наук		

List of abbreviations

ACS TP – automated process control system

IEC – International Electrotechnical Commission

RPA – Relay protection and automation

I/O server – Input-Output server

PAS – analog signal converter

PDS – digital signal converter

GOOSE – Generic Object-Oriented Substation Event

SV – Sampled Values

Introduction

The energy industry is currently transforming as rapidly as information technology itself. The energy industry is beginning to implement new communication standards, defining communication protocols for intelligent electronic devices at electrical substations, upgrading hardware and software complexes of the control systems of distribution power facilities. The substation must be equipped with a set of digital devices that ensure the functioning of systems of relay protection and automation, ACS TP (automated process control system), power accounting devices, recording of emergency events on the protocol IEC 61850.

Digital device is a device designed to receive, process, store and output digital information.

Implementation of international standards of the electrical engineering commission makes it possible to connect all process equipment of a substation with a single information network, which transmits not only data from measuring devices to the relay protection terminals, but also telecontrol signals. It also facilitates automation and control of power facilities, and makes it possible to create new types of substations, which are called highly automated.

Highly automated substation is a substation, which performs basic technological functions of transmission, distribution, supply and transformation of electric power of the consumer, which consists of intelligent primary and secondary equipment, connected by means of IEC 61850 communication protocol, providing digital information data exchange for organization of secondary systems of a power facility, which increases the consistency of different types of equipment [1].

1. Modeling of automatic process control system of a highly automated substation

1.1 Integration of the electronic scheme in SCADA system

1.1.1 Configuration of microprocessor-based protection terminals in SCADA

These instructions are necessary to prepare the equipment to work with the unit, as well as instructions for configuring and correcting errors that occurred with the terminal in the SCADA program.

First of all, the data are unloaded to the microprocessor terminal with the help of the MicRA software. The microprocessor terminal of Relmatics is used as equipment.

The MIKRA software is intended for configuring and displaying process parameters of relay protection and automation devices (RPA) of "TOP 100", "TOP 200", "TEMP 2501", "TOP 300", "TOP 110-IZN", "TOP 120", "Bresler", "ZDZ-01" series [2].

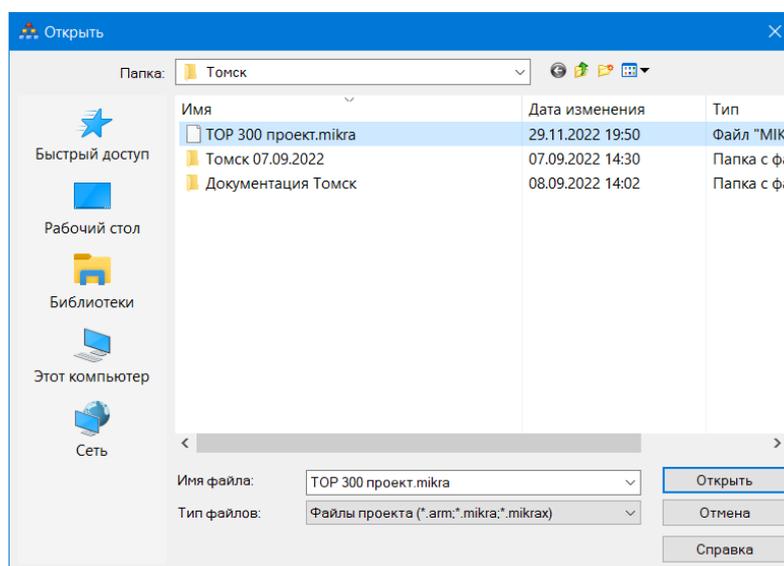


Figure A.1 - File necessary to load into the terminal

First you need to open the file "TOP300 project" in the folder "Tomsk" on the desktop (Figure A.1). The file is needed to set all necessary parameters to the terminal.

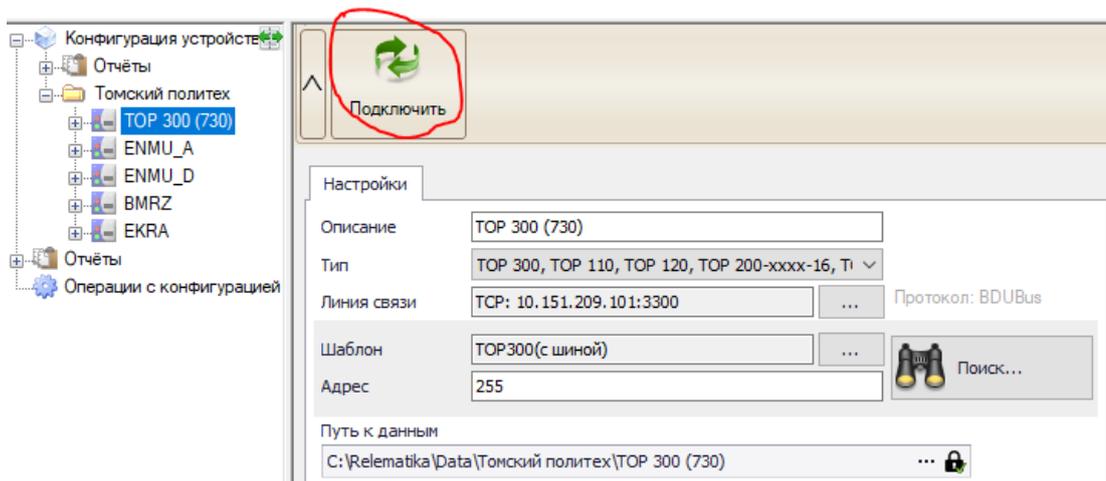


Figure A.2 - Device of the TOP300

After you have unloaded the file, connect the TOP300 terminal. Click the left mouse button on the device "TOP300" and press the "Connect" button, then wait for connection of the workstation and the terminal (Figure A.2).

Then select the item "Settings" in the configuration tree. In this submenu operations with settings of protection devices are realized (Figure A.3).

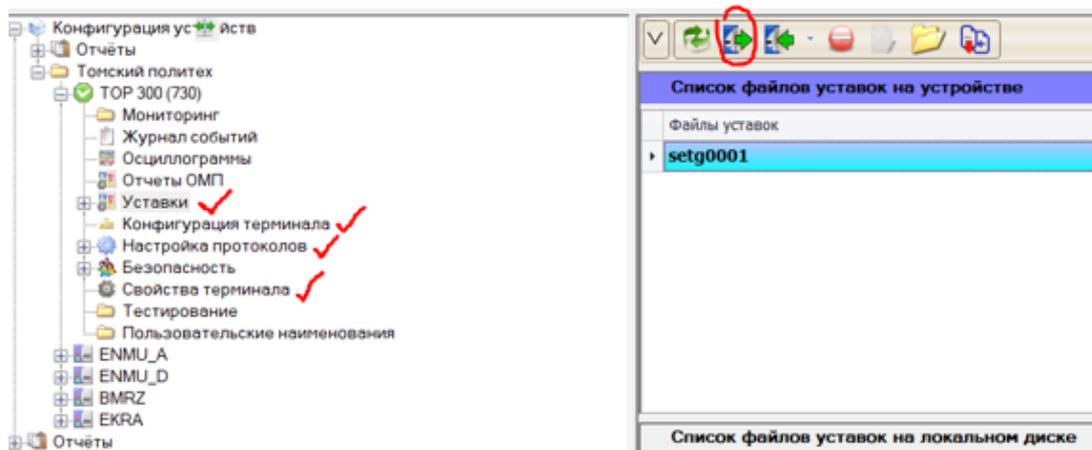


Figure A.3 - Operation with settings of protection devices

The submenu contains the following controls:

- Refresh - receiving from a protection device the list of available setting groups;
- Download - downloading from the protection device the selected setpoint group;
- Download/Upload from disk - download the selected file, or an arbitrary file from the local disk, to the protection device;
- Delete - deletes the selected setting group from the protection device;

- Interrupt - interrupts the process of downloading settings from the protection device;

- Edit - edit the selected group of settings;

- Open - opens the folder with the settings archive for this protection device.

To write the settings from the file "TOP300 project" to the protection device you must select the item:

- Load - the settings file highlighted in the Settings files list will be written to the protection device, or you can double-click on the file "setg0001" itself.

You must also download the following items in the settings tree: terminal configuration, IEC 61850 settings and terminal properties (Figure A.3).

After unloading the setpoint files, it is necessary to check the correctness of the relay operation using the SCADA software.

1.1.2 Configuring the communication modules of the IEC 61850 protocol

On the desktop there is the shortcut WebScadaMT 4.0 software, which is necessary for prescribing the signal tags with the lower-level equipment for communication with the object through the I/O servers, where the data packets are transmitted via IEC protocol, as well as prescribing signals in the I/O server, switching signals to objects in the screen form and setting the dynamics for any action (remote control, telesignalization, telemetering).

SCADA can be opened in the browser, by typing into the search box "//localhost" or by double-clicking the icon on the software.

After opening, the authorization window will appear (Figure A.4). In order to log into the system, you must enter your login and password. "Login: system; Password: 1".

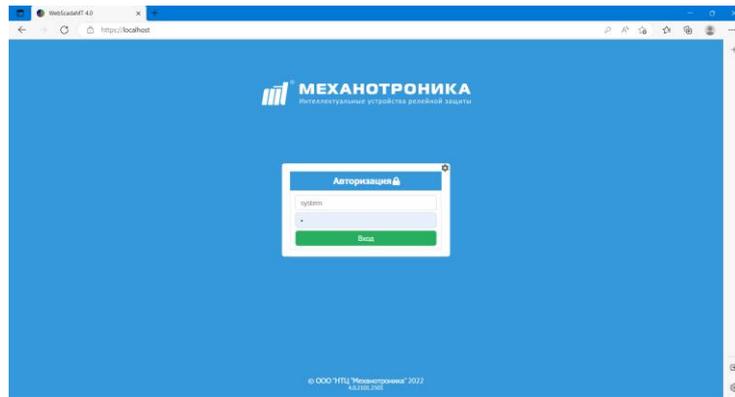


Figure A.4 - Authorization in SCADA

Press the login button and you see the SCADA menu (Figure A.5). On the main menu you can see the file that displays the mnemonic scheme with the added speakers and signals to the screen form and terminals. In addition, you can create a new file, where you can create your own screen form of any object of the ACS.

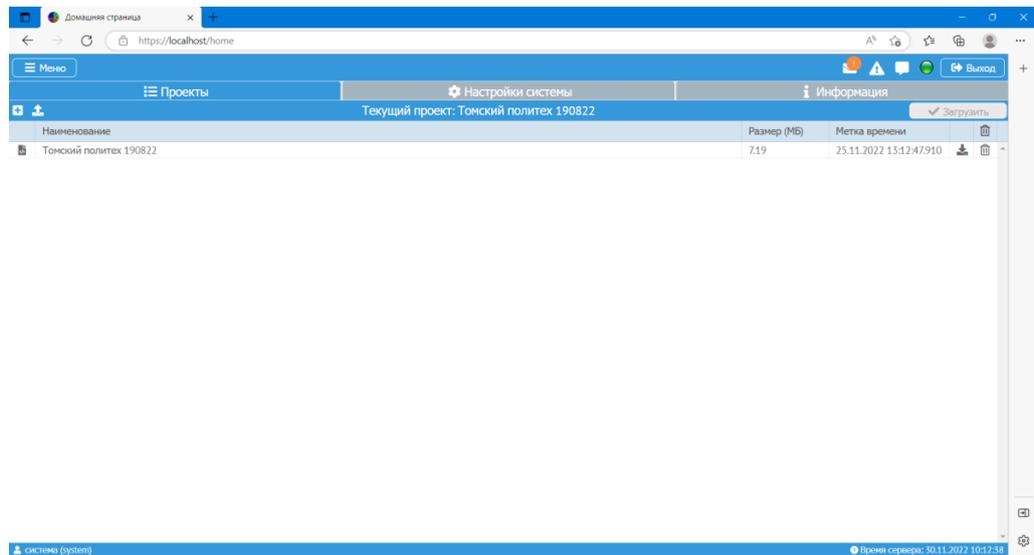


Figure A.5 - SCADA menu

The next step is to configure the cabinet devices, for this you must click on the menu button in the upper left corner (Figure A.6).

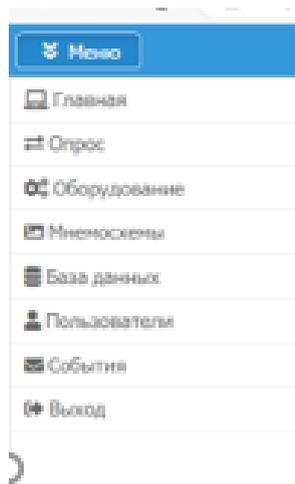


Figure A.6 - Menu list

Next, from this menu list, you must select the polling item.

Polling - SCADA specification, which polls the units on the client-server architecture (IEC) on the presence of communication and the correctness of its work. This item connects the terminal and the ARM on the TCP/IP interface, where the terminal has its own IP-address and to transmit data packets you need to set the settings for the exchange of information between SCADA and I/O server.

In the "polling" menu you will see the module configurator tree, where the data exchange protocols are displayed. In order to configure the equipment, it is necessary to select in the protocol tree the protocol by which the data packets will be transmitted - IEC 61850 (client) (Figure A.7).

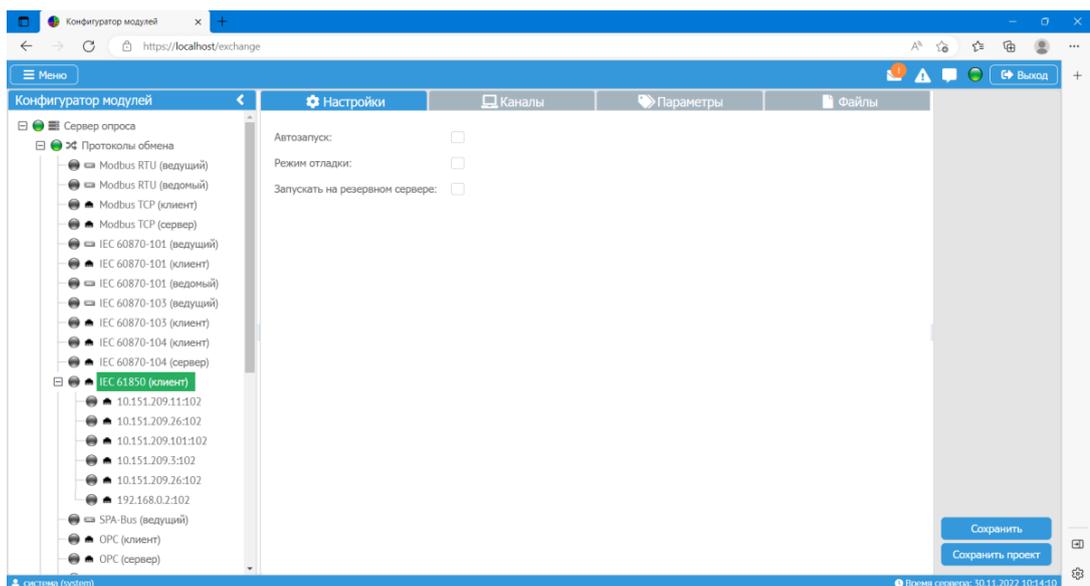


Figure A.7 - Module configurator

When configuring the equipment, you need to enable polling, to do this, click on the gray circle on the desired protocol (Figure A.8). After that click on the item "Parameters".

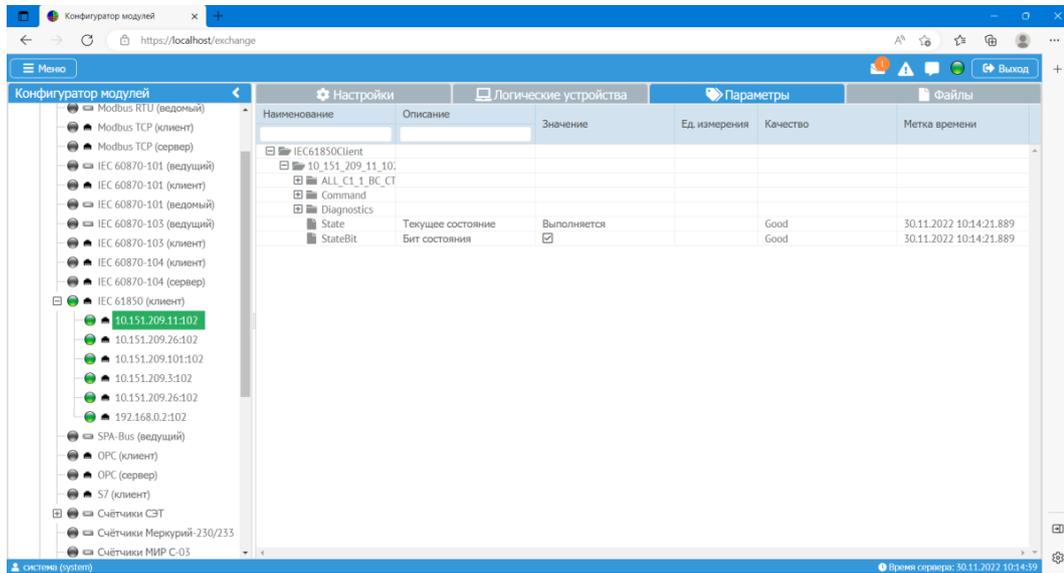


Figure A.8 - IEC 61850 protocol menu (client)

Parameters - are part of the SCADA software, where the states, values and quality parameters of signals, prescribed on the terminals are shown (bad quality or value means that the equipment is in alarm position, or in unreliable position, i.e. in some case, the data will go to the alarm log to the dispatcher).

In the parameters item, expand the folders "ALL_C1_BC_CT", "USER_GAPC1, ST. Then expand all the folders of the device BMRZ, which describes the triggering and operation of circuit breaker relays and earthing switches devices (Figure A.9, A.10).

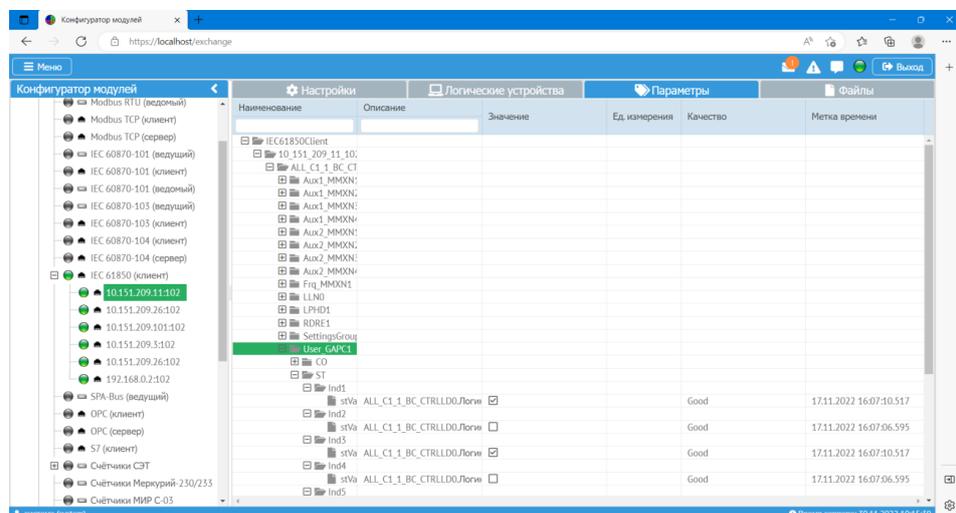


Figure A.9 - Expanded menu of the IEC client

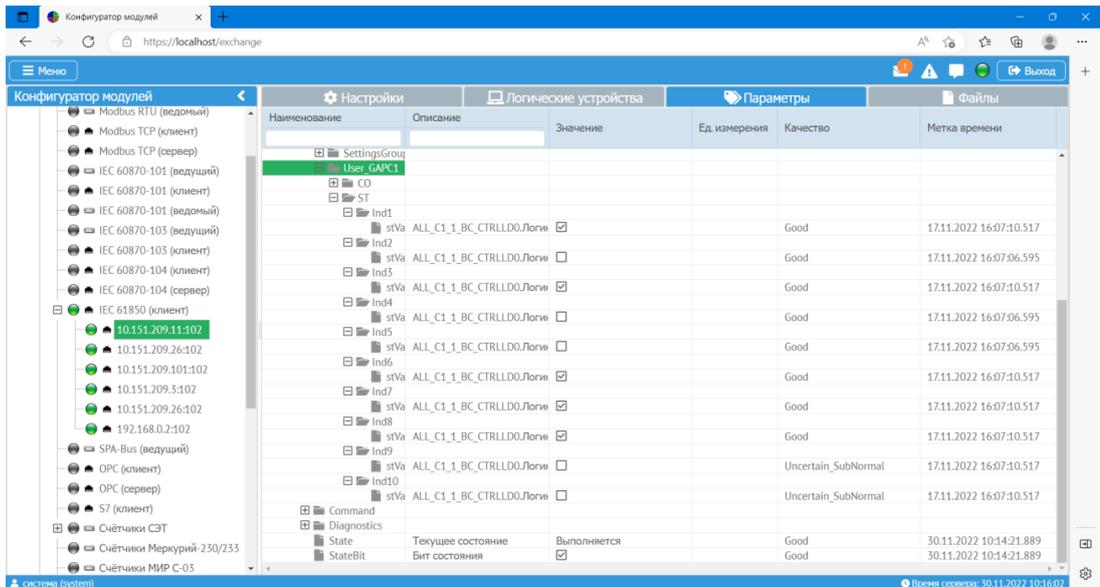


Figure A.10 - Expanded menu of IEC client

When the BMRZ device works properly, the green indicators of the PAS, PDS, and other terminals should be lit, but if the indicators are lit red, it is necessary to restart them (press the red button or restart the units themselves).

To check the operation of the relay it is necessary to carry out manual switching on the terminal with the local control, and, consequently, in the list of relay devices will change the position of the checkboxes (Figure A.11).

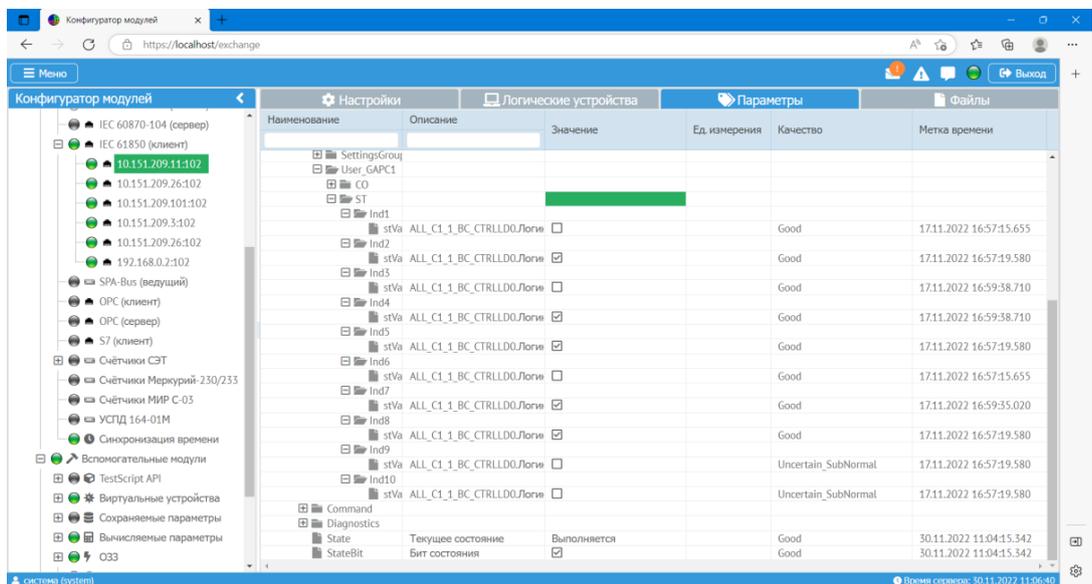


Figure A.12 - Switching the equipment of the BMRZ

To fully convince the operation of the equipment it is necessary to enter the SCADA menu and select the item "Mnemonic schemes". Then click on the file "TPU". This file describes the scheme of JSC "Tomskaya Generatsiya". In case of

incorrect operation of the blocks on the mnemonic scheme will be displayed equipment in the form of "questions".

To prevent such cases, the instruction on how to eliminate these problems has been described. Errors can occur due to incorrect loading of files to the terminals or unreliable communication with the equipment. If properly configured, the diagram should look like in Figure A.13.

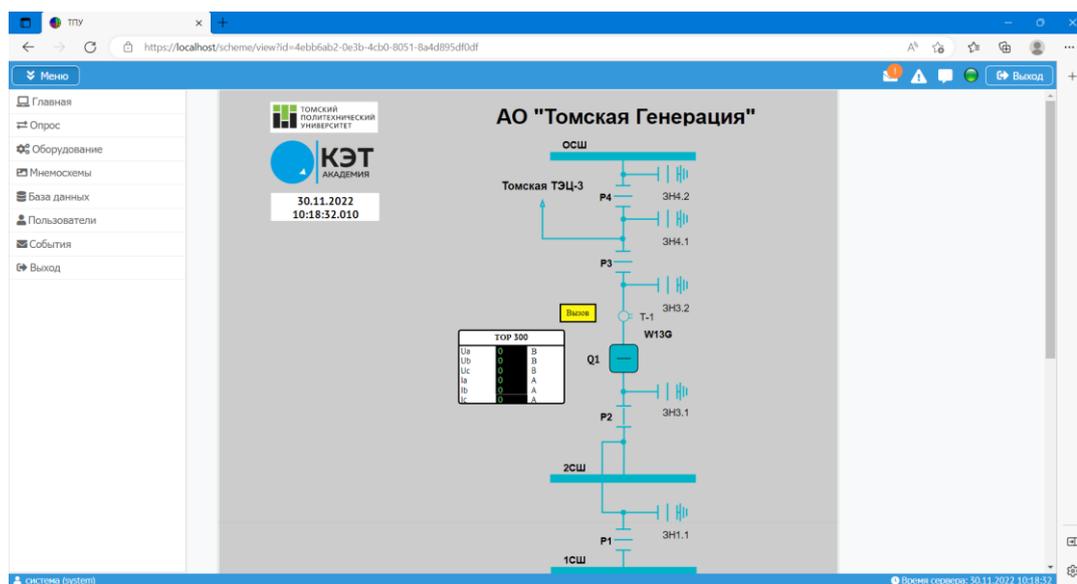


Figure A.13 - Mnemonic scheme of JSC "Tomskaya Generatsiya"

This mnemonic diagram describes the position of the equipment and allows to use all the functions of telemechanics: remotely control the equipment by pressing the left mouse button, and also allows to watch the values of measurements from the measuring equipment and transmit messages about accidents to the dispatcher.

This instruction is designed to prepare the work with the stand, as well as to adapt the student for a basic understanding of the principle of the control cabinet and data transfer between the equipment.

1.2 Configuration of control cabinet devices

1.2.1 Configuration of the TOP300 terminal

You need the MIKRA program to configure and display process parameters of relay protection and automation devices in the TOP300 terminal [2]. To set your own parameters for the terminal you need to create a new project, specify settings and network settings.

To create a project from scratch, right-click on the device configuration and left-click add folder (Figure A.14). (The Polytech folder is the name of the substation).

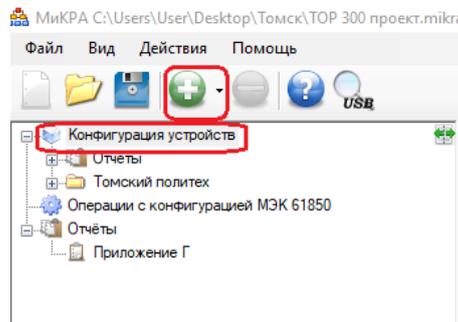


Figure A.14- Creating a substation

Right-click on the "Substation 1" folder and add one device (Figure A.15).

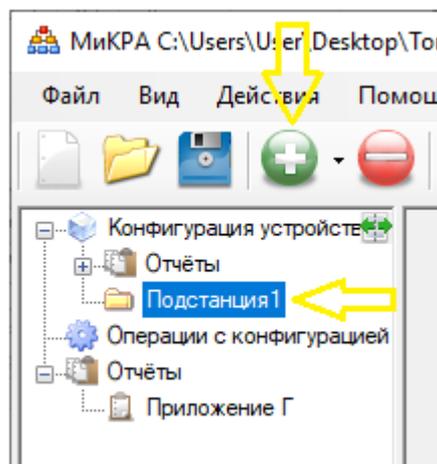


Figure A.15 - The TOP300 device

Next, configure the type, pattern and line of communication. Example: TOP300 (Figure A.16).

Select the type - TOP300, then select the template - TOP300 (with bus).

Select TCP/IP and enter IP: 10.151.209.101 (TOP300).

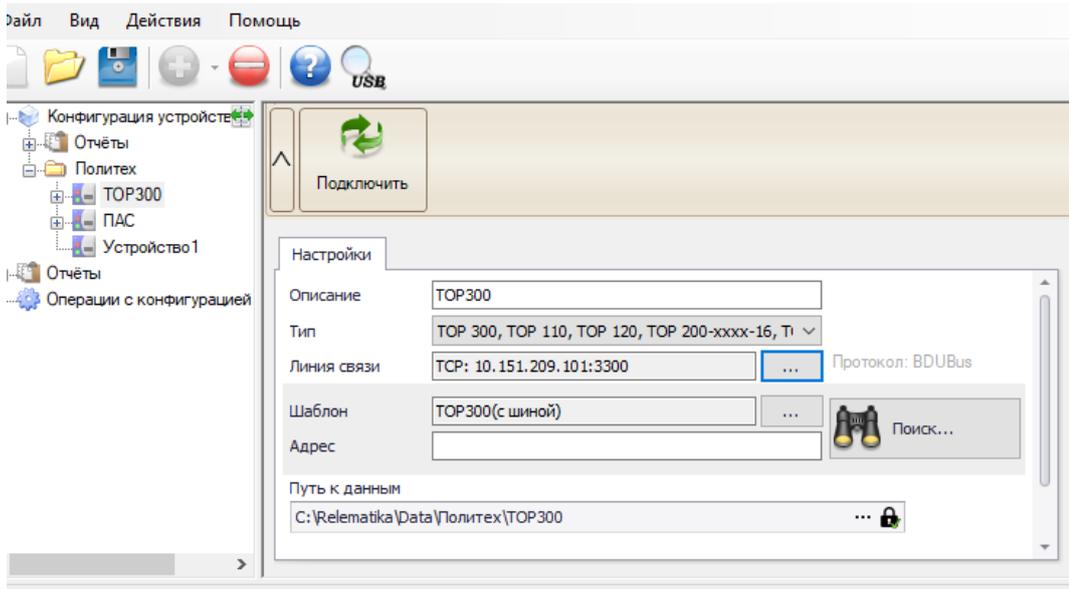


Figure A.16 - Parameters of the TOP300 device

Press the Connect button to make sure that there is communication.

In the TOP300 device in the Setpoints item, update the setpoints and upload them to the device (Figure A.17).

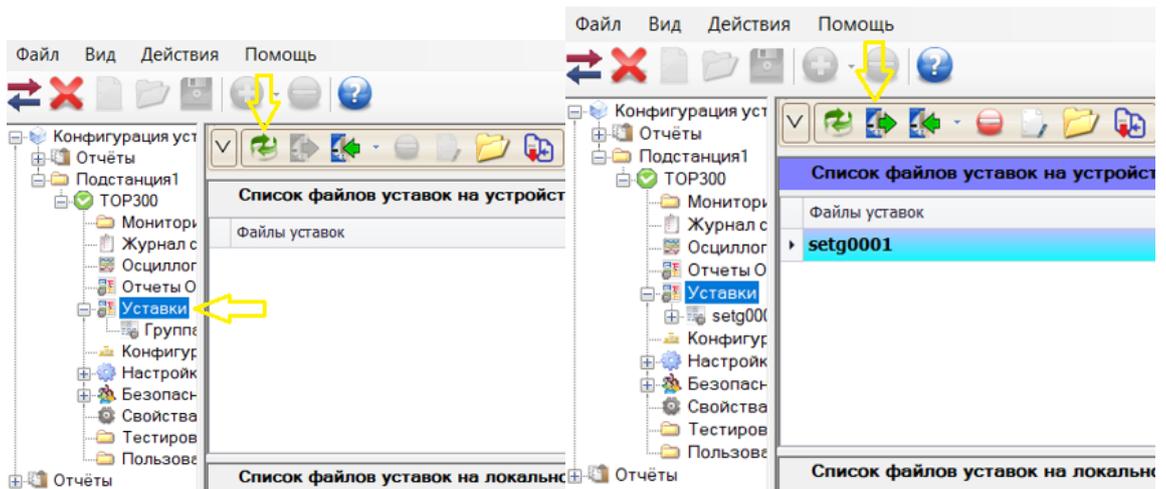


Figure A.17 - Setting menu of the THOR300 device

To work it is necessary to unload the configuration file of the terminal (Figure A.18).

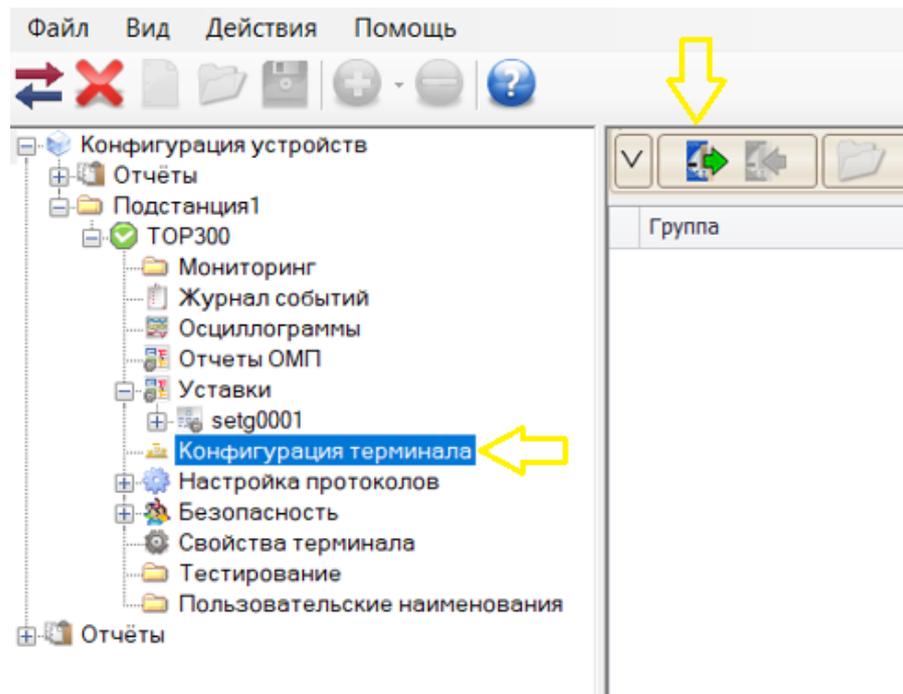


Figure A.18 - Terminal configuration

The next step is to unload the files from the IEC61850 settings (Figure A.19).

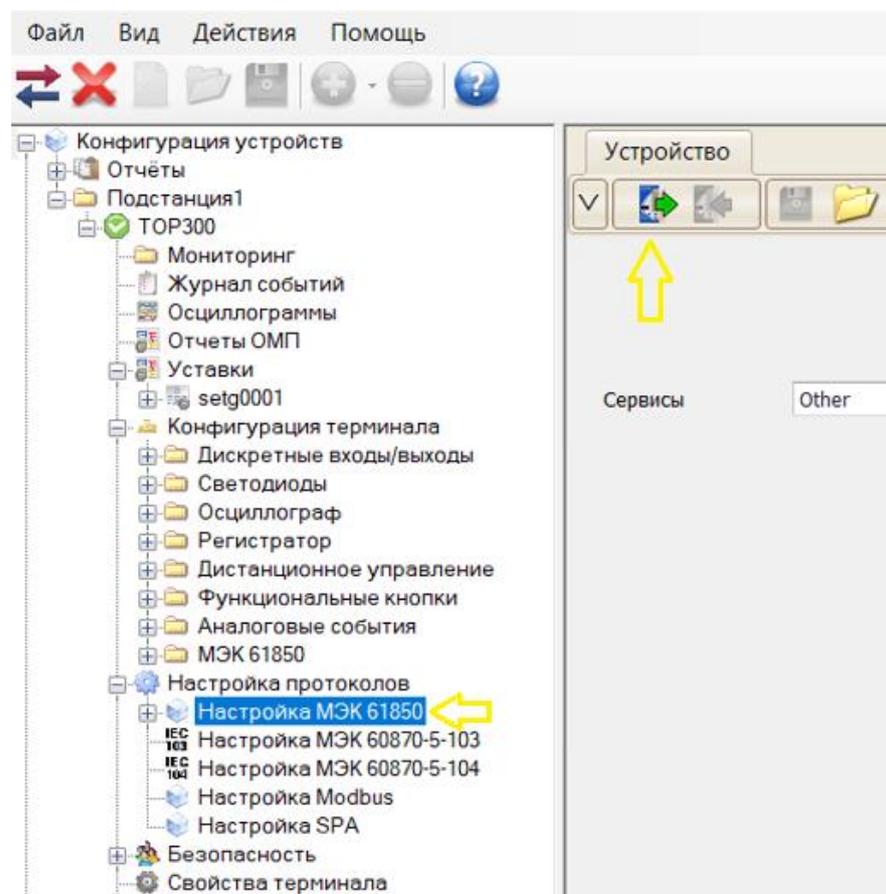


Figure A.19 - Configuring IEC 61850

And the last step is to unload the files from the properties of the terminal (Figure A.20).

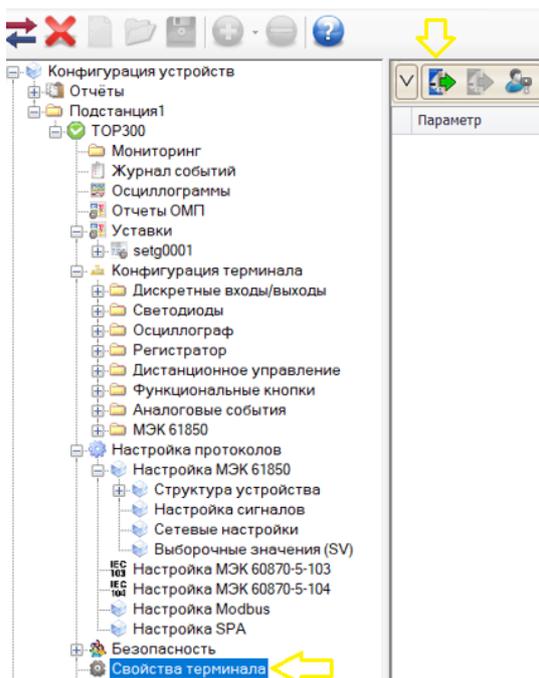


Figure A.20 - Properties of the terminal

1.2.2 Configuration of analog signal converter devices

To add the PAS to which you want to subscribe, you must add the "PAS device" in the same way, and set its type to "SV device" (Figure A.21).

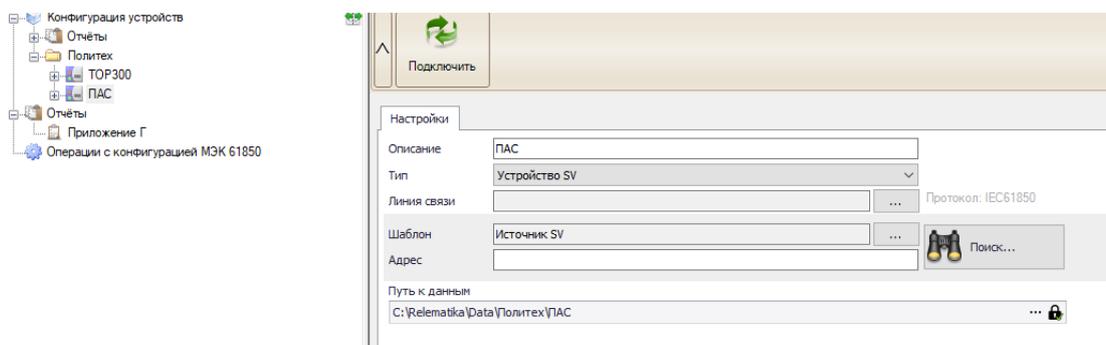


Figure A.22 - PAS device

Go into the PAS settings and select the item outgoing sample values "SV", if there is a file of another PAS, it is necessary to go into the IEC 61850 setting and open the desired file (Figure A.23).

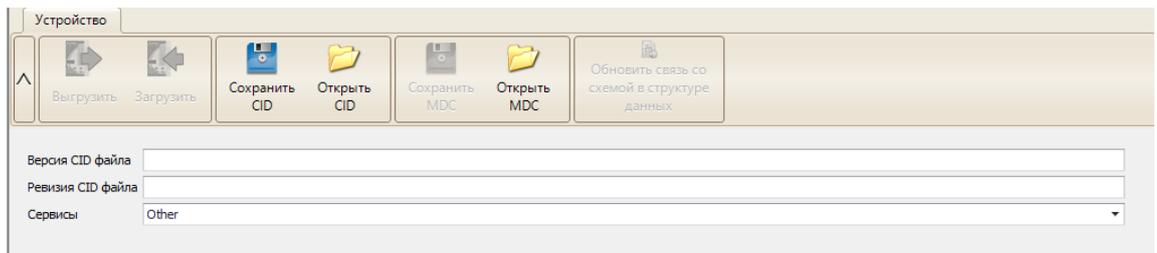


Figure A.23 - Loading the SV device

At this point you need to write the parameters of MAC address, VLAN ID, etc. (set by default), but if there is a need to add extraneous converters, add them "+" (Figure A.24).

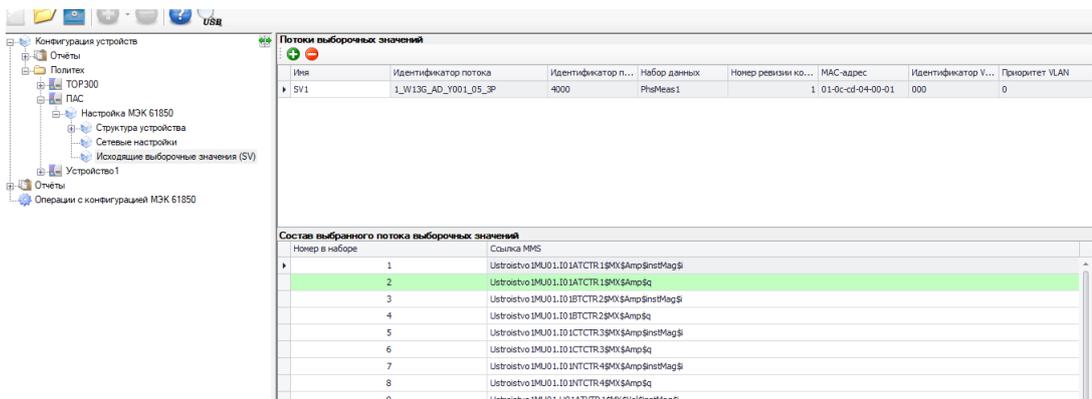


Figure A.24 - Sampled value streams

Next, go to the TOP300 device -> IEC 61850 Setup -> SV Sampled Values -> add PAS SV1 device (Figure A.25, A.26).

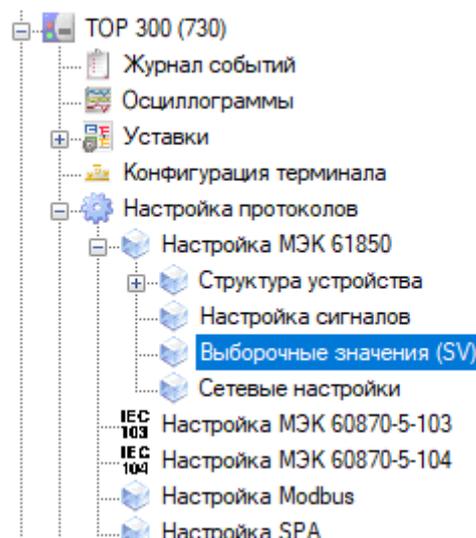


Figure A.25 - Sampled values



Figure A.26 - Sampled values

In the table of the composition of the sample flow of sample values the connection to the scheme, phase A, B, C current magnitude and its quality, etc. is displayed.

Connect TOR300, unload in the settings of IEC 61850 device and in the Sampled Values SV, in the column connection to the circuit fill in the cells: connection to the circuit, primary and secondary values (Figure A.27).

Состав выбранного потока выборочных значений							
Номер...	Ссылка MMS	Описание ...	Связь со схемой	Первичны...	Вторичны...	Первичны...	Максималь...
1	Ustroistvo2MU0...		Ia В1 осн.	300	5	0,001	300
2	Ustroistvo2MU0...						
3	Ustroistvo2MU0...		Ib В1 осн.	300	5	0,001	300
4	Ustroistvo2MU0...						
5	Ustroistvo2MU0...		Ic В1 осн.	300	5	0,001	300
6	Ustroistvo2MU0...						
7	Ustroistvo2MU0...		3I0 В1 осн.	300	5	0,001	300
8	Ustroistvo2MU0...						
9	Ustroistvo2MU0...		Ua осн.	110000	100	0,001	170
10	Ustroistvo2MU0...						
11	Ustroistvo2MU0...		Ub осн.	110000	100	0,001	170
12	Ustroistvo2MU0...						
13	Ustroistvo2MU0...		Uc осн.	110000	100	0,001	170
14	Ustroistvo2MU0...						
15	Ustroistvo2MU0...		Uнк осн.	110000	100	0,001	170
16	Ustroistvo2MU0...						

Figure A.27 - Communication with the scheme

Connect TOR300, then load SV stream files in IEC 61850 settings (after that a warning window will pop up, press "NO" and enter password "1").

1.2.3 Configuration of binary signal converter devices

In order to subscribe to GOOSE, it is necessary to add a device of the type "Device 61850" (Figure A.28) (first of all disconnect the TOR300).

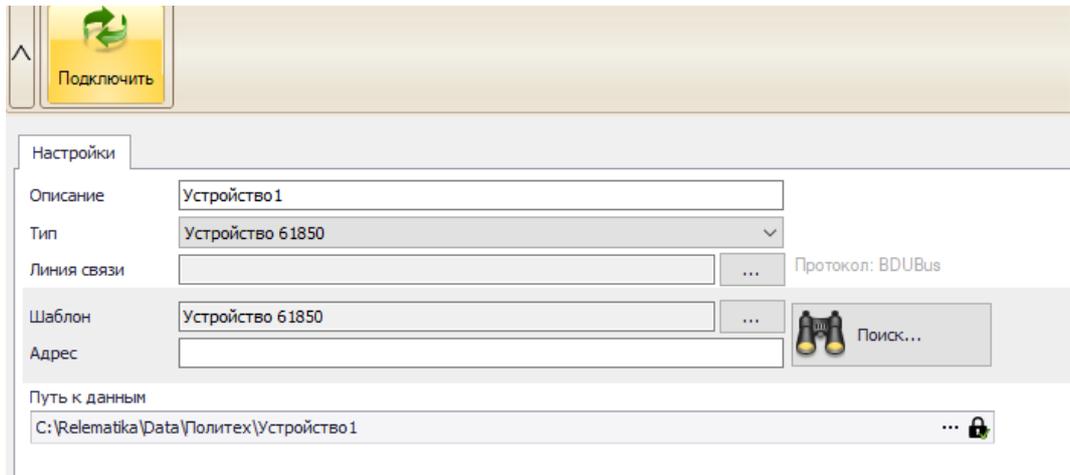


Figure A.28 - Adding the 61850 device

Let's open the sid file of the TOP300. Open the device structure and look at the outgoing GOOSE messages. We see two GOOSE messages, one of which is disabled (top) (Figure A.29). Accordingly, how to prescribe parameters with SV streams.

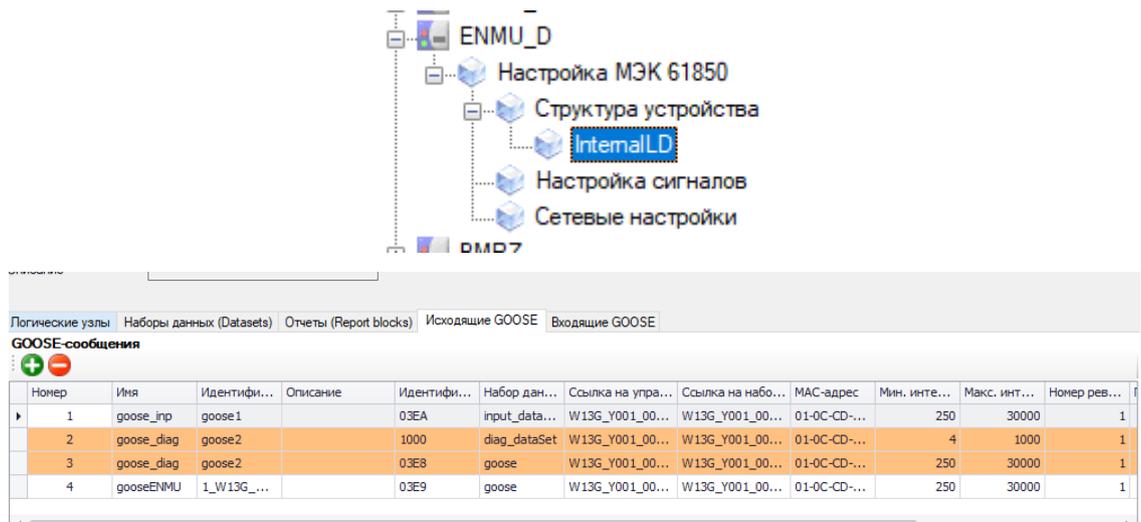


Figure A.29 - GOOSE - messages

To sign the BMPZ in the THD300, you need to connect the THD300 and upload the file.

There are logical devices in the device structure item in the THOR300 (Figure A.30): MEAS-measurement, IO-input-output, DR- PAC, CTRL-switchgear control, PROT-protection, SYS-self-diagnosis.

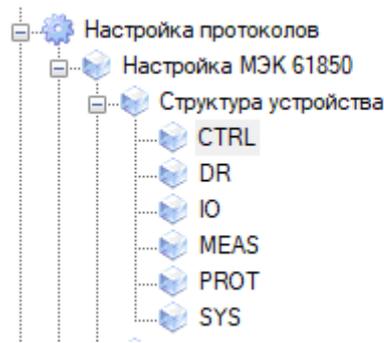


Figure A.30 - Logic devices

Principle of operation of the GOOSE messaging from the terminal to the PDS. The PDS closes the contact, the contact comes to a binary input of 220 V to the device and the input relay, thereby turning off the circuit breaker (Figure A.31) (IHM Disconnect B).

GOOSE messages can be added to the PDS and also allows you to choose whether they will be on the process bus or the station bus (Preferably on the process bus).

The identifier is set according to STO.

W13-Line number

G-voltage class 110 kV

S- Place of cubicle installation

01- Cabinet sequence number

A3- Cabinet device number

QC-operational switch off by circuit breaker

PA- GOOSE formed by a relay'

Номер	Шина проц...	Имя	Идентифи...	Описание	Идентифи...	Набор дан...	Ссылка на упра...	Ссылка на набо...	MAC-адрес	Мин. инте...	Макс. инт...
1	<input type="checkbox"/>	GooseBlock_1	1_W13G_P...		3001	UPR_VYKL	W13G_S001_A3...	W13G_S001_A3...	01-0C-CD-...	100	10000
2	<input checked="" type="checkbox"/>	GooseBlock_1	GooseBlock_1		3001	DS_CMD	W13G_S001_A3...	W13G_S001_A3...	01-0c-cd-0...	250	30000

Состав выбранного GOOSE-сообщения		
Номер	Ссылка MMS	Связь со схемой
1	W13G_S001_A3_PA_IO.DIGGIO1\$ST\$Ind4\$stVal	ИЧМ Отключить В
2	W13G_S001_A3_PA_IO.DIGGIO1\$ST\$Ind4\$sq	
3	W13G_S001_A3_PA_IO.DIGGIO1\$ST\$Ind5\$stVal	ИЧМ Включить В
4	W13G_S001_A3_PA_IO.DIGGIO1\$ST\$Ind5\$sq	

Figure A.31 - Outgoing GOOSE messages

Each GOOSE message must have a unique identifier.

Next, select the devices that will be affected by the incoming GOOSE (Figure A.32) from the internal diagram.

Логические узлы | Наборы данных (Datasets) | Отчеты (Report blocks) | Исходящие GOOSE | **входящие GOOSE**

GOOSE-сообщения

Номер	Шена процесса	Устройство	GOOSE	Приоритет VLAN	Идентификатор VLAN
1	<input type="checkbox"/>	Устройство1	BC_C1	4	000

Состав выбранного GOOSE-сообщения

Номер	Ссылка MMS	Описание сигнала исходящего GOOSE	Связь со схемой
1	ALL_C1_1_BC_CTRLDD0.GSE_GGIO1\$ST\$VO...		DI Внеш. откл.
2	ALL_C1_1_BC_CTRLDD0.GSE_GGIO1\$ST\$VO...		
3	ALL_C1_1_BC_CTRLDD0.GSE_GGIO1\$ST\$VO...		
4	ALL_C1_1_BC_CTRLDD0.GSE_GGIO1\$ST\$VO...		
5	ALL_C1_1_BC_CTRLDD0.GSE_GGIO1\$ST\$VO...		
6	ALL_C1_1_BC_CTRLDD0.GSE_GGIO1\$ST\$VO...		
7	ALL_C1_1_BC_CTRLDD0.GSE_GGIO1\$ST\$VO...		
8	ALL_C1_1_BC_CTRLDD0.GSE_GGIO1\$ST\$VO...		
9	ALL_C1_1_BC_CTRLDD0.GSE_GGIO1\$ST\$VO...		
10	ALL_C1_1_BC_CTRLDD0.GSE_GGIO1\$ST\$VO...		

Figure A.32 - Incoming GOOSE messages

Connect the TOP300, load files in the IEC 61850 settings.

Conclusion

The purpose of this work is to simulate the APCS of a highly automated substation, which performs information exchange via IEC 61850 protocol in the SCADA software.

At this stage the simulation of the ACS of highly automated substation was described. In this section the configuration of the equipment and network has been made, also the configuration of microprocessor terminals and software has been described.

References

1. STO 56947007- 29.240.10.299-2020. Digital substation. Guidelines for the design of the DSP.
2. Relaymatics "MiCRA - parameterization and monitoring of relay protection devices". [Electronic resource].- Mode of access: <https://relematika.ru/products/servisnoe-po/mikra-parametrizatsiya-i-monitoring-ustroystv-rza-omp-ras-btss-tm-i-ee/>, free. - Login from the screen.