


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет энергетический
Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники
Направление подготовки 15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств
Направленность (профиль) образовательной программы Автоматизация технологических процессов и производств в энергетике


ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ


и. о. зав. кафедрой

 О.В. Скрипко
« 24 » 06 2022 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Модернизация системы защиты и диспетчерского управления системой распределения электрической энергии на ГЭС

Исполнитель
студент группы 841 об  20.06.2022 В.Е. Мысов
(подпись, дата)

Руководитель
доцент, канд. техн. наук  19.06.2022 А.Н. Рыбалёв
(подпись, дата)

Консультант по безопасности
и экологичности
доцент, канд. техн. наук  17.06.2022 А.Б. Булгаков
(подпись, дата)

Нормоконтроль
профессор, д-р техн. наук  23.06.2022 О.В. Скрипко
(подпись, дата)

Благовещенск 2022

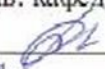
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет энергетический

Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники

УТВЕРЖДАЮ

и.о. зав. кафедрой

 О.В. Скрипко
« 24 » 06 2022 г.

ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента Мысова Виктора Евгеньевича

1. Тема выпускной квалификационной работы: Модернизация системы защиты и диспетчерского управления системой распределения электрической энергии на ГЭС

(утверждено приказом от 05.04.2022 № 619-уч)

2. Срок сдачи студентом законченной работы (проекта) 24.06.2022

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: Техническое описание оборудования, таблица оперативных блокировок безопасности разъединителей оборудования Зейской ГЭС, схемы управления приводами, схема электрических соединений ОРУ-220.

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов):

1) изучение объекта автоматизации и постановка задачи; 3) разработка структурной схемы автоматизации; 4) описания технических средств; 5) разработка программного обеспечения

5. Перечень материалов приложения: (наличие чертежей, таблиц, графиков, схем, программных продуктов, иллюстративного материала и т.п.)

Лист 1: Схема электрических соединений ОРУ-220;

Лист 2: Оборудование первой ячейки ОРУ-220;

Лист 3: Электрические схемы разъединителя, заземляющего ножа и схема управления выключателем;

Лист 4: ШУП-1 и его оснащение;

Лист 5: Структура программного обеспечения;

Лист 6: Визуализации местного и дистанционного управления;

6. Консультанты по выпускной квалификационной работе (с указанием относящихся к ним разделов) Булгаков Андрей Борисович

7. Дата выдачи задания 10.03.2022

Руководитель выпускной квалификационной работы: Рыбалёв А.Н. доцент, канд. техн. наук
(фамилия, имя, отчество, должность, ученая степень, ученое звание)

Задание принял к исполнению (дата): мысов
(подпись студента)

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 101 страниц, 31 рисунок, 7 таблиц, 9 приложений, 21 источник.

ОТРЫТОЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО, ЗАЗЕМЛЯЮЩИЙ НОЖ, РАЗЪЕДИНИТЕЛЬ, ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ, БЛОК УПРАВЛЕНИЯ, ШКАФ УПРАВЛЕНИЯ, ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЛЕР, SCADA-СИСТЕМА.

Цель работы: модернизация системы защиты и диспетчерского управления системой распределения электрической энергии на ГЭС.

В выпускной квалификационной работе была рассмотрена автоматизированная система, схемы управление приводами, основное и дополнительное оборудование, выбраны технические средства автоматизации и разработаны:

- 1) структурная схема автоматизации;
- 2) эскиз щита управления;
- 3) управляющая программа;
- 4) SCADA-система.

СОДЕРЖАНИЕ

Нормативные ссылки	7
Определения, обозначения, сокращения	9
Введение	10
1 Объект автоматизации и постановка задачи	12
1.1 ОРУ-220	12
1.2 Оборудование, установленное на ОРУ-220 и соединенное с ним	15
1.2.1 Трансформаторы силовые двухобмоточные трехфазные (ТЦ-250000/220 и ТНЕРЕ-265000/242)	15
1.2.2 Выключатель элегазовый колонковый однополюсный (ЗАР1 FG-245)	16
1.2.3 Трансформатор напряжения емкостной (СРВ 245)	16
1.2.4 Разъединители 3х-полюсные горизонтально-поворотные с одним заземляющим ножом (DBF2-245+AE BF2 и DBF4-245+2AE BF2)	17
1.2.5 Трансформатор тока (IOSK 245)	18
1.2.6 Автотрансформатор однофазный 3х-обмоточный (АОДЦТН-167000/500/220-75-91)	19
1.2.7 Краткое описание оборудования	19
1.3 Структура существующей системы	20
1.4 Постановка задачи	21
1.4.1 Недостатки существующей системы	21
1.4.2 Эффективность применения диспетчерского управления	22
1.4.3 Задачи модернизации системы управления	22
2 Разработка структурной схемы автоматизации	23
3 Выбор технических средств	25
3.1 ШУП-1	25
3.2 Приводы устройств, управляемые с помощью ШУП-1	32
3.3 Блоки управления	37
3.4 Устройства коммутации и сигнализации	39

4	Разработка программного обеспечения	40
4.1	Выбор средств разработки	40
4.2	Структура и назначение программного комплекса	40
4.3	Входные и выходные переменные	42
4.4	Программная модель технологического процесса и щита управления	50
4.5	Программа управления	55
4.6	SCADA-система	55
4.6.1	Информационный обмен	55
4.6.2	Экран визуализации	58
4.7	Результаты проверочных испытаний и перспективы развития программного обеспечения	60
5	Безопасность и экологичность	61
5.1	Безопасность	61
5.1.1	Требования охраны труда диспетчера	61
5.1.2	Требования охраны труда электромонтёра	64
5.1.3	Расчет системы искусственного освещения	70
5.2	Экологичность	77
5.3	Чрезвычайные ситуации	78
5.3.1	Требования охраны труда диспетчера при ЧС	78
5.3.2	Требования охраны труда электромонтёра при ЧС	78
5.3.3	Меры пожарной безопасности на ОРУ	79
	Заключение	81
	Библиографический список	82
	Приложение А	85
	Приложение Б	86
	Приложение В	88
	Приложение Г	90
	Приложение Д	92
	Приложение Е	93
	Приложение Ж	98

Приложение И	99
Приложение К	100

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В выпускной квалификационной работе использованы ссылки на стандарты и нормативные документы:

ТИ Р М-068-2002 Типовая инструкция по охране труда для электромонтера по обслуживанию подстанций;

СНиП 23–05–95 Строительные нормы и правила российской федерации;

ГОСТ 2.103-68 Единая система конструкторской документации. Стадии разработки;

ГОСТ 2.109-73 Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам;

ГОСТ 2.111-68 Единая система конструкторской документации. Нормоконтроль;

ГОСТ 2.321-84 Единая система конструкторской документации. Обозначения буквенные;

ГОСТ 2.701-2008 Единая система конструкторской документации. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению;

ГОСТ 2.702-2011 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем;

ГОСТ 2.709-89 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные проводов и контактных соединения электрических элементов, оборудования и участков цепей в электрических схемах;

ГОСТ 2.710-81 Единая система конструкторской документации. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах;

ГОСТ 2.721-74 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения;

ГОСТ 3.1116-79 Единая система технологической документации. Нормоконтроль;

ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия

эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды;

ГОСТ 19.701-90 Единая система конструкторской документации. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем;

ГОСТ 21.404-85 Система проектной документации. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах;

ГОСТ 36.13-90 Щиты и пульты средств автоматизации технологических процессов.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;

ОРУ – открытое распределительное устройство;

ГЭС – гидроэлектростанция;

ЗН – заземляющий нож;

Р – разъединитель;

ШР – шинный разъединитель;

ТТ – трансформатор тока;

ТН – трансформатор напряжения;

В – выключатель;

АТ – автотрансформатор;

ЩДУ – шкаф дистанционного управления;

СДУ – система диспетчерского управления;

ШУП – шкаф управления подстанцией.

ВВЕДЕНИЕ

Целью данной ВКР является модернизация системы защиты и диспетчерского управления системой распределения электрической энергии на ГЭС.

В современных условиях для эффективного управления предприятием требуется диспетчерское управление. Диспетчерское управление представляет собой программные и аппаратные средства, которые позволяют управлять дистанционно одним или несколькими объектами, которые находятся далеко друг от друга или в труднодоступных местах. Система диспетчерского управления даёт важные преимущества при управлении объекта:

- 1) централизованный контроль работы;
- 2) оперативное реагирование в аварийных ситуациях;
- 3) уменьшение влияния человеческого фактора.

На Зейской ГЭС не до конца реализована диспетчерское управление. Поэтому возникла необходимость модернизации системы защиты и диспетчерского управления Зейской ГЭС. В качестве примера реализации СДУ в работе будет задействована только одна из двенадцати ячеек ОРУ-220. На предприятии уже была реализована часть диспетчерского управления, в виде SCADA системы, для визуального просмотра включения и выключения оборудования и контроля блокировок. Система защиты реализована в виде блокировок на включения, которые контролируются с помощью реле и шкафа управления подстанцией. Модернизация этих систем состоит в том, чтобы сделать SCADA систему с которой можно управлять оборудованием с использованием блокировок, а не просто наблюдать за процессами их управления. Замена оборудования не нужна, так как все соответствует нужным параметрам, поэтому основной упор сделан на обеспечение экономичности процесса управления.

В работе необходимо разработать программное обеспечение. ПО будет представлять собой симуляцию местного и дистанционного управления ОРУ-

220 с целью обеспечения надежного энергоснабжения и качества электрической энергии для надлежащего исполнения обязательств перед субъектами электроэнергетики. Местное управление будет представлять собой шкафы управления приводами, с них можно будет управлять включением и отключением оборудованием и сменой режима управления. Дистанционное управления будет представлять собой контроллер и SCADA систему. Управление с контроллера и SCADA системы будет представлять собой, кнопки включения и выключения программы, расположенной в контроллере. Программа будет включать разъединители и выключатель и выключать их при поломке и других ситуациях, требующих этого. Система защиты будет реализована в электрической схеме. Реализована так, что нельзя включить разъединитель если рядом стоящие заземляющие ножи не выключены и наоборот.

1 ОБЪЕКТ АВТОМАТИЗАЦИИ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

1.1 ОРУ-220

Зейская ГЭС – гидроэлектростанция на реке Зeya в Амурской области, у города Зeya. Вторая по мощности ГЭС на Дальнем Востоке России. А также это самая высокая в России плотина контрфорсного типа и самые мощные диагональные гидротурбины. Водохранилище Зейской ГЭС имеет большое противопаводковое значение.

В Дальневосточной энергосистеме Зейская ГЭС осуществляет следующие функции [1]:

- 1) выдача мощности и выработка электроэнергии;
- 2) регулирование частоты;
- 3) прием суточных и недельных неравномерностей нагрузки по энергосистеме;
- 4) аварийного резерва, как кратковременного по мощности, так и длительного по энергии.

Зейская ГЭС представляет собой плотину с рядом расположенным зданием ГЭС. Установленная мощность электростанции – 1330 МВт, среднегодовая выработка электроэнергии – 4910 млн кВт·ч. Группа гидротехнических сооружений имеет I класс капитальности и включают в себя плотину, здание ГЭС, открытое распределительное устройство (ОРУ).

ОРУ – силовые проводники находятся на улице и не имеют защиты от внешних воздействий. Рабочее напряжение тока для них – 220 кВ. Такие устройства популярны за счет легкого монтажа, простого обслуживания и несложной модернизации.

На ГЭС смонтировано два открытых распределительных устройства ОРУ-500 и ОРУ-220 кВ. На ОРУ-500 кВ применена «полуторная» схема с тремя выключателями на два присоединения. ОРУ-220 кВ выполнено по схеме «одионочная секционированная система шин с обходной» с секционной связью

через два обходных выключателя. Связь двух распределительных устройств осуществляется через группу автотрансформаторов типа АОДЦТН-167000/500/220-75-У1, имеющих резервную фазу.

Так как в работе разбирается ОРУ-220, то нужно понять, как выглядит схема «одиначная секционированная система шин с обходной». Каждое присоединение подключается к шинам через выключатель и шинный разъединитель. Так же можно подключить один трансформатор на секцию без выключателя. Связь секций через секционный выключатель обеспечивает разделение схемы при повреждении одной из секций и не требует полного обесточивания подстанции при ремонте секции. Такая схема обеспечивает надежную связь между секциями и отдельными узлами энергосистемы в нормальных, ремонтных и аварийных режимах. Есть и недостаток схемы, необходимость отключения присоединений секции при выводе ее в ремонт или при ее повреждении, вынужденное обесточение всех подключенных к данной секции линий и трансформаторов.

На ОРУ-220 энергия поступает на 3 и 4 ячейку с генераторов, после чего уходит на две шины, с которых энергия передается на четные и нечетные ячейки. Упрощенная схема распределения энергии на ОРУ-220, показана на рисунке 1.



Рисунок 1 - Упрощенная схема распределения энергии на ОРУ-220

В работе будет разбираться первая ячейка ОРУ-220, поэтому рассмотрим схему «одиначную секционированную систему шин с обходной» первой ячейки на рисунке 2.

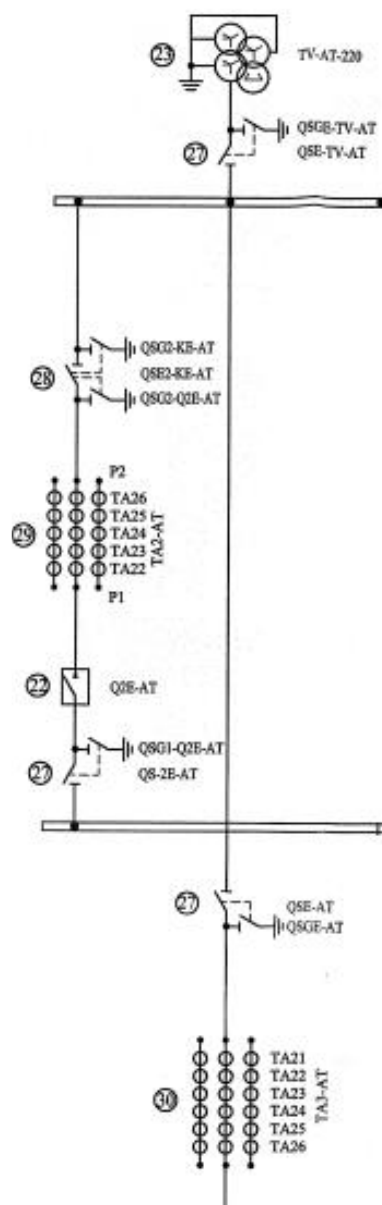


Рисунок 2 – Схема «одиночная секционированная система шин с обходной» первой ячейки

Состав схемы (по ГОСТ 2.702-2011):

TV-AT-220 – трансформатор напряжения - автотрансформатора;

QSGE-TV-AT – заземляющий нож - трансформатора напряжения - автотрансформатора;

QSE-TV-AT – разъединитель - трансформатора напряжения - автотрансформатора;

QSG2-KE-AT – заземляющий нож 2 – шинный - автотрансформатора;

QSE2-KE-AT – разъединитель 2 - автотрансформатора;

QSG2-Q2E-AT – заземляющий нож 2 - выключатель 2 - автотрансформатора;

ТА2-АТ – трансформатор тока 2 - автотрансформатора;

Q2E-АТ – выключатель 2 - автотрансформатора;

QSG1-Q2E-АТ – заземляющий нож 1 - выключатель 2 - автотрансформатора;

QS-2E-АТ – шинный разъединитель - выключатель 2 - автотрансформатора;

QSE-АТ – разъединитель - автотрансформатора;

QSGE-АТ – заземляющий нож - автотрансформатора;

ТА3-АТ – трансформатор тока 3 - автотрансформатора.

1.2 Оборудование, установленное на ОРУ-220 и соединенное с ним

В этом разделе будет описано всё оборудование, установленное или соединенное с ОРУ-220.

1.2.1 Трансформаторы силовые двухобмоточные трехфазные (ТЦ-250000/220 и ТНЕРЕ-265000/242)

Электрическая схема ОРУ-220 Зейской ГЭС построена следующим образом: два гидрогенератора соединены в блоки с повышающими трансформаторами типа ТЦ-250000/220 и ТНЕРЕ-265000/242 и выдают мощность на напряжении 220 кВ.

А) Трансформатор силовой двухобмоточный трехфазный предназначен для понижения или повышения электрической энергии и передачи на большие расстояния (ТНЕРЕ-265000/242).

Трансформатор имеет следующие характеристики:

номинальная мощность – 265 МВА (Мега Вольт Ампер);

номинальные напряжения обмоток – 245/15,75 кВ.

Б) Трансформатор силовой двухобмоточный трехфазный (ТЦ-250000/220).

Трансформатор имеет следующие характеристики:

номинальная мощность – 250 МВА;

номинальные напряжения обмоток – 242/15,75 кВ.

1.2.2 Выключатель элегазовый колонковый однополюсный (3AP1 FG-245).

Выключатель элегазовый колонковый однополюсный предназначен для отключения нагрузки на ячейке. Элегазовые выключатели высокого напряжения работают за счет изоляции фаз друг от друга посредством элегаза. Когда срабатывает сигнал о том, что нужно отключить электрооборудование, контакты отдельных камер размыкаются. Таким образом, встроенные контакты образуют дугу, которая помещена в газовую среду. Она разлагает газ на отдельные компоненты, но при этом и сама снижается из-за высокого давления в емкости. Если система установлена на низком давлении, то используются дополнительные компрессоры для нагнетания давления и создания газового дутья. Для выравнивания тока дополнительно используется шунтирование. Модульная конструкция выключателя приведена на рисунке 3 [2].

Выключатель имеет следующие характеристики:

компания производитель siemens;

напряжение – 220 кВ;

ток – 2000 А;

аварийный ток – 20 кА;

время отключения – 0,06 с.

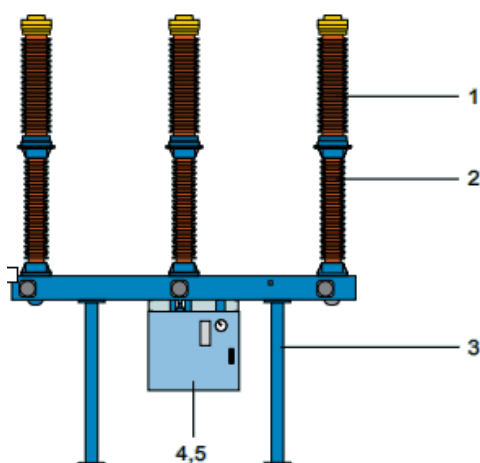


Рисунок 3 - Модульная конструкция выключателя

1 – дугогасительная камера; 2 – опорные изоляторы; 3 – опорные стойки; 4 – шкаф управления; 5 – корпус привода.

1.2.3 Трансформатор напряжения емкостной (СРВ 245)

Трансформаторы напряжения емкостные предназначены для измерения напряжения на шинах [5]. Внешний вид трансформатора напряжения емкостного приведен на рисунке 4.

Трансформатор напряжения имеет следующие характеристики:

класс напряжения – 220 кВ;

номинальные напряжения, кВ;

- первичной обмотки – $220/\sqrt{3}$;

- основной вторичной обмотки 1а-1н – $0,1/\sqrt{3}$;

- основной вторичной обмотки 2а-2н – $0,1/\sqrt{3}$;

- дополнительной вторичной обмотки da-dn – 0,1.



Рисунок 4 – Внешний вид трансформатора напряжения емкостного

1.2.4 Разъединители 3х-полюсные горизонтально-поворотные с одним заземляющим ножом (DBF2-245+AE BF2 и DBF4-245+2AE BF2).

А) Разъединитель 3х-полюсный горизонтально-поворотный с одним заземляющим ножом предназначен для снятия напряжения с участка на котором будут проводиться работы, заземляющий нож нужен для защиты персонала в случае ложного включения разъединителя. Устройство лишено элементов, предназначенных для искрогашения, поэтому, чтобы исключить возникновение дуги при установке на оборудовании с высоким напряжением, указанные

аппараты подключаются совместно с выключателями. Таким образом разъединителем линия отсоединяется только после отключения подачи напряжения. (DBF2-245+AE BF2) [4].

Разъединитель имеет следующие характеристики:

напряжение – 245 кВ;

ток – 2000 А.

Б) Разъединитель 3х-полюсный горизонтально-поворотный с двумя заземляющими ножами (DBF4-245+2AE BF2) [6].

Разъединитель имеет следующие характеристики:

напряжение – 245 кВ;

ток – 2000 А.

1.2.5 Трансформатор тока (IOSK 245).

Трансформатор тока предназначен для измерения электрического тока. Трансформаторы тока должны понижать большие токи, протекающие в линиях электропередачи, до стандартного уровня (1А, 2А или 5А), который используется в устройствах измерения, контроля и защиты сети высокого напряжения [3]. Общий вид трансформатора тока приведен на рисунке 5.

Трансформатор тока имеет следующие характеристики:

номинальное напряжение – 220 кВ;

номинальный ток – 1000-1500/1 А;

наибольшее длительно допускаемое рабочее напряжение между фазами – 245 кВ;

испытательное напряжение 50/60 Гц, 1 мин. в сухом/мокроем состоянии – 460 кВ;

импульсное испытательное напряжение 1,2/50 мсек – 1050 кВ;

минимальная длина перекрытия – 2200 мм;

стандартная длина тока утечки – 6300 мм.



Рисунок 5 – Общий вид трансформатора тока

1.2.6 Автотрансформатор однофазный 3х-обмоточный (АОДЦТН-167000/500/220-75-91)

Автотрансформатор – это устройство для изменения напряжения переменного тока при сохранении его частоты, основанное на эффекте электромагнитной индукции, которое имеет одну общую обмотку на магнитопроводе и не менее трёх выводов от неё [8].

Автотрансформатор имеет следующие характеристики [7]:
номинальное мощность автотрансформатора – 167000 кВ*А;
номинальное мощность обмотки – 50000 кВ*А;
номинальное напряжение (ВН) – $500/\sqrt{3}$ кВ;
номинальное напряжение (СН) – $230/\sqrt{3}$ кВ;
номинальное напряжение (НН) – 10,5; 11, 0; 38,5 кВ;
класс напряжения обмотки высокого напряжения – 500 кВ;
класс напряжения обмотки среднего напряжения – 220 кВ.

1.2.7 Краткое описание оборудования

Всё оборудование, указанное выше установлено на первой ячейке ОРУ-220 или соединено с ним. На таблице ниже указано краткое описание этого оборудования.

Таблица 1 - Основное электротехническое оборудования первой ячейки

Наименование	Тип устройства	Характеристики
Трансформатор силовой двухобмоточный трехфазный	TNEPE-265000/242	265 МВА; 245/15,75 кВ
Трансформатор силовой двухобмоточный трехфазный	ТЦ-250000/220 ХП1	250 МВА; 242/15,75 кВ
Автотрансформатор однофазный 3х-обмоточный	АОДЦТН-167000/500/220-75-91	167/167/50 МВА
Выключатель элегазовый колонковый однополюсный	3AP1 FG-245	220 кВ, 2000 А, 20 кА, $T_{откл} = 0,06$ с
Трансформатор напряжения емкостной	СРВ 245	$\frac{220}{\sqrt{3}} / \frac{0,1}{\sqrt{3}} / \frac{0,1}{\sqrt{3}} / 0,1$ кВ
Разъединитель 3-х полюсный горизонтально-поворотный с одним заземляющим ножом	DBF2-245+AE BF2	245 кВ, 2000 А
Разъединитель 3-х полюсный горизонтально-поворотный с двумя заземляющими ножами	DBF4-245+AE BF2	245 кВ, 2000 А
Трансформатор тока	IOSK 245	220 кВ, 1000-1500/1 А

1.3 Структура существующей системы

Функциональная схема существующей системы автоматизации процесса диспетчерского управления проста и сводится к обмену данными входными и выходными.

На вход устройств подаются сигналы по управлению заземляющего ножа, разъединителя и выключателя. Команды управления для заземляющего ножа это - поднять или опустить, для разъединителя и выключателя - включить или выключить. Обратно приходит информация о том, поднялся или опустился

заземляющий нож и находяся ли в работе выключатель или разъединитель. Так же есть блокировки на включения, в качестве примера в таблице 2 приведены блокировки первой ячейки.

Таблица 2 – Блокировки ячейки №1

№ ячейки	Наименование первичного устройства	Блокировка разрешает операции, если отключены
Ячейка 220 кВ №1	ЗН-ТН-АТ	Р-ТН-АТ
	Р-ТН-АТ	ЗН-ТН-АТ
	ЗН2-Ш-АТ-220	Р2-АТ-220, Р-АТ-220
	ЗН1-В2-АТ-220	Р2-АТ-220, ШР2-АТ-220
	ШР2-АТ-220	ЗН2-В2-АТ-220, ЗН1-В2-АТ-220, В2-АТ-220, ЗН-АТ-220
	Р-АТ-220	ЗН2-Ш-АТ-220, В2-АТ-220, ЗН-АТ-220
	ЗН-АТ-220	Р-АТ-220
	Р2-АТ-220	ЗН2-Ш-АТ-220, ЗН2-В2-АТ-220, В2-АТ-220, ЗН1-В2-АТ
	ЗН2-В2-АТ-220	Р2-АТ-220, ШР2-АТ-220

1.4 Постановка задачи

1.4.1 Недостатки существующей системы

Основным недостатком существующей системы является неспособность управлять оборудованием из диспетчерской, так как её нет. Учитывая, что речь идет о ОРУ с большим приёмом и распределением электрической энергии, следует ожидать существенной экономии потребления электрической энергии при диспетчеризации.

Помимо снижения потерь энергии, внедрение диспетчеризации.

– своевременного предупреждения развития предаварийной ситуации на объекте;

– мгновенного оперативного реагирования на произошедшую аварию и точной локализации места и причины аварии, что позволяет минимизировать убытки от аварии;

– значительного повышения производительности труда сотрудников предприятия за счет создания высокого уровня комфорта и отличных условий работы.

1.4.2 Эффективность применения диспетчерского управления

Процесс управления оборудованием происходит следующим образом. С ШУП выдается разрешение на включение или выключение привода, после чего записывается положение оборудования в ШУП и SCADA систему. В зависимости от состояния системы диспетчер или продолжает наблюдение, или производит необходимые в сложившейся ситуации действия.

С SCADA системой производство становится эффективнее, так как всю информацию можно узнать в любом месте предприятия, где будут расположены компьютеры с специальным ПО. Процесс управления оборудованием показан на рисунке 6.

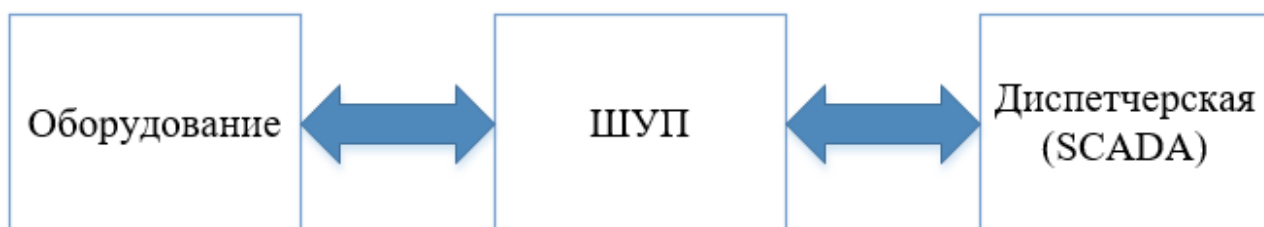


Рисунок 6 – Процесс управления оборудованием

1.4.3 Задачи модернизации системы управления

Задачами разработки являются:

- а) разработка структурной схемы автоматизации;
- б) описание коммутирующей аппаратуры, органов индикации и управления ШУП;
- в) выбор программируемого логического контроллера;
- г) разбор схемы электрических соединений;
- д) разработка программного обеспечения: прототипов программы для шкафов управления и SCADA-системы.

2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

Структурная схема – это схема, в которой определяются основные функциональные части системы автоматизации, их назначение и взаимосвязи.

Структурная схема автоматизации предназначена для определения состава системы контроля и управления объекта и установления связей между шкафами управления, оборудованием, операторскими рабочими постами. Структурная схема является основным проектным документом, в котором устанавливаются каналы операторского управления.

Структурная схема отражает используемый комплекс технических средств автоматизации, принцип взаимодействия технологического объекта с устройством управления и оперативным персоналом.

На рисунках 7, 8 показана структурная схема проектируемой системы диспетчерского управления.

На рисунках 7, 8 обозначены:

SCADA – программно-аппаратный комплекс сбора данных и диспетчерского контроля;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

ЗН – заземляющий нож;

ТН – трансформатор напряжения;

АТ – автотрансформатор;

Р – разъединитель;

В – выключатель;

ШР – шинный разъединитель.

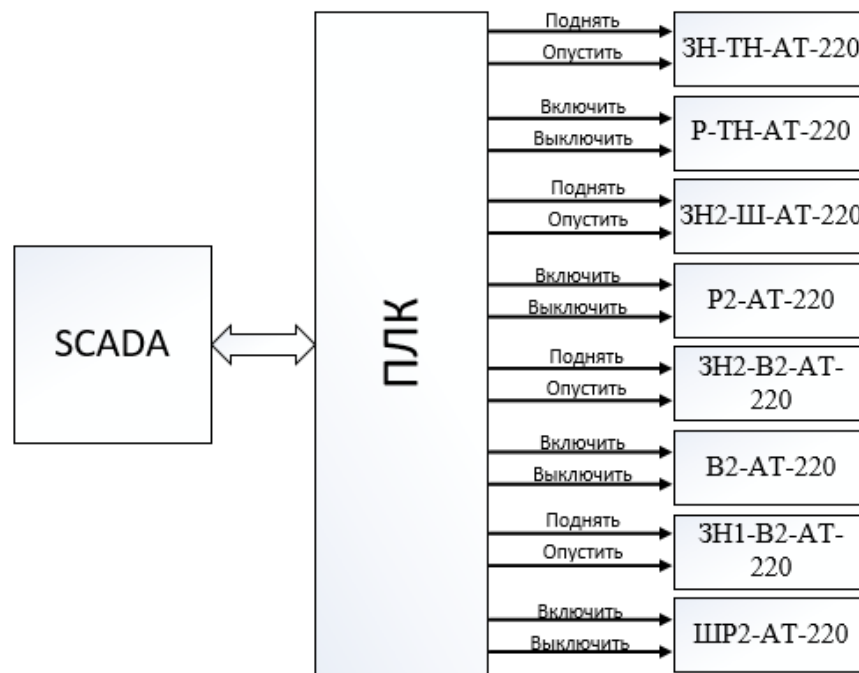


Рисунок 7 – Структурная схема автоматизации, выходы

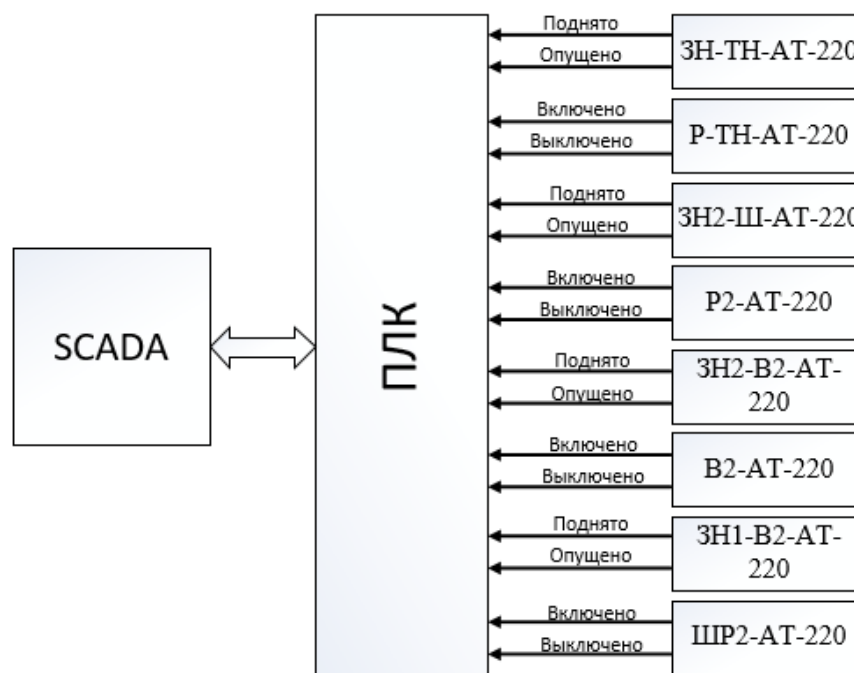


Рисунок 8 – Структурная схема автоматизации, входы

Система местного и дистанционного управления должна обеспечивать:

- переключение режима управления (ручной/дистанционный) оборудования;
- ручное управление оборудованием;
- дистанционное управление оборудованием;
- автоматическая проверка блокировок.

3 ВЫБОР ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

3.1 ШУП-1

Шкафы управления (ШУП) предназначены для управления приводами высоковольтных выключателей, разъединителей и заземляющих ножей, извещение о положениях коммутационных аппаратов, о авариях и измерения электрических параметров установки.

Применяются на электрических станциях и подстанциях в системах диспетчерского управления.

Внутри данного оборудования находятся измерительные преобразователи, реле электромагнитные, терминал защиты и автоматики, переключатель поворотный и иные управляющие устройства.

Выполняет функции:

- автоматизированное управление и проверку оборудования;
- выбор режима управления;
- защита электрооборудования и сети от скачков напряжения и токовых перегрузок;
- управление параметрами технических процессов;
- отображение актуальных и установленных параметров оборудования;
- аварийная сигнализация.

Основные технические данные шкафа управления и его оборудования.

Общие данные ШУП-1:

степень защиты – IP42;

номинальное напряжение оперативного тока – 220 В;

потребляемая мощность – не более 350 Вт.

Шкаф ШУП-1 оснащен следующими терминалами РЗАиУ и измерительными преобразователями.

- 1) Терминал защиты и автоматики Siemens серии Siprotec.

Для автоматического дистанционного управления процессом блокировок оборудования выберем современный программируемый контроллер SIPROTEC 4. Устройства используют цифровую измерительную технику. Полностью цифровая обработка сигналов дает высокую точность измерений. Технологии цифрового фильтра и динамическая стабилизация измеряемых величин дают самый высокий коэффициент безопасности в определении решений защиты. Благодаря встроенным подпрограммам самоконтроля сбои устройства быстро обнаруживаются и распознаются. Поэтому возможность выхода из строя защиты во время повреждения в сети практически полностью исключена [9].

Доступны следующие решения:

- функции защиты и управления в разных устройствах,
- устройства защиты, которые позволяют управлять выключателем фидера (часть линии электропередачи, по которой электричество передается в распределяющую энергосистему) через коммуникационный интерфейс.

Устройство подключено к центру управления верхнего уровня через системный интерфейс, расположенный на задней панели устройства. В зависимости от типа устройства и его дизайна доступны следующие протоколы:

- IEC 60870-5-103;
- PROFIBUS FMS;
- PROFIBUS DP;
- DNP3.0 Уровень 2;
- MODBUS ASCII/RTU;
- дистанционные средства диагностики, например, DIGSI 4, подключают через модем или соединитель типа звезда через сервисный интерфейс, расположен на задней панели устройства;
- интерфейс оператора, расположенный на передней панели устройства, используется для локального подключения ПК, на котором установлена DIGSI 4. По этому интерфейсу можно загружать уставки устройства, а также выполнять все операции, которые доступны в DIGSI 4.

6MD6641-5EB90-0FF0/GG Siprotec4 Siemens – это устройство управления присоединением высокого напряжения. Для работы доступен графический дисплей и клавиатура. Важные оперативные действия выполняются простым и интуитивным образом [9]. Панель управления Siemens серии Siprotec 4 приведена на рисунке 9.

Встроенные ключи управления позволяют менять режимы работы и ввод/вывод оперативной блокировки. Другой характерной особенностью устройства является высокая точность измерений ($\pm 0.5\%$) для напряжения, тока и рассчитываемых величин P и Q.

Контроллер имеет следующие характеристики:

количество дискретных входов (220 В) – 65;

количество дискретных выходов (220 В) – 45;

системный интерфейс – МЭК 61850 Ethernet.

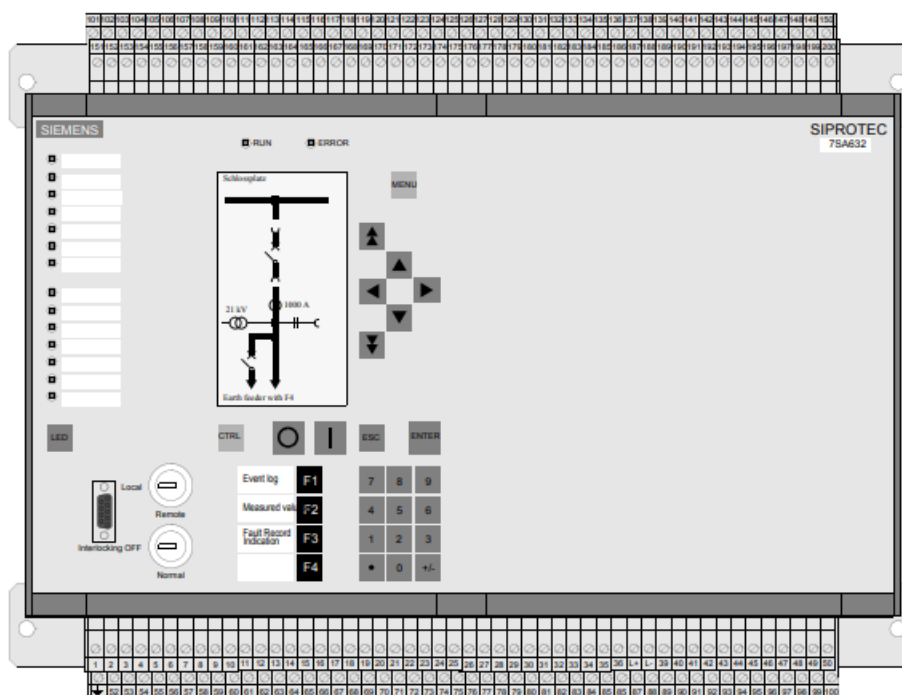


Рисунок 9 – Панель управления Siemens серии Siprotec 4

В зависимости от версии устройства SIPROTEC панель управления имеет следующие клавиши, рисунки 10, 11:









Клавиша	Функция/Значение
	Клавиша MENU (МЕНЮ) используется для открытия основного меню (1)
	Навигационная клавиша для перемещения по меню или дисплею управления (3)
	Навигационная клавиша для перемещения по меню или дисплею управления (3)
	Навигационная клавиша для перемещения по меню или дисплею управления (3)
	Навигационная клавиша для перемещения по меню или дисплею управления (3)
	Навигационная клавиша для перемещения по меню или дисплею управления (3)
	Навигационная клавиша для перемещения по меню или дисплею управления (3)
	Подтверждение ввода (4)

Рисунок 10 – Клавиши на панели управления устройства SIPROTEC








Клавиша	Функция/Значение
	Отмена ввода, возврат назад (4)
	Цифровые клавиши от 0 до 9, точка и знак для ввода положительных и отрицательных чисел (5)
	<p>Функциональные клавиши F1 - F4 (6)</p> <p>Функциональные клавиши позволяют быстро и легко выполнять часто повторяемые действия. Их можно легко запрограммировать.</p> <p>На передней панели рядом с клавишами располагаются шильдики, на которых могут быть обозначены функции, назначенные клавишам пользователем. Обычные приложения, например, переходы к специальным пунктам меню.</p> <p>3 клавиши предварительно запрограммированы на заводе и используются для отображения следующих списков:</p> <p>F1 Рабочие сообщения F2 Рабочие измеряемые величины F3 Аварийные сообщения последней записи о повреждении</p>
	Отображение дисплея управления (7)
	Тестирование светодиодов Сброс памяти светодиодов и дискретных выходов
	Клавиша ON (включить) для управления процессом (4)
	Клавиша OFF (выключить) для управления процессом (4)

Рисунок 11 – Клавиши на панели управления устройства SIPROTEC

Интеграция в систему управления происходит следующим образом. Устанавливается ПЛК, который будет обрабатываться в устройстве управления SICAM SC, отображаться в системе контроля и управления SICAM WinCC и поступать через интерфейс дистанционного управления на центр управления верхнего уровня. Интеграция полевых устройств в систему управления приведена на рисунке 12.

В случае команд, операции переключения можно запускать как с сетевого центра управления, так и с устройства управления и контроля системы управления подстанцией.

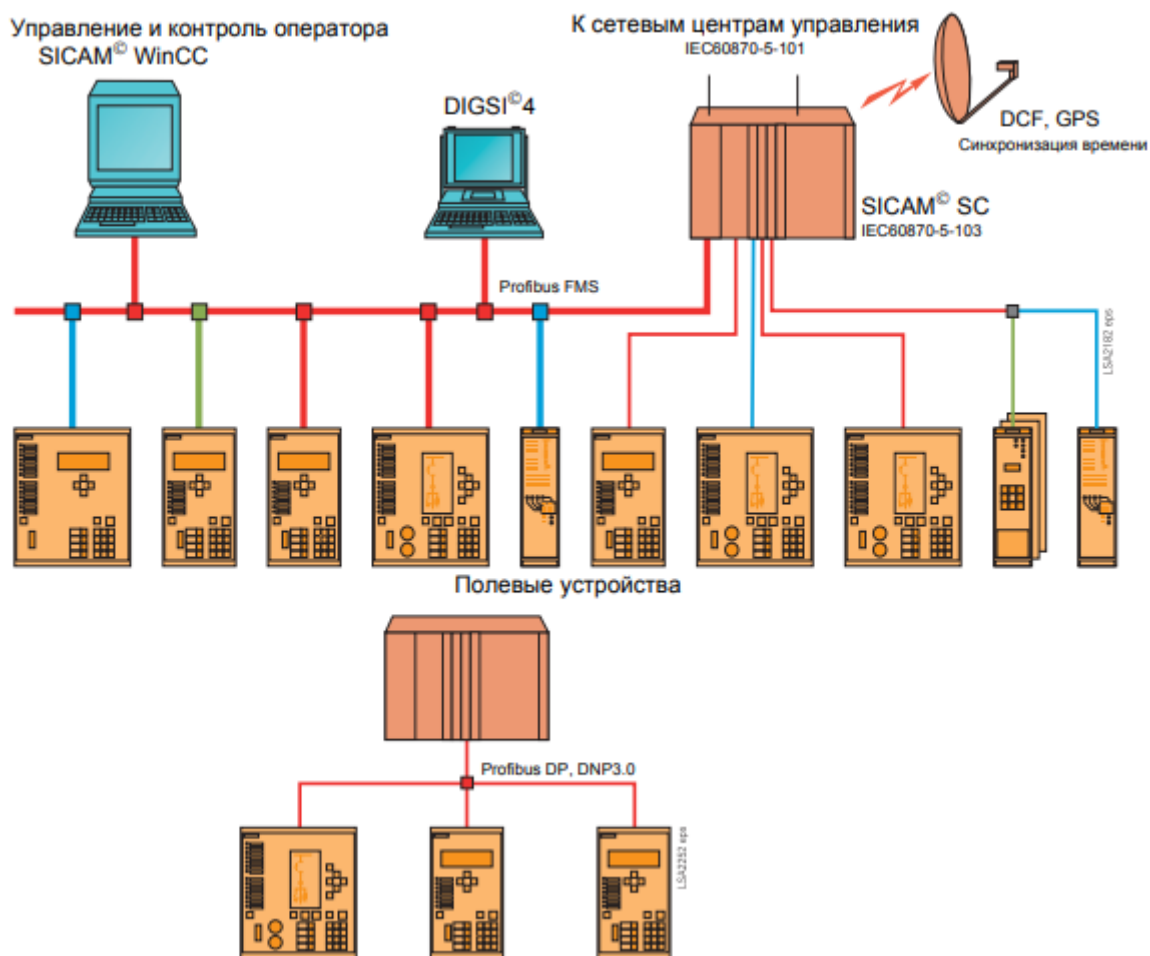


Рисунок 12 – Интеграция полевых устройств в систему управления

Устройство 6MD6641-5EB90-0FF0/GG Siprotec4 Siemens предлагает возможности просмотра состояния подстанции в реальном времени и вмешательства в управление:

- центрам управления;
- панели управления;
- интерфейсу пользователя DIGSI 4.

2) Измерительный преобразователь Siemens Simeas-P

Измерительный преобразователь Siemens Simeas-P модификаций 7KG7750-0AA01-0AA1/DD предназначен для измерения и регистрации основных параметров однофазных двухпроводных, трехфазных трёхпроводных и четырёхпроводных электрических цепей с номинальной частотой 50 Гц и 60 Гц [10]. Внешний вид измерителей электрических величин Simeas-P 7KG7750 приведен на рисунке 13.

Измерители Siemens Simeas-P модификации 7KG7750 являются щитовыми приборами с индикацией и выводом измерительной информации на панель устройства. Модификация 7KG7750 измерителя предназначена для монтажа на панели шкафов управления, снабжена графическим дисплеем с разрешением 128x64 пикселей.

Принцип действия приборов основан на одновременном измерении мгновенных значений токов и напряжений с частотой дискретизации 3,6 кГц в каждой из фаз сети. Измерения проводятся с помощью быстрого 12-разрядного аналого-цифрового преобразователя. Информация о мгновенных значениях величин поступает в микропроцессор, где вычисляются значения регистрируемых параметров. Запись выбранных для регистрации параметров производится в память прибора, информация из которой может быть выведена для дальнейшей обработки или хранения. Выбор регистрируемых параметров, режимов измерений и прочие настройки прибора могут проводиться как дистанционно с ПК, так и с помощью кнопок управления. Измеритель осуществляет прием или передачу данных по цифровому последовательному интерфейсу RS 485 со стандартными протоколами передачи данных Profibus DP или Modbus RTU.

Измеряемые параметры [10]:

- действующие значения фазных токов, их среднее значение по 3 фазам;
- действующие значения фазных и линейных напряжений, их среднее значение по 3 фазам;
- активная мощность, фазная и суммарная трехфазная, с указанием направления передачи (полученная и переданная);
- реактивная мощность, фазная и суммарная трехфазная (емкостная и индуктивная);
- полная мощность, фазная и суммарная трехфазная;
- частота;
- угол сдвига фаз;
- коэффициент мощности;

- суммарные гармонические искажения напряжения, пофазно;
- суммарные гармонические искажения тока, пофазно;
- асимметрия напряжения и тока;
- коэффициент нелинейных искажений напряжения и тока.

Измерительный преобразователь имеет следующие характеристики:

Номинальный входной ток, АС – 1 А;

Номинальное входное напряжение, АС – 100 В.



Рисунок 13 – Внешний вид измерителей электрических величин Siemeas-P
7KG7750

3.2 Приводы устройств, управляемые с помощью ШУП-1

Для приведения в движение направляющих аппаратов заземляющих ножей и разъединителей имеются приводы, управление которыми производится местным и дистанционным управлением, для каждого есть свой алгоритм выполнения включения и выключения.

Также в этих алгоритмах используются блокировки, которые выдает шкаф управления и сохраняет текущую информацию о положениях заземляющих ножей, разъединителей и выключателей в себя.

Работа приводов разъединителя и заземляющего ножа практически не различается, поэтому описание одного привода будет достаточно для понимания их работы.

Описание столбцов на схеме:

1) Первый столбец - это трехфазный двигатель привода, на его схеме показано два контакта (K1 и K2), автомат защиты ЭД (F1) и реле контроля (K3), отвечающее за блокировку работы привода при обрыве фазы и повышении или понижении напряжения.

2) Самоудерживание (самоподхват) нужно для того, чтобы не удерживать кнопку все время до конечного положения привода. Нажав и отпустив кнопку, происходит самоподхват с помощью контактов K1 и K2, и включение или выключение устройства, без удержания кнопки работником, так же есть блок контакт положения (S1), он нужен для того чтобы если устройство включено, нельзя было включить его повторно и в обратную сторону, если выключено нельзя выключить повторно.

3) Местное, это управление с помощью кнопок S4 и S5 расположенный на самом приводе.

4) Дистанционное, это управление с помощью кнопок S3 и S4 расположенных в ШДУ и ШУП.

5) Взаимоблокировка ручного обслуживания - это блокировка с заземляющего ножа или разъединителя, который находится рядом, то есть пока включен один, нельзя включать другой, происходит это с помощью контакта S1, в котором записано положение заземляющего ножа или разъединителя. Также в взаимоблокировке участвуют S3, Y1 и K5. Когда подается разрешение от взаимоблокировки и при нажатии кнопки (S3), срабатывает электромагнит (Y1), который поджимает шток и тем самым разрешает ручное управление. K5 нужен для получения разрешения от взаимоблокировки для того чтобы знать, что привод устройства рядом выключен.

6) Разрешение управления - это разрешение от ШУП, когда происходит деблокировка или, когда блокировки нет, подается разрешение на включение или отключение заземляющих ножей или разъединителей. Для деблокировки выбираем устройство, с которого необходимо снять блокировку, и после поворота ключа в ШУП, она снимается.

Выбор местного или дистанционного управления можно сделать как в шкафе блокировок, так и в шкафе управления, для этого нужно повернуть ключ в сторону того режима, который требуется.

Для управления приводом с кнопок нужно:

- выбрано дистанционное управление на приводе, с помощью ключа S7;
- включен автомат, отвечающий за защиту цепи (F5);
- замкнут контакт S2, который отвечает за разблокировку места для вставки ручки;
- подано разрешение от взаимоблокировки (K5), это - показывает, что оперативный ток присутствует;
- подано разрешение (K3), это - показывает, что цепочка двигателя привода нормально собрана;
- включен автомат, который питает тремя фазами двигатель (F1).

Для того чтобы знать, в каком положении находится привод или достиг ли он конечного положения, имеются реле K1 и K2: если сработало K1 то устройство включено, если K2, - то устройство выключено, а если ничего не поджато то привод сломался, так как не дошел ни до одного конечного положения.

С помощью линий, указанных числами на схемах, показана связь между шкафами управления и аппаратурой. По линиям, обозначенным цифрами 1601 (+) и 1602 (-), передается напряжение 220 В, с ШУП напряжение идет в шкаф блокировок, после чего попадает в ШДУ и на привод устройства. По линиям 1647 и 1649 производится включение и отключение разъединителя. По линии 1645 подается разрешение управление разъединителям.

Схемы управления приводами разъединителей и заземляющих ножей приведены на рисунках 14,15.

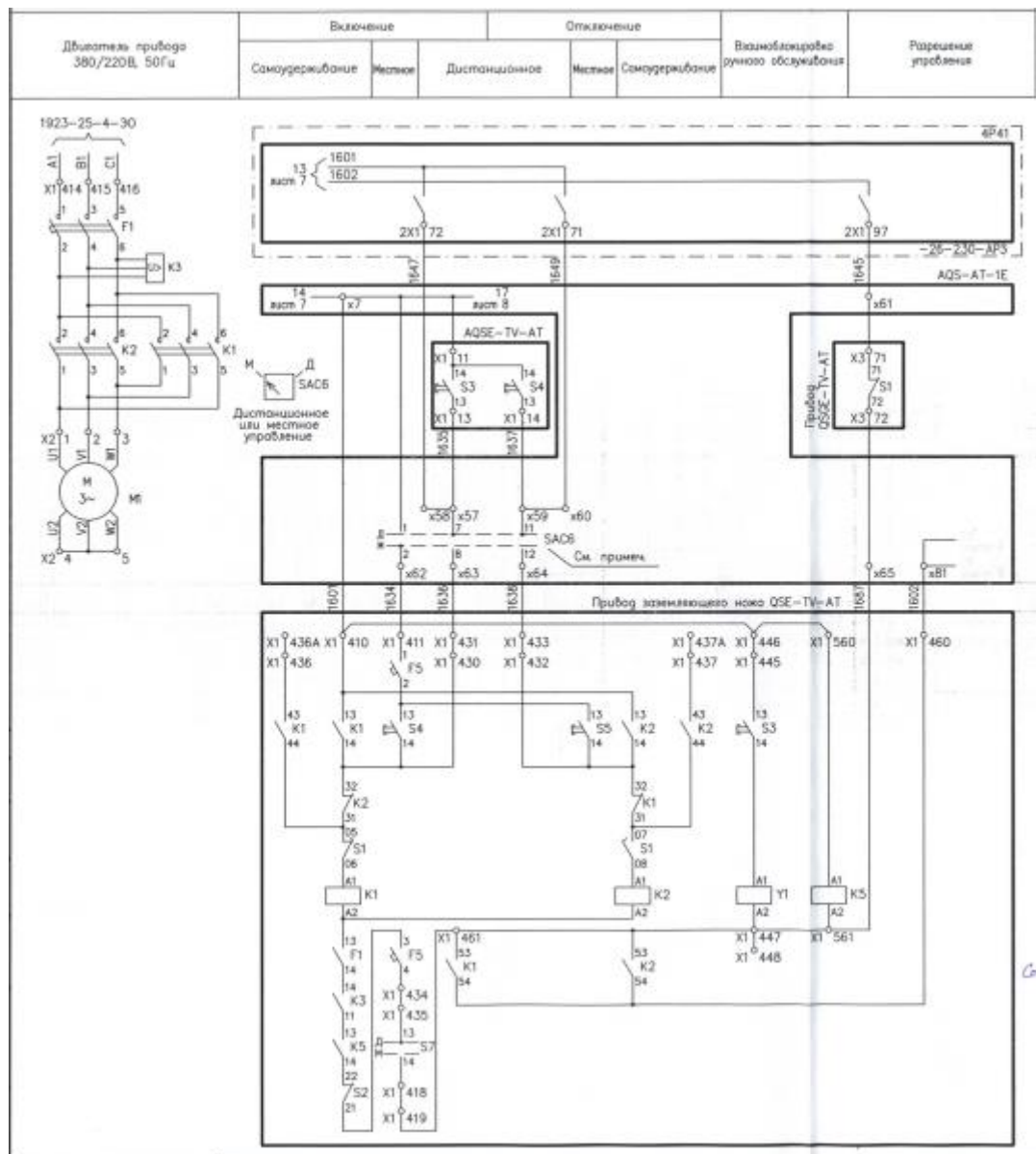


Рисунок 14 – Управление приводом разъединителя (QSE-TV-AT)

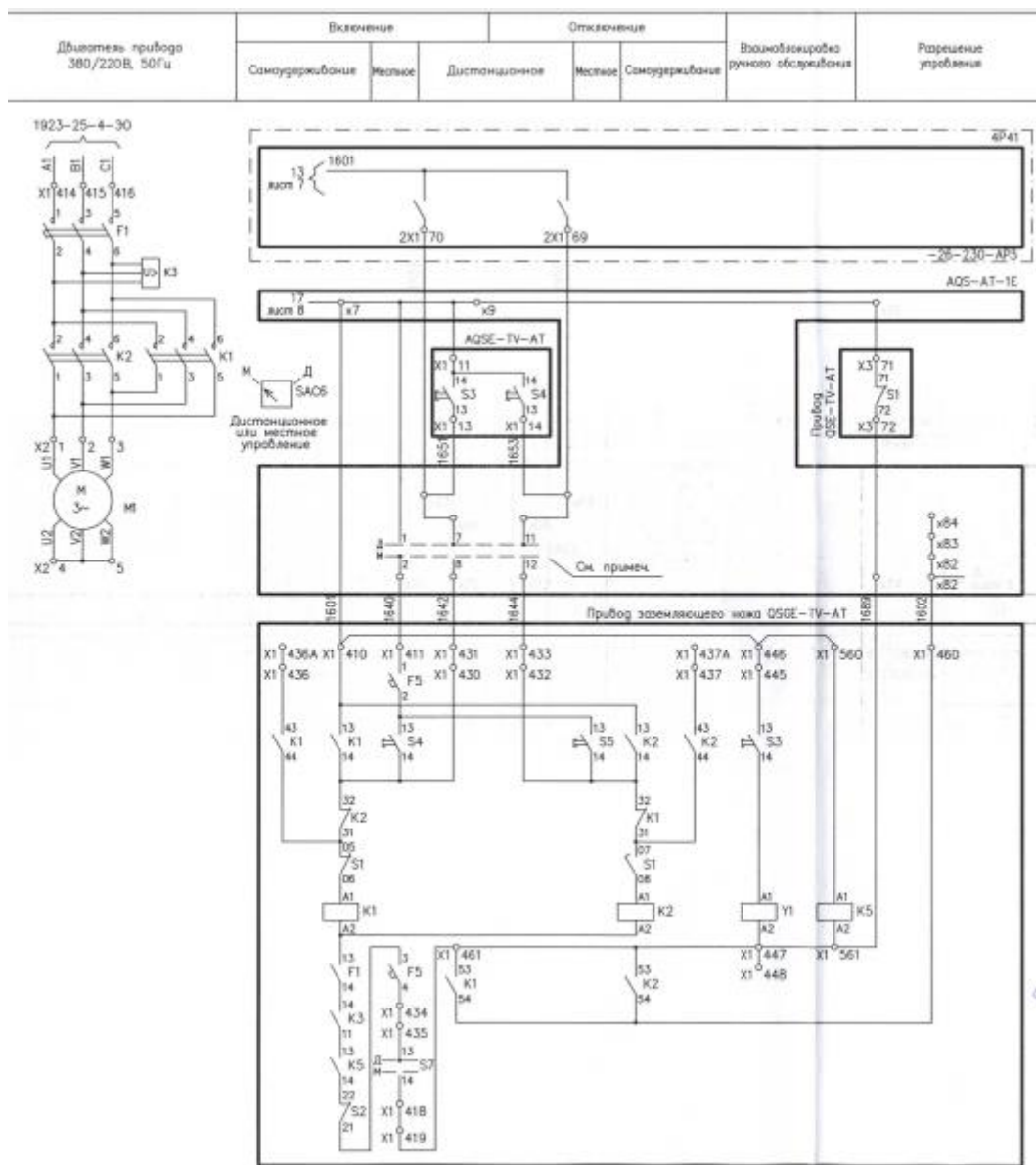


Рисунок 15 – Управление приводом заземляющих ножей (QSGE-TV-AT)

Также есть пружинный привод у выключателя, его включение и выключение основанно на работе механизмов, которые управляют пружинами включения и выключения, для включения нужно разжать пружину включения и сжать пружину выключения, после поставить защелку и тогда замыкается контакт на включения выключателя.

На рисунке 16 показан процесс выключения [12].

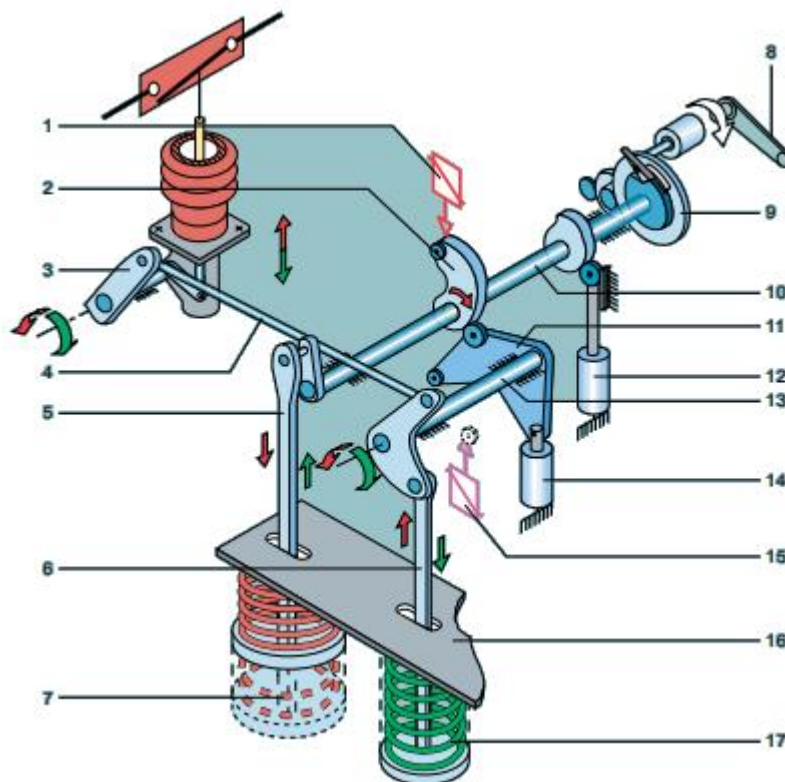


Рисунок 16 – Управление приводом выключателя

1 – соленоид включения; 2 – эксцентрик; 3 – поворотный механизм; 4 – приводная тяга; 5 – шатун пружин включения; 6 – шатун пружин выключения; 7 – пружина включения; 8 – рукоятка ручного взвода пружины включения; 9 – механизм взвода пружины отключения; 10 – вал взвода пружины; 11 – рычаг с роликами; 12 – амортизатор механической цепи включения; 13 – вал включения; 14 – амортизатор механической цепи отключения; 15 – соленоид отключения; 16 – корпус привода; 17 – пружина отключения.

3.3 Блоки управления

Переключатель поворотный (KRAUS&NAIMER CH10-A292-600-FT2) предназначен для ввода и вывода управления одного из устройства, используется в ШУП. Внешний вид поворотного переключателя CH10-A292-600-FT2 приведен на рисунке 17.

Переключатель поворотный с ключом (KRAUS&NAIMER CH10-A292-600-V750D/À-1B) предназначен для оперативной деблокировки оборудования. Внешний вид поворотного переключателя с ключом CH10-A292-600-V750D/À-1B приведен на рисунке 18.

Переключатель поворотный KRAUS&NAIMER имеет следующие характеристики [11]:

тип – CH10-A292-600-FT2;

номинальный тепловой ток – 20 А;

номинальная мощность – 7.5-5.5 кВт.



Рисунок 17 – Внешний вид поворотного переключателя CH10-A292-600-FT2

Переключатель поворотный с ключом KRAUS&NAIMER имеет следующие характеристики [11]:

тип – K&N.CH10-A292-600-V750D/À-1B;

номинальный тепловой ток – 20 А;

номинальная мощность – 7.5-5.5 кВт.

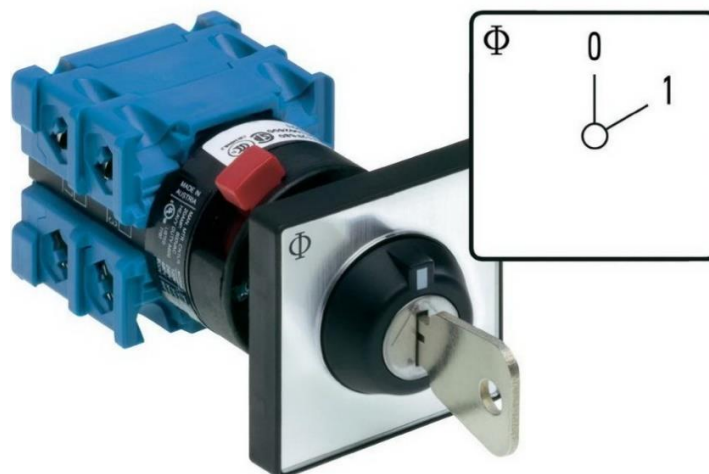


Рисунок 18 – Внешний вид поворотного переключателя с ключом CH10-A292-600-V750D/À-1B

3.4 Устройства коммутации и сигнализации

Для индикации достижения крайних положений, и сигнализации о аварии применим:

- лампы, зеленые, 220 V AC/DC МТВ2-BV633, рис. 19;
- лампы, красные, 220 V AC/DC МТВ2-BV634, рис. 19;
- лампы, желтые, 220 V AC/DC МТВ2-BV635, рис. 19;

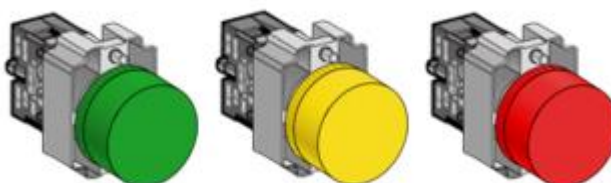


Рисунок 19 – Сигнальные лампы

4 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

4.1 Выбор средств разработки

Программирование 6ES7 664-1EX00-0AB0/Siprotec4 Siemens и разработка SCADA системы производится в среде Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) компании Siemens. TIA Portal – интегрированная среда разработки ПО систем автоматизации технологических процессов от уровня приводов и контроллеров до уровня человеко-машинного интерфейса на всех этапах работы с проектом:

- реализация проектов для устройств распределённого ввода-вывода и контроллеров;
- настраивание SCADA систем и человеко-машинного интерфейса;
- параметрирование сетевых элементов и устройств связи, отрегулировка программных алгоритмов управления, а также ввод в работу приводов.

В основе продукта TIA Portal стоит простота использования продукта (Usability). Новый пользовательский интерфейс призван работу пользователю с платформой легче, а его стандартизация упрощают работу с всевозможным оборудованием. Основной акцент сделан на наглядность, понятность и отсутствие многократно вложенных структур.

Тем не менее TIA Portal – коммерческий продукт, цена которого составляет от 100-900 евро (в зависимости от версии). Поэтому в ВКР будет представлен прототип ПО, созданный в бесплатных средах разработки CoDeSys компании Smart Software Solution (3S) и Trace Mode российской фирмы Adastrа. Для имитации контроллера будет использован программный эмулятор PLCWinNT, входящий в CoDeSys. Обмен между контроллером и SCADA системой будет осуществляться по протоколу OPC. Разработанное ПО в будущем может быть изменено в ПО для реальной системы управления.

4.2 Структура и назначение программного комплекса

В состав программного обеспечения входят:

- модель первой ячейки ОРУ-220;

- модель электрической схемы (управление приводами и блокировки);
- визуализации местного управления и панели ПЛК;
- программа управления всеми моделями и визуализациями;
- SCADA система.

Модели объектов управления, управляющая программа для ПЛК реализованы в виде разных частей программы для контроллера PLCWinNT с визуализацией лицевой панели шкафа управления приводами в CoDeSys. SCADA система представляет собой монитор диспетчера в реальном времени Trace Mode.

Программный комплекс позволяет опробовать все режимы управления:

- местное управление с помощью шкафа управления приводами;
- дистанционное управление с помощью SCADA системы;
- автоматическое регулирование с помощью панели ПЛК.

Местный режим управления предполагает функционирование ОРУ полностью под контролем оперативного персонала. Управление аппаратурой, включение и выключение выключателей и разъединителей, поднятие и опускание заземляющего ножа производятся, при помощи кнопок, так же там можно переключать режимы управление. Местный режим реализован в программе CODESYS V2.3. В программе разработана визуализация, на которой расположены кнопки управления аппаратурой и переключение режимов.

Дистанционный и автоматический режим будут похожи, так как управление будет удаленным. Единственное отличие состоит в том, что с авт. режиме будет выдаваться разрешение на управление в дистанционном режиме, чтобы не допустить вмешательства диспетчера в работу автомата и обратно.

Автоматический режим управления предполагает функционирование ОРУ без участия оперативного персонала. В этом режиме реализуются алгоритмы автоматического управления, расположенные в ПЛК. Автоматический режим реализован в программе CODESYS V2.3. В программе построена визуализация, на которой показан вид графической панели ПЛК первой ячейки. С неё можно видеть, что включено и выключено, и какое оборудование находится в поломке.

Также там же расположены кнопки включения и выключения ячейки, подача разрешения на переход в дистанционный режим и показывается в каком режиме находится система.

Дистанционный режим управления предполагает функционирование ОРУ с участием нескольких диспетчеров. В этом режиме реализуются алгоритмы диспетчерского управления, расположенные в компьютере диспетчера. Дистанционный режим реализован в программе TRACE MODE IDE 6. Программа CODESYS и TRACE MODE IDE 6 будут связаны с помощью протокола OPC и будут передавать друг другу данные о состоянии, блокировках, поломках, а также команды управления и информацию о режиме. В программе построена визуализация первой ячейки, на которой, как и на операторской панели показано, что включено и выключено, все поломки и блокировки.

Во всех режимах управления реализуется одна программа, разбитая на несколько стадий, для перехода в которые нужно выполнить некие действия.

4.3 Входные и выходные переменные

В таблицах 3 – 6 приведены перечни входных и выходных переменных программы управления, задействованных в обмене с аппаратурой и SCADA-системой.

Таблица 3 – Перечень входных дискретных сигналов

Наименование	Пояснение
1	2
Кнопки вкл., выкл.	
zn_tn_at_220_on_but (but, auto)	заземляющий нож-трансформатора напряжения-автотрансформатора включить (местная, автоматическая кнопка)
zn_tn_at_220_off_but (but, auto)	заземляющий нож-трансформатора напряжения-автотрансформатора выключить (местная, автоматическая кнопка)
r_tn_at_220_on_but (but, auto)	разъединитель-трансформатора напряжения-автотрансформатора включить (местная, автоматическая кнопка)
r_tn_at_220_off_but (but, auto)	разъединитель-трансформатора напряжения-автотрансформатора выключить (местная, автоматическая кнопка)

1	2
zn2_sh_at_220_on_but (but, auto)	заземляющий нож 2-шинный-автотрансформатора включить (местная, автоматическая кнопка)
zn2_sh_at_220_off_but (but, auto)	заземляющий нож 2-шинный-автотрансформатора выключить (местная, автоматическая кнопка)
r2_at_220_on_but (but, auto)	разъединитель 2-автотрансформатора включить (местная, автоматическая кнопка)
r2_at_220_off_but (but, auto)	разъединитель 2-автотрансформатора выключить (местная, автоматическая кнопка)
zn2_v2_at_220_on_but (but, auto)	заземляющий нож 2-выключатель 2-автотрансформатора включить (местная, автоматическая кнопка)
zn2_v2_at_220_off_but (but, auto)	заземляющий нож 2-выключатель 2-автотрансформатора выключить (местная, автоматическая кнопка)
v2_at_220_on_but (but, auto)	выключатель 2-автотрансформатора включить (местная, автоматическая кнопка)
v2_at_220_off_but (but, auto)	выключатель 2-автотрансформатора выключить (местная, автоматическая кнопка)
zn1_v2_at_220_on_but (but, auto)	заземляющий нож 1- выключатель 2-автотрансформатора включить (местная, автоматическая кнопка)
zn1_v2_at_220_off_but (but, auto)	заземляющий нож 1- выключатель 2-автотрансформатора выключить (местная, автоматическая кнопка)
shr2_v2_at_220_on_but (but, auto)	шинный разъединитель-выключатель 2-автотрансформатора включить (местная, автоматическая кнопка)
shr2_v2_at_220_off_but (but, auto)	шинный разъединитель-выключатель 2-автотрансформатора выключить (местная, автоматическая кнопка)
r_at_220_on_but (but, auto)	разъединитель-автотрансформатора включить (местная, автоматическая кнопка)
r_at_220_off_but (but, auto)	разъединитель-автотрансформатора выключить (местная, автоматическая кнопка)
zn_at_220_on_but (but, auto)	заземляющий нож-автотрансформатора включить (местная, автоматическая кнопка)
zn_at_220_off_but (but, auto)	заземляющий нож-автотрансформатора выключить (местная, автоматическая кнопка)

1	2
Режимы управления	
auto (0-10)	переход в автоматический режим (всего оборудования и каждого в отдельности)
mest (0-10)	переход в местный режим (всего оборудования и каждого в отдельности)
scada_prikaz	разрешение работы SCADA системы
scada_ypr	включение и выключение ячейки с помощью SCADA системы
Команды для вкл или выкл оборудования	
zn_tn_at_220_up	заземляющий нож-трансформатора напряжения-автотрансформатора, команда для поднятия заземляющего ножа
zn_tn_at_220_down	заземляющий нож-трансформатора напряжения-автотрансформатора, команда для опускания заземляющего ножа
r_tn_at_220_work	разъединитель-трансформатора напряжения-автотрансформатора, команда для включения разъединителя
r_tn_at_220_turn_out	разъединитель-трансформатора напряжения-автотрансформатора, команда для выключения разъединителя
zn2_sh_at_220_up	заземляющий нож 2-шинный-автотрансформатора, команда для поднятия заземляющего ножа
zn2_sh_at_220_down	заземляющий нож 2-шинный-автотрансформатора, команда для опускания заземляющего ножа
r2_at_220_work	разъединитель 2-автотрансформатора, команда для включения разъединителя
r2_at_220_turn_out	разъединитель 2-автотрансформатора, команда для выключения разъединителя
zn2_v2_at_220_up	заземляющий нож 2-выключатель 2-автотрансформатора, команда для поднятия заземляющего ножа
zn2_v2_at_220_down	заземляющий нож 2-выключатель 2-автотрансформатора, команда для опускания заземляющего ножа
v2_at_220_work	выключатель 2-автотрансформатора, команда для включения выключателя
v2_at_220_turn_out	выключатель 2-автотрансформатора, команда для выключения выключателя

zn1_v2_at_220_up	заземляющий нож 1- выключатель 2-автотрансформатора, команда для выключения разъединителя
------------------	---

Продолжение таблицы 3

1	2
zn1_v2_at_220_down	заземляющий нож 1- выключатель 2-автотрансформатора, команда для поднятия заземляющего ножа
shr2_v2_at_220_work	шинный разъединитель-выключатель 2-автотрансформатора, команда для включения разъединителя
shr2_v2_at_220_turn_out	шинный разъединитель-выключатель 2-автотрансформатора, команда для выключения разъединителя
r_at_220_work	разъединитель-автотрансформатора, команда для включения разъединителя
r_at_220_turn_out	разъединитель-автотрансформатора, команда для выключения разъединителя
zn_at_220_up	заземляющий нож-автотрансформатора, команда для выключения разъединителя
zn_at_220_down	заземляющий нож-автотрансформатора, команда для поднятия заземляющего ножа
Поломки оборудования	
zn_tn_at_220_polomka_rele (rele, first_cell)	заземляющий нож-трансформатора напряжения-автотрансформатора (электрическая и механическая поломка)
r_tn_at_220_polomka_rele (rele, first_cell)	разъединитель-трансформатора напряжения-автотрансформатора (электрическая и механическая поломка)
zn2_sh_at_220_polomka_rele (rele, first_cell)	заземляющий нож 2-шинный-автотрансформатора (электрическая и механическая поломка)
r2_at_220_polomka_rele (rele, first_cell)	разъединитель 2-автотрансформатора (электрическая и механическая поломка)
zn2_v2_at_220_polomka_rele (rele, first_cell)	заземляющий нож 2-выключатель 2-автотрансформатора (электрическая и механическая поломка)
v2_at_220_polomka_rele (rele, first_cell)	выключатель 2-автотрансформатора (электрическая и механическая поломка)
zn1_v2_at_220_polomka_rele (rele, first_cell)	заземляющий нож 1- выключатель 2-автотрансформатора (электрическая и механическая поломка)

shr2_v2_at_220_polomka_rele (rele, first_cell)	шинный разъединитель-выключатель 2-автотрансформатора (электрическая и механическая поломка)
--	--

Продолжение таблицы 3

1	2
r_at_220_polomka_rele (rele, first_cell)	разъединитель-автотрансформатора (электрическая и механическая поломка)
zn_at_220_polomka_rele (rele, first_cell)	заземляющий нож-автотрансформатора (электрическая и механическая поломка)
Автоматический режим	
auto_on	включение программы автоматического режима
auto_off	выключение программы автоматического режима

Таблица 4 – Перечень выходных дискретных сигналов

Наименование	Пояснение
1	2
Выходные значения First_cell	
zn_tn_at_220_worked_down	заземляющий нож-трансформатора напряжения-автотрансформатора опущен
zn_tn_at_220_worked_up	заземляющий нож-трансформатора напряжения-автотрансформатора поднят
r_tn_at_220_worked	разъединитель-трансформатора напряжения-автотрансформатора включен
r_tn_at_220_turned_out	разъединитель-трансформатора напряжения-автотрансформатора выключен
zn2_sh_at_220_worked_down	заземляющий нож 2-шинный-автотрансформатора опущен
zn2_sh_at_220_worked_up	заземляющий нож 2-шинный-автотрансформатора поднят
r2_at_220_worked	разъединитель 2-автотрансформатора включен
r2_at_220_turned_out	разъединитель 2-автотрансформатора выключен
zn2_v2_at_220_worked_down	заземляющий нож 2-выключатель 2-автотрансформатора опущен
zn2_v2_at_220_worked_up	заземляющий нож 2-выключатель 2-автотрансформатора поднят
v2_at_220_worked	выключатель 2-автотрансформатора включен
shr2_v2_at_220_worked	шинный разъединитель-выключатель 2-автотрансформатора включен
shr2_v2_at_220_turned_out	шинный разъединитель-выключатель 2-автотрансформатора выключен
r_at_220_worked	разъединитель-автотрансформатора включен

r_at_220_turned_out	разъединитель-автотрансформатора выключен
zn_at_220_worked_down	заземляющий нож-автотрансформатора поднят
zn_at_220_worked_up	заземляющий нож-автотрансформатора опущен

Продолжение таблицы 4

1	2
Выходное значение Miganie	
miganie_plk (Indicat (1-10))	Выходное значение подпрограммы Miganie
Блокировки и поломки для SCADA системы	
zn_tn_at_220_blokirovka_scada (blokirovka, polomka)	заземляющий нож-трансформатора напряжения-автотрансформатора (блокировки и поломки для SCADA системы)
r_tn_at_220_blokirovka_scada (blokirovka, polomka)	разъединитель-трансформатора напряжения-автотрансформатора (блокировки и поломки для SCADA системы)
zn2_sh_at_220_blokirovka_scada (blokirovka, polomka)	заземляющий нож 2-шинный-автотрансформатора (блокировки и поломки для SCADA системы)
r2_at_220_blokirovka_scada (blokirovka, polomka)	разъединитель 2-автотрансформатора (блокировки и поломки для SCADA системы)
zn2_v2_at_220_blokirovka_scada (blokirovka, polomka)	заземляющий нож 2-выключатель 2-автотрансформатора (блокировки и поломки для SCADA системы)
v2_at_220_polomka_scada (polomka)	выключатель 2-автотрансформатора (поломки для SCADA системы)
zn1_v2_at_220_blokirovka_scada (blokirovka, polomka)	заземляющий нож 1- выключатель 2-автотрансформатора (блокировки и поломки для SCADA системы)
shr2_v2_at_220_blokirovka_scada (blokirovka, polomka)	шинный разъединитель-выключатель 2-автотрансформатора (блокировки и поломки для SCADA системы)
r_at_220_blokirovka_scada (blokirovka, polomka)	разъединитель-автотрансформатора (блокировки и поломки для SCADA системы)
zn_at_220_blokirovka_scada (blokirovka, polomka)	заземляющий нож-автотрансформатора (блокировки и поломки для SCADA системы)
shina_at_otkl_scada	отключение напряжения на шине при поломке шинного разъединителя
shina_2c_otkl_scada	отключение напряжения на шине при поломке разъединителей

Таблица 5 – Перечень входных дискретных сигналов, принимаемых по интерфейсу

Наименование	Пояснение
1	2
Блокировки и поломки для SCADA системы	
zn_tn_at_220_blokirovka_scada (blokirovka, polomka)	заземляющий нож-трансформатора напряжения-автотрансформатора (блокировки и поломки для SCADA системы)
r_tn_at_220_blokirovka_scada (blokirovka, polomka)	разъединитель-трансформатора напряжения-автотрансформатора (блокировки и поломки для SCADA системы)
zn2_sh_at_220_blokirovka_scada (blokirovka, polomka)	заземляющий нож 2-шинный-автотрансформатора (блокировки и поломки для SCADA системы)
r2_at_220_blokirovka_scada (blokirovka, polomka)	разъединитель 2-автотрансформатора (блокировки и поломки для SCADA системы)
zn2_v2_at_220_blokirovka_scada (blokirovka, polomka)	заземляющий нож 2-выключатель 2-автотрансформатора (блокировки и поломки для SCADA системы)
v2_at_220_polomka_scada (polomka)	выключатель 2-автотрансформатора (поломки для SCADA системы)
zn1_v2_at_220_blokirovka_scada (blokirovka, polomka)	заземляющий нож 1- выключатель 2-автотрансформатора (блокировки и поломки для SCADA системы)
shr2_v2_at_220_blokirovka_scada (blokirovka, polomka)	шинный разъединитель-выключатель 2-автотрансформатора (блокировки и поломки для SCADA системы)
r_at_220_blokirovka_scada (blokirovka, polomka)	разъединитель-автотрансформатора (блокировки и поломки для SCADA системы)
zn_at_220_blokirovka_scada (blokirovka, polomka)	заземляющий нож-автотрансформатора (блокировки и поломки для SCADA системы)
shina_at_otkl_scada	отключение напряжения на шине при поломке шинного разъединителя
shina_2c_otkl_scada	отключение напряжения на шине при поломке разъединителей
Выходные значения First_cell	

zn_tn_at_220_worked_down	заземляющий нож-трансформатора напряжения-автотрансформатора опущен
zn_tn_at_220_worked_up	заземляющий нож-трансформатора напряжения-автотрансформатора поднят
r_tn_at_220_worked	разъединитель-трансформатора напряжения-автотрансформатора включен

Продолжение таблицы 5

1	2
r_tn_at_220_turned_out	разъединитель-трансформатора напряжения-автотрансформатора выключен
zn2_sh_at_220_worked_down	заземляющий нож 2-шинный-автотрансформатора опущен
zn2_sh_at_220_worked_up	заземляющий нож 2-шинный-автотрансформатора поднят
r2_at_220_worked	разъединитель 2-автотрансформатора включен
r2_at_220_turned_out	разъединитель 2-автотрансформатора выключен
zn2_v2_at_220_worked_down	заземляющий нож 2-выключатель 2-автотрансформатора опущен
zn2_v2_at_220_worked_up	заземляющий нож 2-выключатель 2-автотрансформатора поднят
v2_at_220_worked	выключатель 2-автотрансформатора включен
v2_at_220_turned_out	выключатель 2-автотрансформатора выключен
zn1_v2_at_220_worked_down	заземляющий нож 1- выключатель 2-автотрансформатора опущен
zn1_v2_at_220_worked_up	заземляющий нож 1- выключатель 2-автотрансформатора поднят
shr2_v2_at_220_worked	шинный разъединитель-выключатель 2-автотрансформатора включен
shr2_v2_at_220_turned_out	шинный разъединитель-выключатель 2-автотрансформатора выключен
r_at_220_worked	разъединитель-автотрансформатора включен
r_at_220_turned_out	разъединитель-автотрансформатора выключен
zn_at_220_worked_down	заземляющий нож-автотрансформатора поднят
zn_at_220_worked_up	заземляющий нож-автотрансформатора опущен
Режимы управления	

auto	переход в автоматический режим (всего оборудования и каждого в отдельности)
mest	переход в местный режим (всего оборудования и каждого в отдельности)
scada_prikaz	разрешение работы SCADA системы

Таблица 6 – Перечень выходных дискретных сигналов, передаваемых по интерфейсу

Наименование	Пояснение
scada_ypr	Управление с помощью SCADA системы

Все переменные объявленные в таблицах, имеют тип BOOL. Переменных типа REAL в работе нет.

4.4 Программная модель технологического процесса и щита управления

Программная модель содержит:

- 1) функциональный блок, имитирующий первую ячейку (First_cell);
- 2) функциональные блоки, имитирующие работу заземляющих ножей и разъединителей с выключателем (Raz, Zn, Vkl);
- 3) программа software, управляющая функциональными блоками и обслуживающая экран визуализации щита управления.

Функциональный блок First_cell составлен на языке CFC (рисунок 20). Входными сигналами являются сигналы из электрической схемы (Rele) и поломки, которые имитируются кнопками. Выходной сигнал – значение состояние оборудование. Динамика объекта описывается таймером. Включение каждого прибора производится в течение 2-5 сек. Код функционального блока представлен в Приложении А.

Функциональный блок Raz написан на языке ST. Он представляет тип разъединителей, которые задействуются в First_cell. На его входы подаются сигналы на включение и выключение разъединителя и возможная их поломка. Блок формирует сигналы о положении и состоянии (включен/выключен)

аппарата. Время полного хода равно 2 сек. Код функционального блока представлен в Приложении Б.

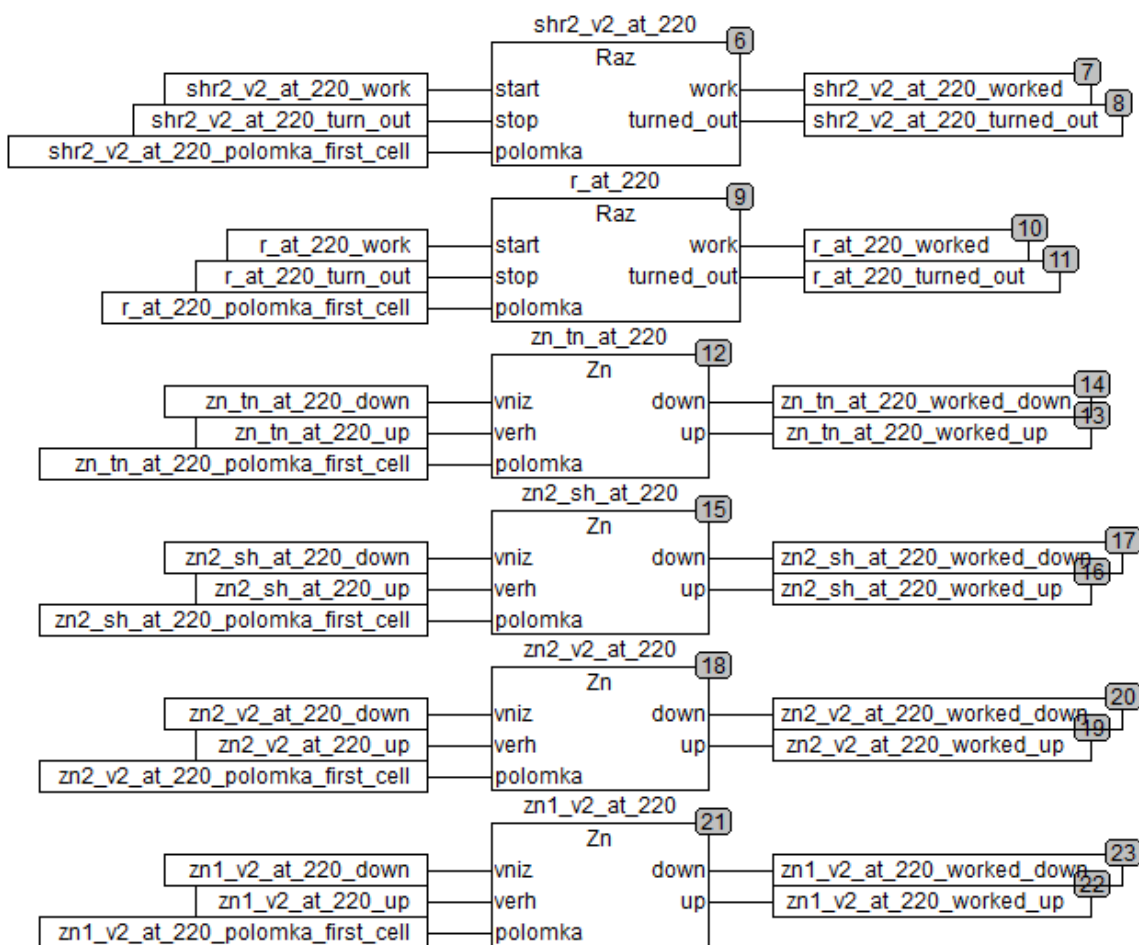


Рисунок 20 – Функциональный блок First_cell

Функциональный блок Zn написан на языке ST. Он представляет тип заземляющих ножей, которые задействуются в First_cell. На его входы подаются сигналы на опускание и поднятие заземляющего ножа и возможная их поломка. Блок формирует сигналы о положении и состоянии (опущен/поднят) аппарата. Время полного хода равно 2 сек. Код функционального блока представлен в Приложении В.

Функциональный блок Vkl написан на языке ST. Он представляет тип выключателей, которые задействуются в First_cell. На его входы подаются сигналы на включение и выключение выключателя и возможная их поломка. Блок формирует сигналы о положении и состоянии (включен/выключен) аппарата. Время полного хода равно 2 сек. Функциональный блок представлен в Приложении Г.

Функциональный блок Miganie написан на языке ST. Он обеспечивает видимость включения или выключения оборудования на визуализации ПЛК, когда происходит включение или выключение какого-либо аппарата, при этом лампа будет мигать, пока аппарат находится в стадии перехода в другую стадию. На его входы подаются сигналы о включении и выключении аппаратуры. Блок формирует сигнал о состоянии (переход в другой режим) аппарата. Время полного хода равно 2 сек. Функциональный блок представлен в Приложении Ж.

В функциональных блоках (Raz, Zn, Vkl) есть 4 стадии управления, первая и последняя стадия отвечают за окончательное включение и отключение оборудования, остальные являются переходными из одной стадии в другую, в них происходит включение или отключение с использованием таймера.

Программа Rele написан на языке LD. Она воспроизводит электрическую схему и схему блокировок. Выходы программы передаются которой передаются в First_cell для дальнейшего процесса включения или выключения аппаратуры. Программа реализована в CODESYS.

Программа software оперирует:

- битовыми переменным, фиксирующие состояние кнопок, сигнальных ламп, реле и переключателей щита управления;
- частями функциональных блоков Raz, Vkl, Zn (поломки);
- переменными из программы Rele.

Программа Panel, представляет собой модель переключателя управления. Здесь происходит смена цвета ручки по направлению режима управления, который выбирается.

Так же имеется программа Yp_viz, которая побитно (для каждого аппарата) записывает переменные во входы в функциональный блок Miganie, для дальнейшей его работы. Программа представлена в Приложении И.

Все выше перечисленные переменные объявлены как локальные и относятся к модели ячейки и оборудования управления. Кроме того, программа software обрабатывает и глобальные переменные, описывающие входы и выходы контроллера. Задачей программы является формирование поведения объекта

управления и действий с визуальной имитацией панели ПЛК, шкафа управления приводами и SCADA системы.

Экран визуализации, имитирующий местное управление так же может быть имитацией шкафа дистанционного управления, так как между ними нет разницы, все управляется с помощью кнопок. Экран визуализации, имитирующий местное управление приведен на рисунке 21.

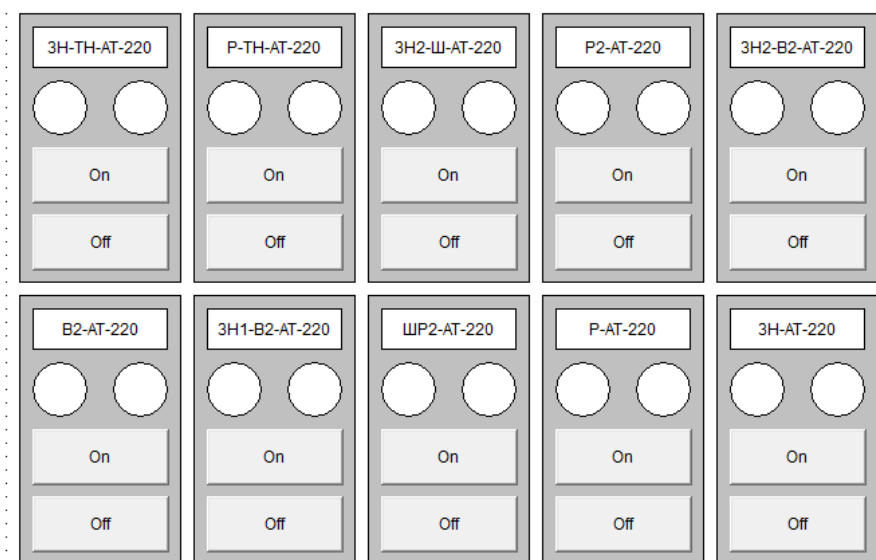


Рисунок 21 – Экран визуализации, имитирующий местное управление

Экран визуализации, имитирующий шкаф блокировок, взят из схемы управления приводами, на нем происходит смена режима управления для каждого аппарата в отдельности. Экран визуализации, имитирующий шкаф блокировок приведен на рисунке 22.

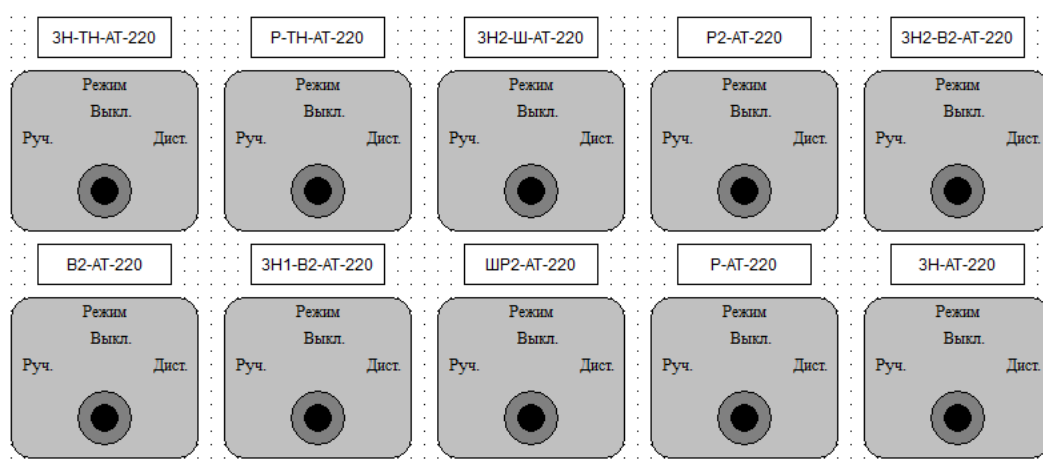


Рисунок 22 – Экран визуализации, имитирующий шкаф блокировок

Экран визуализации, имитирующий работу ПЛК, был взят из схем 6MD6641-5EB90-0FF0/GG Siprotec4 Siemens и выполнен с помощью инструментов CODESYS, поэтому не совсем точно соответствует целевому решению. Экран визуализации, имитирующий работу ПЛК приведен на рисунке 23.

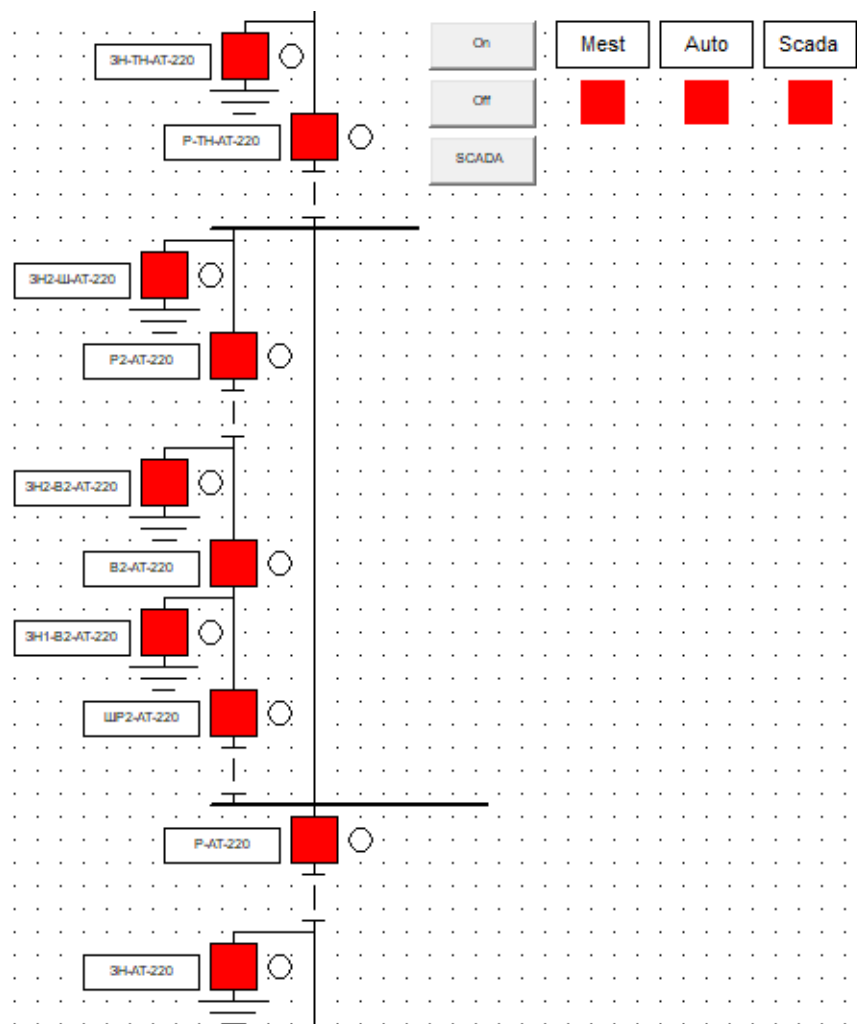


Рисунок 23 – Экран визуализации, имитирующий работу ПЛК

Экран визуализации, на котором показаны кнопки электрических и механических поломок, которые останавливают работу оборудования. Экран имитаций поломок приведен на рисунке 24.

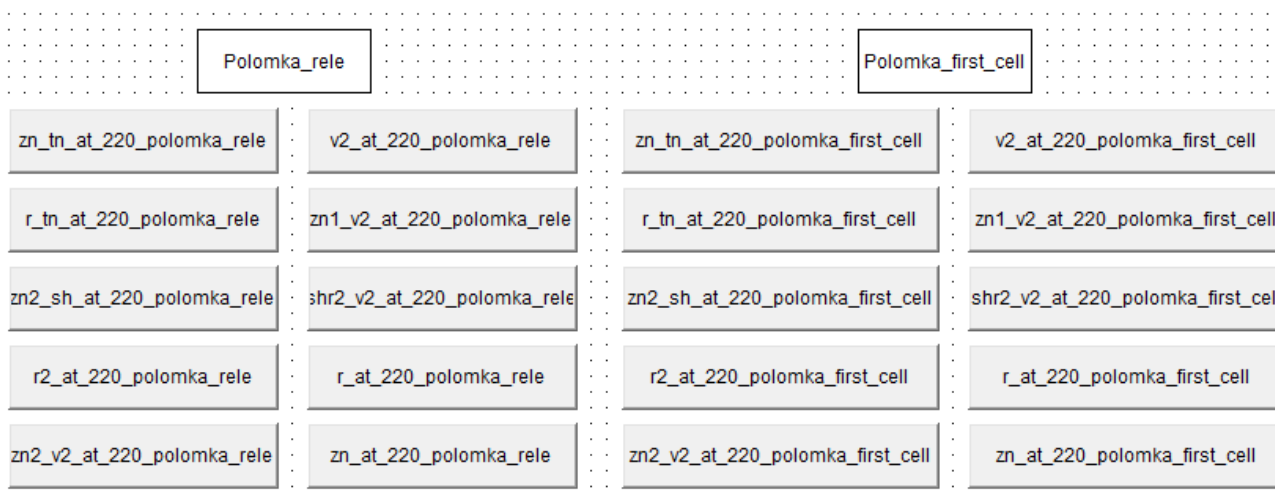


Рисунок 24 – Экран имитаций поломок

4.5 Программа управления

Программа управления представлена следующими компонентами проекта CoDeSys:

- функциональные блоки Zn, Vkl, Raz, предназначенные для управления разъединителем, выключателем и заземляющим ножом;
- функциональный блок First_cell, реализующая управление первой ячейки с помощью других функциональных блоков;
- программа PLC_PRG, являющаяся «точкой входа», из которой вызываются программы software, First_cell, Rele, panel, Yp_viz и создаются общие поломки, блокировки и отключения напряжениях на шинах;
- программа panel, реализующая модель переключателя режимов управления;
- программа Yp_viz, реализующая визуализацию переходного режима оборудования в виде мигания.

4.6 SCADA-система

4.6.1 Информационный обмен

Для обмена данными между SCADA системой и ПЛК могут быть задействованы различные интерфейсы, в том числе Ethernet. В данной работе используется протокол OPC, так как программный симулятор позволяет это. Главная цель OPC протокола заключается в определении механизма доступа к данным с любого устройства из приложений. В настройках проекта CoDeSys

программы ПЛК нужные нам глобальные переменные, предназначенные для обмена со SCADA-системой, были выбраны для обмена и стали таким образом тегами OPC сервера CoDeSys.

Разработка SCADA системы начинается с раздела «Источники/приемники», там нужно сконфигурировать две группы тегов: Read и Write, предназначенные для чтения переменных из ПЛК и запись их в него же. Перечни каналов показаны на рис. 25, 26. Перечни переменных полностью соответствуют таблицам 5, 6.

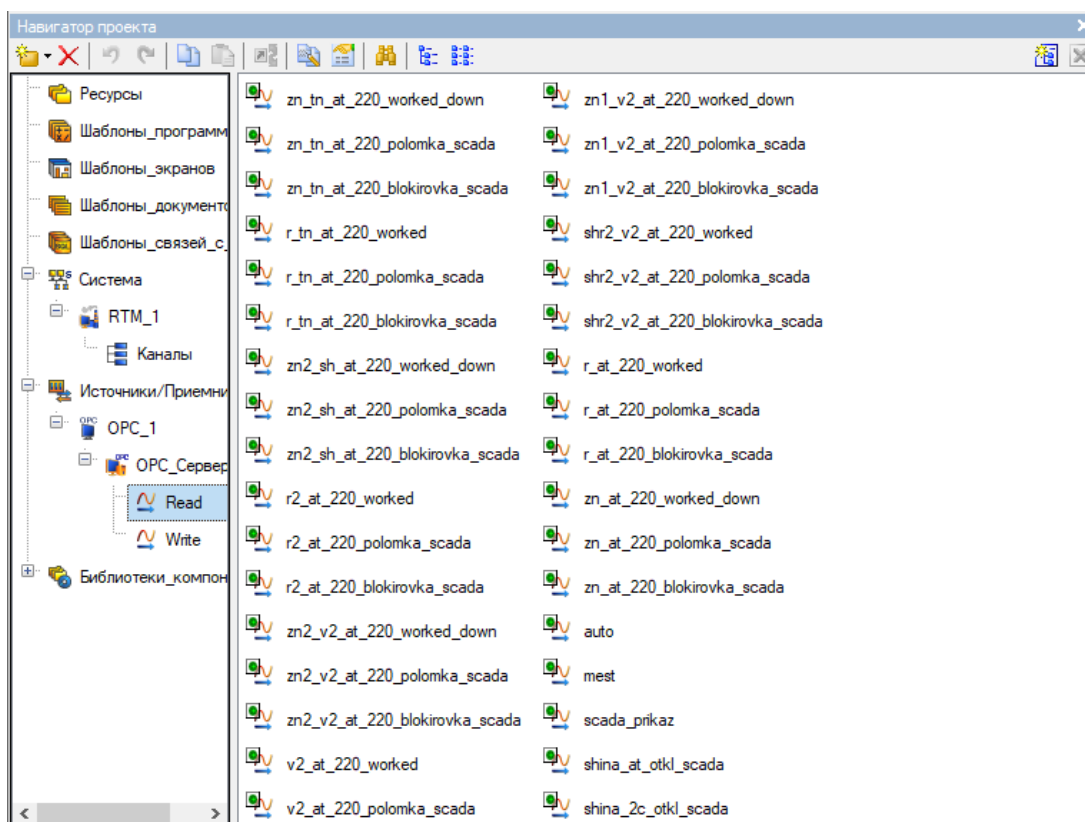


Рисунок 25 – Каналы OPC_Read

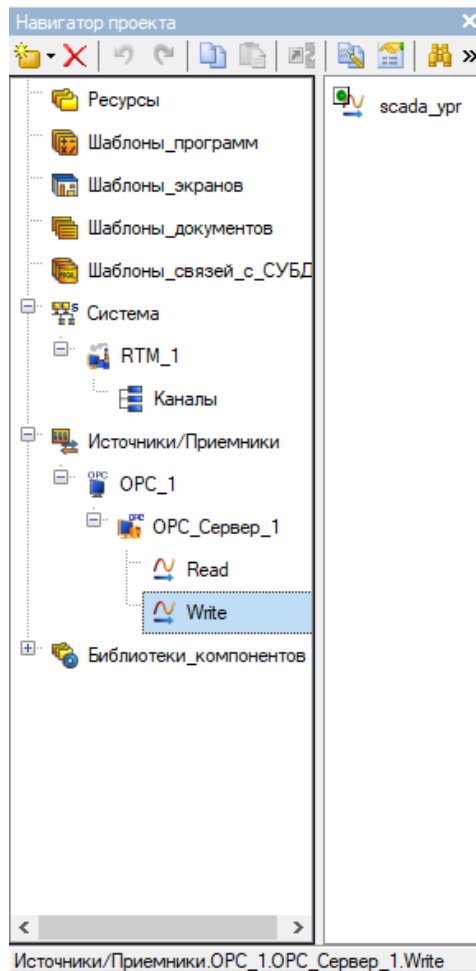


Рисунок 26 – Канал OPC_Write

Каждая дискретная переменная настраивается в TRACE MODE перед тем как привязывать её к объекту. Экран настройки переменных перед привязкой приведен на рисунке 27.

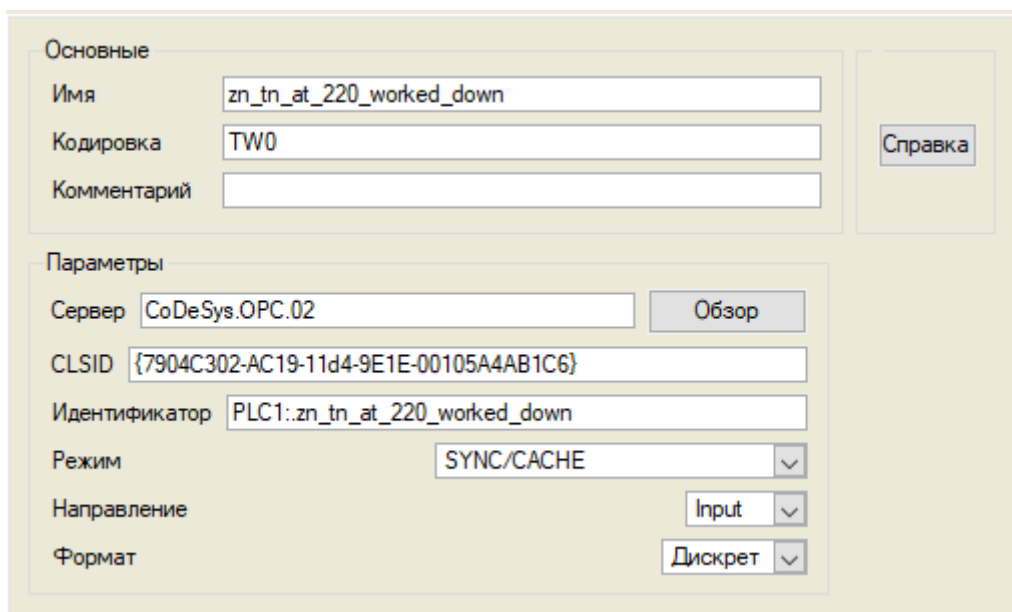


Рисунок 27 – Экран настройки переменных перед привязкой

4.6.2 Экран визуализации

Экран визуализации в TRACE MODE показан на рисунке 28, 29. Функциональность экрана повторяет функциональность SCADA системы. Дополнительные функции:

- представление блокировок (что можно включить, а что нельзя, пока рядом работает аппарат блокирующий его);
- показ поломок оборудования, для каждого отдельно;
- информация о режимах управления (в данный момент управляет);
- информация о параметрах ячейки;
- информация о состоянии аппаратов в ячейке (включен или выключен аппарат в ячейке).

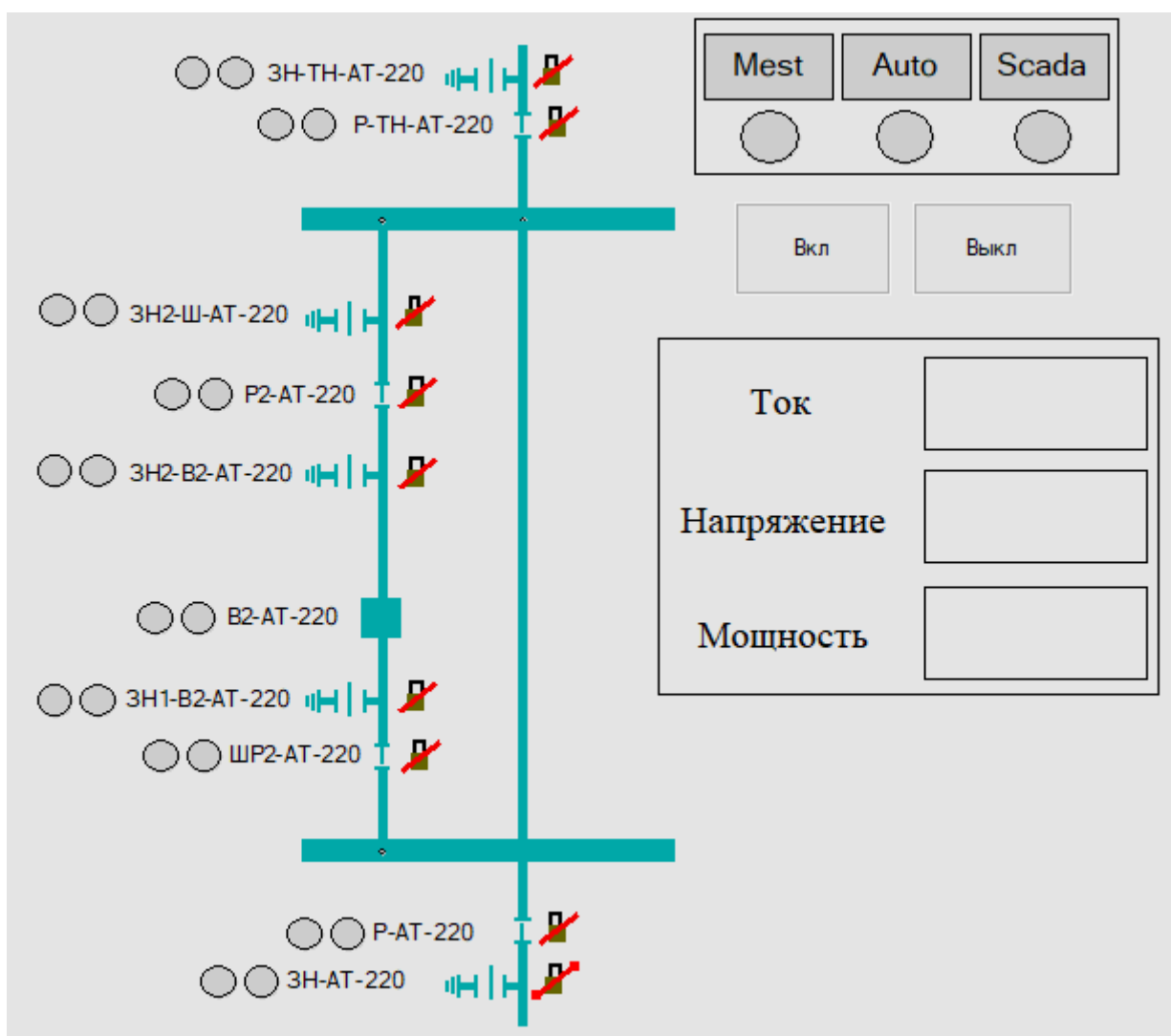


Рисунок 28 – Экран монитора реального времени Trace Mode

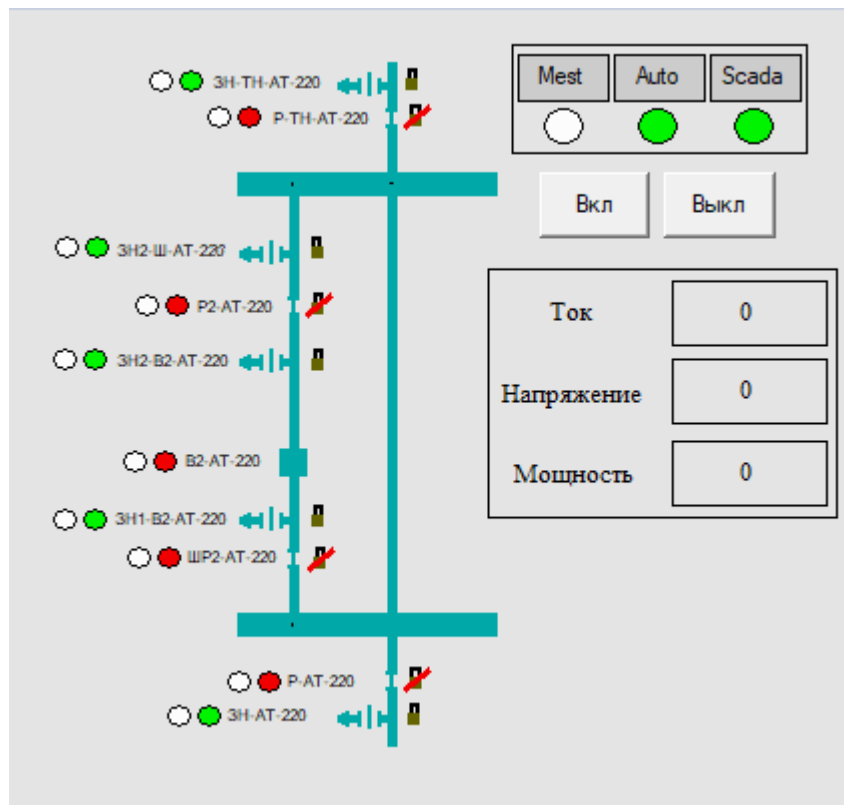


Рисунок 29 – Экран монитора реального времени (в состоянии проверки оборудования) Trace Mode

Настройка привязок экрана показана на рисунках 30, 31.

Имя	Тип	Тип данных	Привязка
zn_tn_at_220_worked_down_VALUE	↓ IN	BOOL	zn_tn_at_220_worked_down:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
zn_tn_at_220_polomka_scada_VALUE	↓ IN	BOOL	zn_tn_at_220_polomka_scada:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
zn_tn_at_220_blokirovka_scada_VALUE	↓ IN	BOOL	zn_tn_at_220_blokirovka_scada:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
r_tn_at_220_worked_VALUE	↓ IN	BOOL	r_tn_at_220_worked:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
r_tn_at_220_polomka_scada_VALUE	↓ IN	BOOL	r_tn_at_220_polomka_scada:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
r_tn_at_220_blokirovka_scada_VALUE	↓ IN	BOOL	r_tn_at_220_blokirovka_scada:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
zn2_sh_at_220_worked_down_VALUE	↓ IN	BOOL	zn2_sh_at_220_worked_down:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
zn2_sh_at_220_polomka_scada_VALUE	↓ IN	BOOL	zn2_sh_at_220_polomka_scada:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
zn2_sh_at_220_blokirovka_scada_VALUE	↓ IN	BOOL	zn2_sh_at_220_blokirovka_scada:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
r2_at_220_worked_VALUE	↓ IN	BOOL	r2_at_220_worked:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
r2_at_220_polomka_scada_VALUE	↓ IN	BOOL	r2_at_220_polomka_scada:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
r2_at_220_blokirovka_scada_VALUE	↓ IN	BOOL	r2_at_220_blokirovka_scada:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
zn2_v2_at_220_worked_down_VALUE	↓ IN	BOOL	zn2_v2_at_220_worked_down:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
zn2_v2_at_220_polomka_scada_VALUE	↓ IN	BOOL	zn2_v2_at_220_polomka_scada:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
zn2_v2_at_220_blokirovka_scada_VALUE	↓ IN	BOOL	zn2_v2_at_220_blokirovka_scada:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
v2_at_220_worked_VALUE	↓ IN	BOOL	v2_at_220_worked:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
v2_at_220_polomka_scada_VALUE	↓ IN	BOOL	v2_at_220_polomka_scada:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
zn1_v2_at_220_worked_down_VALUE	↓ IN	BOOL	zn1_v2_at_220_worked_down:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
zn1_v2_at_220_polomka_scada_VALUE	↓ IN	BOOL	zn1_v2_at_220_polomka_scada:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
zn1_v2_at_220_blokirovka_scada_VALUE	↓ IN	BOOL	zn1_v2_at_220_blokirovka_scada:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
shr2_v2_at_220_worked_VALUE	↓ IN	BOOL	shr2_v2_at_220_worked:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
shr2_v2_at_220_polomka_scada_VALUE	↓ IN	BOOL	shr2_v2_at_220_polomka_scada:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
shr2_v2_at_220_blokirovka_scada_VALUE	↓ IN	BOOL	shr2_v2_at_220_blokirovka_scada:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)

Рисунок 30 – Привязки экрана монитора реального времени

r_at_220_worked_VALUE	↓ IN	BOOL	r_at_220_worked:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
r_at_220_polomka_scada_VALUE	↓ IN	BOOL	r_at_220_polomka_scada:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
r_at_220_blokirovka_scada_VALUE	↓ IN	BOOL	r_at_220_blokirovka_scada:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
zn_at_220_worked_down_VALUE	↓ IN	BOOL	zn_at_220_worked_down:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
zn_at_220_polomka_scada_VALUE	↓ IN	BOOL	zn_at_220_polomka_scada:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
zn_at_220_blokirovka_scada_VALUE	↓ IN	BOOL	zn_at_220_blokirovka_scada:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
mest_VALUE	↓ IN	BOOL	mest:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
auto_VALUE	↓ IN	BOOL	auto:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
scada_prkaz_VALUE	↓ IN	BOOL	scada_prkaz:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
shina_at_otkl_scada_VALUE	↓ IN	BOOL	shina_at_otkl_scada:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
shina_2c_otkl_scada_VALUE	↓ IN	BOOL	shina_2c_otkl_scada:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Read)
scada_VALUE	↑ OUT	BOOL	scada_ypz:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1.Write)
Ток	↓ IN	REAL	
Напряжение	↓ IN	REAL	
Мощность	↓ IN	REAL	

Рисунок 31 – Привязки экрана монитора реального времени

4.7 Результаты проверочных испытаний и перспективы развития программного обеспечения

Результаты проверочных испытаний программного обеспечения в целом положительны: система успешно работает, производит переключение режимов по командам с шкафа управления приводом, ШУП и экрана SCADA-системы, корректно отображает информацию об управляемом процессе и режимах функционирования оборудования.

Вместе с тем требуют доработки следующие вопросы:

- а) сделать показ всех ячеек ОРУ-220;
- б) разработать описание выключателя, так как на ШУП имеется измерительный преобразователь, который должен отражать его параметры.

5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

5.1 Безопасность

В дипломной работе рассматривается управление с помощью SCADA системы и управление с помощью шкафа управления приводами на ОРУ-220, поэтому в разделе будут описаны требования охраны труда диспетчера и электромонтёра.

Так же приведен расчет системы искусственного освещения диспетчерской, выполненный в соответствии со всеми требованиями СП 52.13330.2016. «Естественное и искусственное освещение» [16].

5.1.1 Требования охраны труда диспетчера

Для проведения работ должен быть выдан допуск на работу диспетчером, для получения допуска нужно иметь соответствующую выполняемой работе квалификацию, пройти вводный и первичный на рабочем месте инструктажи по охране труда, обучение и проверку знаний требований охраны труда, изучить инструкцию по эксплуатации применяемого оборудования [13].

Перед началом работы нужно визуально проверить исправность электропроводки, вилки, розетки, а также электрических подсоединений между собой всех устройств, расположенных на рабочем месте. Помимо этого, должны быть в указанном порядке выполнены следующие технические мероприятия:

- 1) осмотреть спецодежду и другие средства индивидуальной защиты, надеть исправную спецодежду;
- 2) убрать с рабочего места все лишние предметы, не используемые в работе;
- 3) ознакомиться с записями в диспетчерском журнале и другой технической документацией;
- 4) проверить наличие блокировок и исправность разъединителей, заземляющих ножей и выключателей.

Во время работы диспетчер должен вести себя спокойно и выдержанно, избегать конфликтных ситуаций, которые могут вызвать нервно-эмоциональное

напряжение и отразиться на безопасности труда. Диспетчеру следует быть внимательным, не отвлекаться от выполнения своих обязанностей.

Рабочее место диспетчера должно быть правильно отрегулировано [19]:

1) при использовании в работе компьютера, монитор при помощи поворотной площадки должен быть отрегулирован в соответствии с рабочей позой диспетчера;

2) конструкция рабочего стула должна обеспечивать поддержание рабочей позы при работе с персональным компьютером, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления;

3) тип рабочего стула должен выбираться в зависимости от характера и продолжительности работы с персональным компьютером с учётом роста диспетчера;

4) рабочий стул должен быть подъёмно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья;

5) поверхность сиденья, спинки и других элементов стула должна быть полумягкой, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим лёгкую очистку от загрязнений;

6) плоскость рабочего стола должна быть регулируемой по высоте в пределах 680 - 800 мм с учётом индивидуальных особенностей диспетчера;

7) рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной - не менее 500 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650 мм;

8) конструкция рабочего стула должна обеспечивать [19]:

А) ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм;

Б) поверхность сиденья с закруглённым передним краем;

В) регулировку высоты поверхности сиденья в пределах 400-550 мм и углам наклона вперёд до 15° и назад до 5°;

Г) высоту опорной поверхности спинки $300 + 20$ мм, ширину - не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости - 400 мм;

Д) угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах $0 + 30^\circ$;

Е) регулировку расстояния спинки от переднего края сиденья в пределах 260-400 мм;

Ё) стационарные или съёмные подлокотники длиной не менее 250 мм и шириной - 50-70 мм;

Ж) регулировку подлокотников по высоте над сиденьем в пределах $230 + 30$ мм и внутреннего расстояния между подлокотниками в пределах 350-500 мм.

8) рабочее место диспетчера, использующего персональный компьютер, следует оборудовать подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 200° ;

9) поверхность подставки должна быть рифлёной и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм;

10) клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края, обращённого к диспетчеру или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделённой от основной столешницы;

11) экран монитора должен находиться от глаз диспетчера на оптимальном расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм;

12) для уменьшения напряжения зрения следует установить на экране монитора оптимальный цветовой режим (если такая возможность имеется);

13) с целью снижения зрительного и костно-мышечного утомления диспетчеру следует соблюдать установленный режим труда и отдыха;

14) во время перерывов, для снижения нервно-эмоционального напряжения, снятия утомления, диспетчеру рекомендуется выполнять комплекс физических упражнений;

15) продолжительность непрерывной работы с компьютером без регламентированного перерыва не должна превышать 2-х часов.

По окончании работы диспетчеру следует привести в порядок рабочее место, выключить оборудование, убрать документы, носители информации и т.п. Обо всех замеченных в процессе работы неполадках и неисправностях оборудования, а также о других нарушениях требований охраны труда следует сообщить своему непосредственному руководителю.

5.1.2 Требования охраны труда электромонтёра

Для проведения работ должен быть выдан допуск на работу электромонтёром, допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие предварительный медицинский осмотр и не имеющие противопоказаний к выполнению указанной работы, прошедшие вводный и первичный на рабочем месте инструктажи по охране труда, обучение и проверку знаний требований охраны труда.

Перед началом работы электромонтёр должен выполнить требования безопасности, в указанном порядке [14]:

- 1) привести в порядок спецодежду, рукава застегнуть, одежду заправить;
- 2) ознакомиться со всеми записями и распоряжениями за время, прошедшее с предыдущего дежурства;
- 3) получить сведения от сдающего смену о состоянии оборудования, за которым надо вести наблюдение, и об оборудовании, находящемся в ремонте и резерве, об изменениях в схемах, происшедших за период от предыдущей смены;
- 4) проверить регистрацию всех работ, выполненных по нарядам и распоряжениям, и количество бригад, работающих по ним;
- 5) проверить и принять защитные средства, приборы, инструмент, ключи от помещений, документацию по оперативной работе;
- 6) доложить непосредственному руководителю в смене о заступлении на дежурство и выявленных при приемке смены недостатках;
- 7) оформить прием смены записью в оперативном журнале. Прием смены во время оперативных переключений и ликвидации аварий допускается только с разрешения вышестоящего оперативного и административно-технического персонала.

При проверке исправности и пригодности средств защиты, приспособлений обратить внимание на [14]:

- 1) отсутствие внешних повреждений;
- 2) необходимо проверить наличие и исправность инструмента, и средств защиты;

При выполнении работы, электромонтёр должен соблюдать, все перечисленные ниже требования безопасности:

- 1) не допускается приближаться к неогражденным токоведущим частям, находящимся под напряжением, на расстояние 2,5 метров. При работе с использованием электротехнических средств допускается приближение человека к токоведущим частям на расстояние, определяемое длиной изолирующей части этих средств;

- 2) при осмотрах электроустановок напряжением выше 1000 В не допускается входить в помещения и камеры, не оборудованные ограждениями или барьерами. Осмотр нужно проводить без проникновения за ограждения и барьеры;

- 3) осмотр электрооборудования в ОРУ, где напряженность электрического поля более 5 кВ/м, следует производить по разработанным маршрутам;

- 4) при подъеме на оборудование и конструкции, расположенные в зоне влияния электрического поля напряженностью 5 кВ/м и выше, должны применяться средства защиты;

- 5) допустимое время пребывания в электрическом поле может быть реализовано одноразово или дробно в течение рабочего дня;

- 6) во время проведения осмотров не допускается производить переключения, снимать плакаты и ограждения, выполнять какую-либо работу или уборку;

- 7) при работах на участках отключенных токоведущих частей их необходимо заземлять. При работах на линейных разъединителях ввод воздушных линий электропередачи (ВЛ) должен быть заземлен переносным заземлением независимо от наличия заземляющих ножей на разъединителе;

8) все работы в электроустановках должны выполняться по наряду или распоряжению;

9) при выполнении эксплуатационных работ на токоведущих частях, находящихся под напряжением до 1000 В, необходимо:

А) оградить расположенные вблизи рабочего места другие токоведущие части, находящиеся под напряжением, к которым возможно случайное прикосновение;

Б) работать в диэлектрических галошах или стоя на изолирующей подставке либо на диэлектрическом коврик;

В) применять инструмент с изолирующими рукоятками (у отверток должен быть изолирован стержень), при отсутствии такого инструмента пользоваться диэлектрическими перчатками;

Г) не допускается работать в одежде с короткими или засученными рукавами, а также пользоваться ножовками, напильниками, металлическими метрами и т.п.

10) не разрешается работать инструментом ударного действия без защитных очков;

11) при замыкании на землю в электроустановках 6 - 35 кВ приближаться к обнаруженному месту замыкания на расстояние менее 4 м в ЗРУ и менее 8 м в ОРУ допускается только для оперативных переключений с целью локализации повреждения и освобождения людей, попавших под напряжение. При этом следует пользоваться электрозащитными средствами;

12) перед тем как отключить или включить разъединитель, отделитель, необходимо тщательно их осмотреть. При обнаружении у коммутационных аппаратов трещин на изоляторах и других повреждений операции с ними не допускаются;

13) при включении-отключении коммутационных аппаратов и наложении переносных заземлений необходимо соблюдать следующие меры безопасности:

А) устанавливать переносные заземления должны не менее двух работников; включать и отключать заземляющие ножи, снимать переносные заземления допускается единолично;

Б) перед установкой переносных заземлений должно быть проверено отсутствие напряжения на токоведущих частях;

В) при установке переносных заземлений нельзя касаться заземляющего спуска;

Г) переключения коммутационных аппаратов напряжением выше 1000 В с ручным приводом необходимо производить в диэлектрических перчатках.

14) переключения на электрооборудовании и в устройствах релейной защиты и автоматики (РЗА), находящихся в оперативном управлении вышестоящего оперативного персонала, должны проводиться по распоряжению, а находящихся в его ведении - с его разрешения. Переключения без распоряжения или разрешения вышестоящего оперативного персонала, но с последующим его уведомлением разрешается выполнять в случаях, не терпящих отлагательств. Электромонтеру, непосредственно выполняющему переключения, самовольно выводить из работы блокировки безопасности не разрешается;

15) включение разъединителей ручным приводом производят быстро, но без удара в конце хода. При появлении дуги ножи не следует отводить обратно, так как при расхождении контактов дуга может удлиниться и вызвать короткое замыкание. Операция включения во всех случаях должна продолжаться до конца;

16) отключение разъединителей следует производить медленно и осторожно. Вначале делают пробное движение рычагом привода для того, чтобы убедиться в исправности тяг, отсутствии качаний и поломок изоляторов. Если в момент расхождения контактов между ними возникает сильная дуга, разъединители необходимо немедленно включить и до выяснения причин образования дуги операции с ними не производить, кроме случаев отключения

намагничивающих и зарядных токов. Операции в этих случаях должны производиться быстро, чтобы обеспечить погасание дуги на контактах;

17) при отключениях разъединителями, отделителями намагничивающего тока силовых трансформаторов, зарядного тока воздушных и кабельных линий необходимо располагаться под защитным козырьком или за ограждением;

18) деблокирование приводов коммутационных аппаратов разрешается только по разрешению лиц, уполномоченных на это письменным указанием по предприятию, после проверки правильности предварительно выполненных переключений, проверки состояния коммутационных аппаратов и выяснения причины отказа блокировки. О деблокировке делается запись в оперативном журнале;

19) при отсутствии в электроустановке блокировочных устройств или при неисправности блокировки хотя бы на одном присоединении, а также при сложных переключениях, независимо от состояния блокировочных устройств, оперативные переключения производятся по бланкам переключений. Перечень сложных переключений определяется местными инструкциями;

20) при недовключении ножей рубильника (разъединителя) не допускается подбивать ножи и губки под напряжением;

21) не допускается работать в электроустановках в согнутом положении. В электроустановках подстанций напряжением 6 - 10 кВ при работе возле неогражденных токоведущих частей нельзя располагаться так, чтобы эти части находились сзади или с двух боковых сторон;

22) недопустимо прикасаться без применения электрозащитных средств к изоляторам оборудования, находящегося под напряжением;

23) при приближении грозы должны быть прекращены все работы в ОРУ, ЗРУ на выводах и линейных разъединителях ВЛ;

24) снимать и устанавливать предохранители необходимо при снятом напряжении. Под напряжением, но без нагрузки допускается снимать и устанавливать предохранители на присоединениях, в схеме которых отсутствуют коммутационные аппараты, позволяющие снимать напряжение.

Под напряжением и под нагрузкой можно заменять предохранители трансформаторов напряжения;

25) при снятии и установке предохранителей под напряжением необходимо пользоваться следующими средствами защиты:

А) в электроустановках напряжением до 1000 В - изолирующими клещами или диэлектрическими перчатками и защитными очками;

Б) в электроустановках напряжением выше 1000 В - изолирующими клещами (штангой) с применением диэлектрических перчаток и защитных очков.

26) не допускается применять некалиброванные плавкие вставки и предохранители;

27) отбор проб и доливка масла в трансформаторы, протирка масломерных стекол и единичных изоляторов производятся только на отключенном оборудовании после соответствующей подготовки рабочего места;

28) работать с электроизмерительными клещами в электроустановках напряжением выше 1000 В необходимо двум электромонтерам с применением диэлектрических перчаток. Не разрешается наклоняться к прибору для снятия показаний;

29) измерение сопротивления изоляции мегаомметром необходимо выполнять на отключенном оборудовании после снятия остаточного заряда путем заземления оборудования. Соединительные провода от мегаомметра следует присоединять к токоведущим частям с помощью изолирующих держателей, а в электроустановках напряжением выше 1000 В с применением диэлектрических перчаток;

30) не допускаются курение в аккумуляторном помещении, вход в него с огнем, пользование электронагревательными приборами, аппаратами и инструментом, способным дать искру;

По окончании смены электромонтёру необходимо:

1) весь инструмент, приспособления, приборы и средства защиты привести в надлежащий порядок и разместить в специальных шкафах и на стеллажах;

2) сообщить принимающему смену обо всех изменениях и неисправностях в работе оборудования, которые происходили в течение смены, о составе работающей бригады и месте проведения работы на оборудовании подстанции по нарядам и распоряжениям;

3) доложить о сдаче смены вышестоящему дежурному персоналу и оформить сдачу смены росписью в оперативном журнале;

4) снять спецодежду, убрать ее и другие средства индивидуальной защиты в шкаф для рабочей одежды.

5.1.3 Расчет системы искусственного освещения

Расчёт производится методом коэффициента использования светового потока системы общего искусственного освещения помещения центрального диспетчерского пункта. Рассчитаем потребляемую электрическую мощность осветительной системой. Напряжение электрической сети в здании 220 В. В помещении размещены рабочие места диспетчеров, оборудованные персональными компьютерами. Коэффициент неравномерности освещения $z =$

0.9. Данные к расчеты искусственного освещения:

Данные к таблице 7:

A - длина комнаты;

B - ширина комнаты;

H - высота комнаты;

h_p - Высота рабочей поверхности;

R_n - Коэффициенты отражения для потолка;

R_c - Коэффициенты отражения для стен;

k - Коэффициент запаса.

Численные данные взятые из плана здания приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Данные к расчету искусственного освещения

A, м	B, м	H, м	h_p , м	R_n , %	R_c , %	k
5	4	2,5	0,75	70	50	1,4

Решение задачи производится в следующей последовательности:

1) Выбор вида системы искусственного освещения

Работа будет производиться по всей площади помещения, значит применяем общее равномерное искусственное освещение [15].

2) Выбор источника света

Применяем люминесцентные лампы.

3) Выбор типа светильников, их мощности и определение высоты их подвеса над рабочей поверхностью

Тип светильника АОД-2-30. Мощность одной лампы составляет 30 Вт. Количество ламп в светильнике 2. Размеры, длина 945, ширина 255, высота 155. КПД 80% [3].

По формуле (1) определяем высоту подвеса светильника над рабочей поверхностью:

$$h = H - h_p - h_c, \quad (1)$$

$$h = 2,5 - 0,75 - 0,155 = 1,595 \text{ м,}$$

4) Определение требуемой по СП 52.13330.2016 “Естественное и искусственное освещение” освещенности на рабочих местах для заданного вида работ

В соответствии с требованиями СП 52.13330.2016 “Естественное и искусственное освещение”, освещенность в диспетчерской должна быть не менее 300 лк, то есть освещенность на рабочих местах равна 300 лк.

5) Определение коэффициента запаса для данных производственных условий;

Коэффициент запаса выбираем $k=1.4$; что соответствует помещению с малым выделением пыли.

б) Выбор рационального расположения светильников. Определение необходимого количества светильников.

Определение необходимого количества светильников происходит исходя из размеров помещения и от выбранного типа светильников.

$$L = \lambda \cdot h, \quad (2)$$

$$L = 1,1 \cdot 1,595 = 1,76 \text{ м},$$

где L – расстояние между рядами светильников;

λ – наимыгоднейшее относительное расстояние между светильниками.

Определяем количество светильников в ряду:

$$n_{\text{свряд}} = \frac{(A - 2\frac{L}{3})}{l_{\text{св}}}, \quad (3)$$

$$n_{\text{свряд}} = \frac{(5 - 2\frac{1,76}{3})}{945} = 4,$$

где $n_{\text{свряд}}$ – количество светильников с люминесцентными лампами в ряду;

L – расстояние между рядами светильников;

A – длина помещения;

$l_{\text{св}}$ – длина светильника.

$$O_{\text{хх}} = 0,27,$$

$$n'_{\text{свряд}} = 4,$$

$$\Delta = \frac{O_{\text{хх}} \cdot L_{\text{св}}}{n'_{\text{свряд}} - 1}, \quad (4)$$

$$\Delta = \frac{0,27 \cdot 945}{4 - 1} = 0,085 \text{ м},$$

$$A = 2 \cdot \frac{L}{3} + n'_{\text{свряд}} \cdot l_{\text{св}} + \Delta \cdot (n'_{\text{свряд}} - 1), \quad (5)$$

$$A = 2 \cdot \frac{1,76}{3} + 4 \cdot 945 + 0,085 \cdot (4 - 1) = 5 \text{ м},$$

Определяем количество рядов светильников по формуле:

$$n_{\text{ряд}} = \frac{B}{L}, \quad (6)$$

$$n_{\text{ряд}} = \frac{4}{1,76} = 2,$$

где $n_{\text{ряд}}$ – количество рядов светильников с люминесцентными лампами;

B – ширина помещения;

L – расстояние между рядами светильников.

Общее количество светильников:

$$N = n_{\text{СВРЯД}} \cdot n_{\text{РЯД}}, \quad (7)$$

$$N = 4 \cdot 2 = 8 \text{ шт},$$

$$B' = 2 \frac{L}{3} + (n_{\text{ряд}} - 1) \cdot L + n_{\text{ряд}} \cdot \text{Ш}_{\text{СВ}}, \quad (8)$$

$$B' = 2 \frac{1,76}{3} + (2 - 1) \cdot 1,76 + 2 \cdot 0,255 = 3,843 \text{ м},$$

где $\text{Ш}_{\text{СВ}}$ - ширина светильника.

$$\delta = B - B', \quad (9)$$

$$\delta = 4 - 3,843 = 0,157 \text{ м},$$

$$\Delta L = \frac{3 \cdot \delta}{2 + 3 \cdot (n_{\text{ряд}} - 1)}, \quad (10)$$

$$\Delta L = \frac{3 \cdot 0,157}{2 + 3 \cdot (2 - 1)} = 0,0942 \text{ м},$$

$$L' = L + \delta, \quad (11)$$

$$L' = 1,76 + 0,157 = 1,917 \text{ м},$$

$$\Delta L' = \frac{\delta - (n_{\text{ряд}} - 1) \cdot \Delta L}{2}, \quad (12)$$

$$\Delta L' = \frac{0,157 - (2 - 1) \cdot 0,0942}{2} = 0,0314 \text{ м},$$

$$L'' = \frac{L}{3} + \Delta L', \quad (13)$$

$$L'' = \frac{1,76}{3} + 0,0314 = 0,618 \text{ м},$$

$$B' = 2 \cdot \frac{L}{3} + (n_{\text{ряд}} - 1) \cdot L' + n_{\text{ряд}} \cdot \text{Ш}_{\text{св}}, \quad (14)$$

$$B' = 2 \cdot \frac{1,76}{3} + (2 - 1) \cdot 1,917 + 2 \cdot 0,255 = 3,6 \text{ м},$$

Определяем число ламп в светильниках по формуле:

$$n = n_{\text{ряд}} \cdot n_{\text{свряд}} \cdot a, \quad (15)$$

$$n = 2 \cdot 4 \cdot 2 = 16 \text{ шт},$$

где $n_{\text{свряд}}$ – количество светильников с люминесцентными лампами в ряду;

$n_{\text{ряд}}$ – количество рядов светильников с люминесцентными лампами;

a – количество ламп в одном светильнике;

n – число ламп в светильниках.

$$F = \frac{E_n \cdot K \cdot S \cdot z}{n \cdot \eta}, \quad (16)$$

где E_n – нормативная освещенность;

S – площадь помещения;

z – коэффициент неравномерности освещения;

k – коэффициент запаса;

η – коэффициент использования светового потока.

Для этого определяем площадь производственного помещения:

$$S = A \cdot B, \quad (17)$$

$$S = 5 \cdot 4 = 20 \text{ м}^2,$$

где A – длина помещения;

B – ширина помещения.

Значение коэффициента использования определяем по справочным таблицам с учетом значений:

i – индекса помещения.

Индекс помещения определяем по формуле:

$$i = \frac{S}{h(A+B)}, \quad (18)$$

$$i = \frac{20}{1,595 \cdot (5 + 4)} = 1,393,$$

где S – площадь помещения;

h – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью;

A – длина помещения;

B – ширина помещения.

По справочным таблицам определяем приближенное значение коэффициента использования светового потока: $\eta=42 \%=0,42$

Определяем величину суммарного светового потока:

$$F = \frac{(300 \cdot 1.4 \cdot 20 \cdot 0,9)}{2 \cdot 0,42} = 1500 \text{ лм.}$$

Исходя из величины светового потока по таблице выбираем люминесцентную лампу дневного света. (ЛХБ)

- мощность 30 Вт;
- напряжение сети 220 В;
- напряжение на лампе 108 В;
- ток лампы 0,34 А;
- световой поток 1500 лм.

С помощью проверочного расчета производим проверку светильников на соответствие освещенности.

$$- 10\% \leq F_T - F_L / F_T \leq 20\%,$$

где F_L – расчетный световой поток одной лампы;

F_T – табличный световой поток одной лампы;

$$-10\% \leq (F_T - F_L) / F_T \times 100 \leq 20\%; \quad (19)$$

$$(1500 - 1500) / 1500 \times 100 = 0\%,$$

$$-10\% \leq 0\% \leq 20\%$$

Вывод: Методом коэффициента использования светового потока рассчитали, что для достижения нормативной освещенности $E_{тр} = 300$ лк используем двухламповые светильники АОД-2-30 с люминесцентной лампой ЛХБ мощностью 30 Вт и световым потоком 1500 лм.

5.2 Экологичность

В целях повышения экологической безопасности энергетических объектов путем минимизации негативного воздействия на окружающую среду, усиления положительных аспектов воздействий и обеспечения сохранения окружающей среды в РусГидро Советом директоров Общества утверждена Экологическая политика Группы РусГидро [17].

Экологическая политика является обязательной для применения всеми предприятиями, входящими в РусГидро, а также организациями, которые осуществляют совместную деятельность с компаниями на договорных условиях.

В 2019 году утверждена Программа мероприятий, обеспечивающих реализацию экологической политики РусГидро, которая содержит перечень мероприятий, реализуемых исполнительным аппаратом, филиалами и подконтрольными организациями.

Отходы

В результате эксплуатации энергетических объектов Группы РусГидро основной объем от общего объема отходов составляют отходы IV и V классов опасности, которые образуются при сжигании угля на ТЭС, в результате реконструкции объектов, а также при ремонте и обслуживании оборудования и сооружений.

В 2020 году общее количество образованных отходов в результате эксплуатации энергетических объектов РусГидро снижено на 92,0% относительно уровня 2019 года и составило 1,9 млн т. Уменьшение общего объема образовавшихся отходов по причине значительного сокращения отходов V класса опасности за счет выбытия объектов АО «ЛУР» из состава РусГидро в 2020 году.

Образованные отходы передаются по договорам специализированным организациям, имеющим лицензии на деятельность по транспортированию, сбору и дальнейшему обращению с отходами.

Отношение массы утилизированных и обезвреженных в течение 2020 года отходов 1–5 классов опасности к массе отходов 1–5 классов опасности,

образовавшихся в течение 2020 года, составило 0,15. В 2020 году утилизировано 20 532,8 т отходов, обезврежено – 37,4 т, передано сторонним организациям для утилизации и обезвреживания – 265 032,3 т.

5.3 Чрезвычайные ситуации

5.3.1 Требования охраны труда диспетчера при ЧС

1) при обнаружении каких-либо неполадок в работе оборудования, персонального компьютера или средств связи необходимо прекратить работу, выключить оборудование, вывесить предупредительную табличку и сообщить об этом непосредственному руководителю для организации ремонта [13];

2) во избежание несчастных случаев диспетчеру не следует самому устранять технические неполадки оборудования;

3) при несчастном случае необходимо немедленно оказать первую помощь пострадавшему, вызвать врача или помочь доставить пострадавшего к врачу, а затем сообщить руководителю о случившемся;

4) при обнаружении пожара или признаков горения необходимо экстренно уведомить об этом пожарную охрану по телефону 101 или 112;

5) до прибытия пожарной охраны нужно принять меры по эвакуации людей и имущества;

6) при возгорании электрооборудования необходимо экстренно отключить его от электрической сети, сообщить о пожаре и приступить к тушению своими силами, если это возможно;

При этом следует помнить, что применение некоторых средств пожаротушения, проводящих электрический ток, может привести к поражению людей электрическим током;

Поэтому для тушения электрооборудования следует применять порошковые или углекислотные огнетушители.

5.3.2 Требования охраны труда электромонтёра при ЧС

1) в случае возникновения аварийной ситуации незамедлительно прекратить работу и сообщить о ситуации вышестоящему оперативному персоналу [14];

2) в безотлагательных случаях выполнить необходимые переключения с последующим уведомлением вышестоящего оперативного персонала;

3) в случае возникновения пожара:

А) оповестить всех работающих в помещении и принять меры к тушению очага возгорания. Горящие части электроустановок и электропроводку, находящиеся под напряжением, требуется выключить, если не получается, то следует тушить углекислотными огнетушителями;

Б) вызвать на место пожара своего непосредственного руководителя или других должностных лиц;

В) действовать местному оперативному плану пожаротушения нужно согласно оперативной обстановки следует;

Г) при несчастном случае необходимо незамедлительно освободить пострадавшего от травмирующего фактора, оказать ему первую медицинскую помощь и сообщить непосредственному руководителю об этом. При освобождении пострадавшего от действия электрического тока требуется следить за тем, чтобы самому не оказаться в контакте с токоведущей частью или под шаговым напряжением.

5.3.3 Меры пожарной безопасности на ОРУ

Наземные кабельные лотки ОРУ должны иметь огнестойкое уплотнение в местах прохода кабелей из кабельных сооружений в эти лотки, а также в местах разветвления на территории ОРУ. Несгораемые уплотнения должны выполняться в кабельных каналах в местах их прохода из одного помещения в другое, а также в местах разветвления канала и через каждые 50 м по длине [18].

Места уплотнения кабельных лотков и каналов должны быть выделены нанесением на плиты красных полос. В случае необходимости делаются поясняющие надписи. В кабельных лотках и каналах разрешено применять пояса из песка или другого негорючего материала длиной не менее 0,3 м.

На территории ОРУ следует время от времени скашивать и удалять траву. Запрещается выжигать сухую траву на территории объекта и прилегающих к ограждению площадках. Допускается на отдельных участках территории ОРУ

иметь кустарник или низкорослые деревья лиственных пород, если они не мешают обзору территории, а расстояния между деревьями и токоведущими частями исключают возможность электрического перекрытия в соответствии с требованиями ПУЭ. За насаждениями должен быть организован уход.

На территории ОРУ исходные средства должны размещаться на специальных постах в удобном для персонала месте. Поясняющие знаки и надписи, демонстрирующие местоположение средств пожаротушения, должны иметься на тропах обхода территории ОРУ.

В местах установки на ОРУ передвижной пожарной техники должны быть обозначены и оборудованы места заземления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения работы были решены следующие задачи:

- изучен объект автоматизации, рассмотрена структура существующей системы управления, выявлены ее недостатки, поставлены задачи ее модернизации;
- разработана структурная схема автоматизации;
- произведено описание технических средств автоматизации;
- предложен эскиз лицевой панели шкафов управления;
- разработана программная модель технологического процесса и прототип технологической программы управления;
- спроектирована система визуализации.

Таким образом, произведенная модернизация системы защиты и диспетчерского управления обеспечивает эффективное и надежное управление первой ячейкой ОРУ-220 удаленно. Разработанную SCADA систему можно применять на предприятиях, но требуется доработка ПО, для управления всеми ячейками.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Википедия [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа : <https://ru.wikipedia.org/wiki/Автотрансформатор>. – 28.04.22.
2. Высоковольтные силовые выключатели 3AP1/2 [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа : http://www.mek-energo.ru/wp-content/uploads/2014/07/Kolonkovie_vykluchateli_Siemens_3AP1.pdf. – 28.04.22.
3. Трансформаторы тока типа iosk [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа : <http://smartenergo.net/ORU/tr-IOSK.pdf>. – 28.04.22.
4. Разъединители напряжением 220 кв dbf4 245 2ae bf2 [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа : <https://plastep.ru/razediniteli-napryazheniem-220-kv-dbf4-245-2ae-bf2/>. – 28.04.22.
5. Трансформаторы напряжения измерительные емкостные СРВ 245 [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : <file:///C:/Users/DNS/Downloads/61267-15.pdf>. – 28.04.22.
6. Разъединители и заземлители [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа : <http://smartenergo.net/OVN/rz.pdf>. – 28.04.22.
7. АОДЦТН-167000/500/220 [Электронный ресурс]. – 2022. – Режим доступа : <http://www.leprf.ru/catalog/trasformator/trans1/1/ctn167220/>. – 28.04.22.
8. Автотрансформатор [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа : <https://ru.wikipedia.org/wiki/Автотрансформатор>. – 28.04.22.
9. 6MD662 6MD664 Siprotec4 Siemens [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.elektroshchit.ru/siemens-relejnjaja-zashhita-i-avtomatika/siprotec-4-siemens/61-6md662-6md664-siprotec4-siemens.html>. – 19.05.22.
10. Измерители электрических величин SICAM P [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа : https://www.quad-industry.com/titan_img/ecatalog/SIMEAS-P-KG7750_55_Com_IEC103_A3_en.pdf. – 19.05.22.

11. Переключатели управления Kraus & Naimer [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа : <https://tehno-n.ru/docs/Каталог%20Krausnaimer%202012.pdf>. – 19.05.22.
12. Высоковольтные силовые выключатели 3AP1/2 [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа : http://www.mek-energo.ru/wp-content/uploads/2014/07/Kolonkovie_vykluchateli_Siemens_3AP1.pdf. – 19.05.22.
13. Инструкция по охране труда для диспетчера [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ohranatruda.ru/ot_biblio/instructions/165/3251/. – 16.05.22.
14. ТИ Р М-068-2002. Типовая инструкция по охране труда для электромонтера по обслуживанию подстанций. – введ. 2003–01–01. – утв. постановлением Министерством труда и социального развития Российской Федерации от 2 августа 2002 г. и Министерством энергетики Российской Федерации от 25 июля 2002 г. № 764-7. – 16 с.
15. Булгаков А.Б. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/6979.pdf. – 16.05.22.
16. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. – введ. 2017–05–08. – утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 7 ноября 2016 г. N 777/пр. – 98 с.
17. Экологические показатели деятельности РусГидро [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.rushydro.ru/esg-politika/environmental/ekologicheskie-pokazateli/>. – 16.05.22.
18. Меры пожарной безопасности на ОРУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://studbooks.net/2137024/matematika_himiya_fizika/mery_pozharnoy_bezopasnosti. – 16.05.22.

19. ГОСТ Р 50923-96. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения. – введ. 1997-07-1. – утв. постановлением Госстандарта России от 10 июля 1996 г. N 451. – 13 с.

20. ОСТ 36.13-90. Щиты и пульты систем автоматизации технологических процессов. – введ. 1991-07-01. – утв. постановлением Государственного комитета СССР от 19 июля 1990 г. N 8431316. – 53 с.

21. ГОСТ 19.701-90. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. – введ. 1992-01-01. – утв. постановлением Государственного комитета СССР от 19 июля 1990 г. N 3294. – 23 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Программа First_cell (модель первой ячейки)

```
PROGRAM First_cell
VAR
  r_tn_at_220: Raz;
  r2_at_220: Raz;
  shr2_v2_at_220: Raz;
  r_at_220: Raz;
  zn_tn_at_220: Zn;
  zn2_sh_at_220: Zn;
  zn2_v2_at_220: Zn;
  zn1_v2_at_220: Zn;
  zn_at_220: Zn;
  v2_at_220: Vkl;
END_VAR
```

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Функциональный блок Raz (разъединитель)

```
FUNCTION_BLOCK Raz
VAR_INPUT
    start: BOOL;
    stop: BOOL;
    polomka: BOOL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
    work, turned_out: BOOL;
END_VAR
VAR
    (*0 - выключено, 1 - выключаем, 2 - включаем, 3 - включено*)
    state, state_prev: BYTE;
    timer_transpl: TON;
END_VAR;

CASE state OF
0:
    work:= FALSE;
    turned_out:=TRUE;
    IF start AND NOT polomka THEN
        state:=2;
    END_IF
1:
    work:= FALSE;
    turned_out:=FALSE;
    timer_transpl(IN:=stop, PT:=t#2s);
    IF timer_transpl.Q AND NOT polomka THEN
        timer_transpl(IN:=FALSE);
        state:=0;
    ELSIF start AND NOT polomka THEN
        timer_transpl(IN:=FALSE);
        state:=2;
    END_IF
2:
    work:= FALSE;
    turned_out:=FALSE;
    timer_transpl(IN:=start, PT:=t#2s);
    IF timer_transpl.Q AND NOT polomka THEN
        timer_transpl(IN:=FALSE);
        state:=3;
    ELSIF stop AND NOT polomka THEN
        timer_transpl(IN:=FALSE);
        state:=1;
    END_IF
3:
    work:=TRUE;
    turned_out:=FALSE;
    IF stop AND NOT polomka THEN
```

```
state:=1;  
END_IF  
END_CASE  
Rele;
```

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Функциональный блок Zn (заземляющий нож)

```
FUNCTION_BLOCK Zn
VAR_INPUT
    vniz: BOOL;
    verh: BOOL;
    polomka: BOOL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
    down, up: BOOL;
END_VAR
VAR
    (*0 - поднято, 1 - поднимаем, 2 - опускаем, 3 - опущено*)
    state, state_prev: BYTE;
    timer_transp: TON;
END_VAR

CASE state OF
0:
    down:= FALSE;
    up:=TRUE;
    IF vniz AND NOT polomka THEN
        state:=2;
    END_IF
1:
    down:= FALSE;
    up:=FALSE;
    timer_transp(IN:=verh, PT:=t#2s);
    IF timer_transp.Q AND NOT polomka THEN
        timer_transp(IN:=FALSE);
        state:=0;
    ELSIF vniz AND NOT polomka THEN
        timer_transp(IN:=FALSE);
        state:=2;
    END_IF
2:
    down:= FALSE;
    up:=FALSE;
    timer_transp(IN:=vniz, PT:=t#2s);
    IF timer_transp.Q AND NOT polomka THEN
        timer_transp(IN:=FALSE);
        state:=3;
    ELSIF verh AND NOT polomka THEN
        timer_transp(IN:=FALSE);
        state:=1;
    END_IF
3:
    down:= TRUE;
    up:=FALSE;
    IF verh AND NOT polomka THEN
```



```
state:=1;  
END_IF  
END_CASE  
Rele;
```

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Функциональный блок Vkl (выключатель)

```
FUNCTION_BLOCK Vkl
VAR_INPUT
    start: BOOL;
    stop:  BOOL;
    polomka: BOOL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
    work, turned_out: BOOL;
END_VAR
VAR
    (*0 - выключено, 1 - выключаем, 2 - включаем, 3 - включе-но*)
    state, state_prev: BYTE;
    timer_transp2: TON;
END_VAR;

CASE state OF
0:
    work:= FALSE;
    turned_out:=TRUE;
    IF start AND NOT polomka THEN
        state:=2;
    END_IF
1:
    work:= FALSE;
    turned_out:=FALSE;
    timer_transp2(IN:=stop, PT:=t#2s);
    IF timer_transp2.Q AND NOT polomka THEN
        timer_transp2(IN:=FALSE);
        state:=0;
    ELSIF start AND NOT polomka THEN
        timer_transp2(IN:=FALSE);
        state:=2;
    END_IF
2:
    work:= FALSE;
    turned_out:=FALSE;
    timer_transp2(IN:=start, PT:=t#2s);
    IF timer_transp2.Q AND NOT polomka THEN
        timer_transp2(IN:=FALSE);
        state:=3;
    ELSIF stop AND NOT polomka THEN
        timer_transp2(IN:=FALSE);
        state:=1;
    END_IF
3:
    work:=TRUE;
    turned_out:=FALSE;
    IF stop AND NOT polomka THEN
```

```
state:=1;  
END_IF  
END_CASE  
Rele;
```

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Программа Panel

```
PROGRAM Panel
VAR
END_VAR

IF auto THEN
    regim:='Автоматический режим';
    color:=16#00FF00;
ELSIF mest THEN
    regim:='Местный режим';
    color:=16#FF0000;
ELSIF NOT mest AND NOT auto THEN
    regim:='Выкл';
    color:=16#E0E0E0;
END_IF
```

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Программа Software

PROGRAM Software

VAR

state, state_prev: BYTE; (*0 - выбор управление, 1 - местное управление, 2 - автоматическое управление, 3 - автоматическое управление (включение ячейки), 4 - автоматическое управление (выключение ячейки), 5 - ремонт ячейки при поломке разъединителей или выключателя, 6 - ремонт ячейки при поломке заземляющих ножей (выключение ячейки)*)

END_VAR

CASE state OF

0:

(*автоматический режим отключен*)

zn_tn_at_220_on_auto:= zn_tn_at_220_off_auto:=
r_tn_at_220_on_auto:= r_tn_at_220_off_auto:=
zn2_sh_at_220_on_auto:= zn2_sh_at_220_off_auto:=
r2_at_220_on_auto:= r2_at_220_off_auto:= zn2_v2_at_220_on_auto:=
zn2_v2_at_220_off_auto:= v2_at_220_on_auto:= v2_at_220_off_auto:=
zn1_v2_at_220_on_auto:= shr2_v2_at_220_on_auto:=
shr2_v2_at_220_off_auto:= r_at_220_on_auto:= r_at_220_off_auto:=
zn_at_220_on_auto:= zn_at_220_off_auto:=FALSE;

IF mest THEN

state:=1;

ELSIF auto THEN

state:=2;

END_IF

1:

(*автоматический режим отключен*)

zn_tn_at_220_on_auto:= zn_tn_at_220_off_auto:=
r_tn_at_220_on_auto:= r_tn_at_220_off_auto:=
zn2_sh_at_220_on_auto:= zn2_sh_at_220_off_auto:=
r2_at_220_on_auto:= r2_at_220_off_auto:= zn2_v2_at_220_on_auto:=
zn2_v2_at_220_off_auto:= v2_at_220_on_auto:= v2_at_220_off_auto:=
zn1_v2_at_220_on_auto:= shr2_v2_at_220_on_auto:=
shr2_v2_at_220_off_auto:= r_at_220_on_auto:= r_at_220_off_auto:=
zn_at_220_on_auto:= zn_at_220_off_auto:=FALSE;

IF auto AND NOT mest THEN

state:=0;

END_IF

IF r_tn_at_220_polomka_first_cell OR
r2_at_220_polomka_first_cell OR v2_at_220_polomka_first_cell OR

```

shr2_v2_at_220_polomka_first_cell OR r_at_220_polomka_first_cell
THEN
    state:=5;
    ELSIF zn_tn_at_220_polomka_first_cell OR
zn2_sh_at_220_polomka_first_cell OR
zn2_v2_at_220_polomka_first_cell OR
zn1_v2_at_220_polomka_first_cell OR zn_at_220_polomka_first_cell
THEN
    state:=6;
END_IF
2:
IF mest AND NOT auto THEN
    state:=0;
END_IF

IF (auto AND scada_prikaz AND scada_ypr) THEN
    state:=3;
ELSIF (auto AND scada_prikaz AND NOT scada_ypr) THEN
    state:=4;
END_IF

IF (auto AND auto_on AND NOT scada_prikaz) THEN
    state:=3;
ELSIF (auto AND auto_off AND NOT scada_prikaz) THEN
    state:=4;
END_IF

IF r_tn_at_220_polomka_first_cell OR
r2_at_220_polomka_first_cell OR v2_at_220_polomka_first_cell OR
shr2_v2_at_220_polomka_first_cell OR r_at_220_polomka_first_cell
THEN
    state:=5;
    ELSIF zn_tn_at_220_polomka_first_cell OR
zn2_sh_at_220_polomka_first_cell OR
zn2_v2_at_220_polomka_first_cell OR
zn1_v2_at_220_polomka_first_cell OR zn_at_220_polomka_first_cell
THEN
    state:=6;
END_IF
3:
(*автоматические кнопки вкл zn*)
zn_tn_at_220_on_auto:=zn2_sh_at_220_on_auto:=zn2_v2_at_220_on_
auto:=zn1_v2_at_220_on_auto:=zn1_v2_at_220_on_auto:=zn_at_220_on_a
uto:=FALSE;
(*автоматические кнопки выкл zn*)

```

```

zn_tn_at_220_off_auto:=zn2_sh_at_220_off_auto:=zn2_v2_at_220_o
ff_auto:=zn1_v2_at_220_off_auto:=zn_at_220_off_auto:=TRUE;
(*автоматические кнопки вкл raz и vkl*)
v2_at_220_on_auto:=r_tn_at_220_on_auto:=r2_at_220_on_auto:=shr
2_v2_at_220_on_auto:=r_at_220_on_auto:=TRUE;
(*автоматические кнопки ВЫКЛ raz и vkl*)
v2_at_220_off_auto:=r_tn_at_220_off_auto:=r2_at_220_off_auto:=
shr2_v2_at_220_off_auto:=r_at_220_off_auto:=FALSE;

IF mest AND NOT auto THEN
    state:=0;
END_IF

IF (auto AND auto_off AND NOT scada_prikaz) THEN
    state:=4;
ELSIF (auto AND scada_prikaz AND NOT scada_ypr) THEN
    state:=4;
END_IF

IF r_tn_at_220_polomka_first_cell OR
r2_at_220_polomka_first_cell OR v2_at_220_polomka_first_cell OR
shr2_v2_at_220_polomka_first_cell OR r_at_220_polomka_first_cell
THEN
    state:=5;
ELSIF zn_tn_at_220_polomka_first_cell OR
zn2_sh_at_220_polomka_first_cell OR
zn2_v2_at_220_polomka_first_cell OR
zn1_v2_at_220_polomka_first_cell OR zn_at_220_polomka_first_cell
THEN
    state:=6;
END_IF
4:
(*автоматические кнопки вкл zn*)
zn_tn_at_220_on_auto:=zn2_sh_at_220_on_auto:=zn2_v2_at_220_on_
auto:=zn1_v2_at_220_on_auto:=zn1_v2_at_220_on_auto:=zn_at_220_on_a
uto:=FALSE;
(*автоматические кнопки ВЫКЛ zn*)
zn_tn_at_220_off_auto:=zn2_sh_at_220_off_auto:=zn2_v2_at_220_o
ff_auto:=zn1_v2_at_220_off_auto:=zn_at_220_off_auto:=TRUE;
(*автоматические кнопки вкл raz и vkl*)
v2_at_220_on_auto:=r_tn_at_220_on_auto:=r2_at_220_on_auto:=shr
2_v2_at_220_on_auto:=r_at_220_on_auto:=FALSE;
(*автоматические кнопки ВЫКЛ raz и vkl*)
v2_at_220_off_auto:=r_tn_at_220_off_auto:=r2_at_220_off_auto:=
shr2_v2_at_220_off_auto:=r_at_220_off_auto:=TRUE;

```

```

IF mest AND NOT auto THEN
    state:=0;
END_IF

IF (auto AND scada_prikaz AND scada_ypr) THEN
    state:=3;
ELSIF (auto AND auto_on AND NOT scada_prikaz) THEN
    state:=3;
END_IF

5:

    (*автоматические кнопки вкл zn*)
    zn_tn_at_220_on_auto:=zn2_sh_at_220_on_auto:=zn2_v2_at_220_on_
auto:=zn1_v2_at_220_on_auto:=zn1_v2_at_220_on_auto:=zn_at_220_on_a
uto:=TRUE;
    (*автоматические кнопки выкл zn*)
    zn_tn_at_220_off_auto:=zn2_sh_at_220_off_auto:=zn2_v2_at_220_o
ff_auto:=zn1_v2_at_220_off_auto:=zn_at_220_off_auto:=FALSE;
    (*автоматические кнопки вкл raz и vkl*)
    v2_at_220_on_auto:=r_tn_at_220_on_auto:=r2_at_220_on_auto:=shr
2_v2_at_220_on_auto:=r_at_220_on_auto:=FALSE;
    (*автоматические кнопки выкл raz и vkl*)
    v2_at_220_off_auto:=r_tn_at_220_off_auto:=r2_at_220_off_auto:=
shr2_v2_at_220_off_auto:=r_at_220_off_auto:=TRUE;

    IF auto AND NOT (r_tn_at_220_polomka_first_cell OR
r2_at_220_polomka_first_cell OR v2_at_220_polomka_first_cell OR
shr2_v2_at_220_polomka_first_cell OR r_at_220_polomka_first_cell)
THEN
        state:=3;
    ELSIF mest AND NOT (r_tn_at_220_polomka_first_cell OR
r2_at_220_polomka_first_cell OR v2_at_220_polomka_first_cell OR
shr2_v2_at_220_polomka_first_cell OR r_at_220_polomka_first_cell)
THEN
        state:=0;
    END_IF

    IF zn_tn_at_220_polomka_first_cell OR
zn2_sh_at_220_polomka_first_cell OR
zn2_v2_at_220_polomka_first_cell OR
zn1_v2_at_220_polomka_first_cell OR zn_at_220_polomka_first_cell
THEN
        state:=6;
    END_IF

6:

    (*автоматические кнопки вкл zn*)

```



```

zn_tn_at_220_on_auto:=zn2_sh_at_220_on_auto:=zn2_v2_at_220_on_
auto:=zn1_v2_at_220_on_auto:=zn1_v2_at_220_on_auto:=zn_at_220_on_a
uto:=FALSE;
(*автоматические кнопки выкл zn*)
zn_tn_at_220_off_auto:=zn2_sh_at_220_off_auto:=zn2_v2_at_220_o
ff_auto:=zn1_v2_at_220_off_auto:=zn_at_220_off_auto:=TRUE;
(*автоматические кнопки вкл raz и vkl*)
v2_at_220_on_auto:=r_tn_at_220_on_auto:=r2_at_220_on_auto:=shr
2_v2_at_220_on_auto:=r_at_220_on_auto:=FALSE;
(*автоматические кнопки выкл raz и vkl*)
v2_at_220_off_auto:=r_tn_at_220_off_auto:=r2_at_220_off_auto:=
shr2_v2_at_220_off_auto:=r_at_220_off_auto:=TRUE;

IF auto AND NOT zn_tn_at_220_polomka_first_cell OR
zn2_sh_at_220_polomka_first_cell OR
zn2_v2_at_220_polomka_first_cell OR
zn1_v2_at_220_polomka_first_cell OR zn_at_220_polomka_first_cell
THEN
    state:=3;
ELSIF mest AND NOT zn_tn_at_220_polomka_first_cell OR
zn2_sh_at_220_polomka_first_cell OR
zn2_v2_at_220_polomka_first_cell OR
zn1_v2_at_220_polomka_first_cell OR zn_at_220_polomka_first_cell
THEN
    state:=0;
END_IF
END_CASE

```

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Функциональный блок Miganie

```
FUNCTION_BLOCK Miganie
VAR_INPUT
    worked: BOOL;
    turned_out: BOOL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
    miganie_plk: BOOL;
END_VAR
VAR
    timer: TON;
    M:BOOL:=FALSE;
END_VAR

IF worked THEN miganie_plk:=TRUE; M:=FALSE;
ELSIF turned_out THEN miganie_plk:=FALSE; M:=TRUE;
ELSE timer(IN:=NOT M, PT:=t#1s);miganie_plk:=timer.ET<t#500ms;
M:=timer.Q;
END_IF
```

ПРИЛОЖЕНИЕ И

Программа Yp_viz

```
PROGRAM Yp_viz
VAR
    Upr:ARRAY [1..10] OF Miganie;
    i: INT;
END_VAR

Upr[1](worked:=r_tn_at_220_worked,turned_out:=
r_tn_at_220_turned_out, miganie_plk=>Indicat.1);
Upr[2](worked:=r2_at_220_worked,turned_out:=r2_at_220_turned_out,
miganie_plk=>Indicat.2);
Upr[3](worked:=shr2_v2_at_220_worked,turned_out:=shr2_v2_at_220_tu
rned_out, miganie_plk=>Indicat.3);
Upr[4](worked:=r_at_220_worked,turned_out:=r_at_220_turned_out,
miganie_plk=>Indicat.4);
Upr[5](worked:=zn_tn_at_220_worked_down,turned_out:=
zn_tn_at_220_worked_up, miganie_plk=>Indicat.5);
Upr[6](worked:=zn2_sh_at_220_worked_down,turned_out:=zn2_sh_at_220
_worked_up, miganie_plk=>Indicat.6);
Upr[7](worked:=zn2_v2_at_220_worked_down,turned_out:=
zn2_v2_at_220_worked_up, miganie_plk=>Indicat.7);
Upr[8](worked:=zn1_v2_at_220_worked_down,turned_out:=
zn1_v2_at_220_worked_up, miganie_plk=>Indicat.8);
Upr[9](worked:=zn_at_220_worked_down,turned_out:=
zn_at_220_worked_up, miganie_plk=>Indicat.9);
Upr[10](worked:=v2_at_220_worked,turned_out:=v2_at_220_turned_out,
miganie_plk=>Indicat.10);
```

ПРИЛОЖЕНИЕ К

Программа PLC_PRG

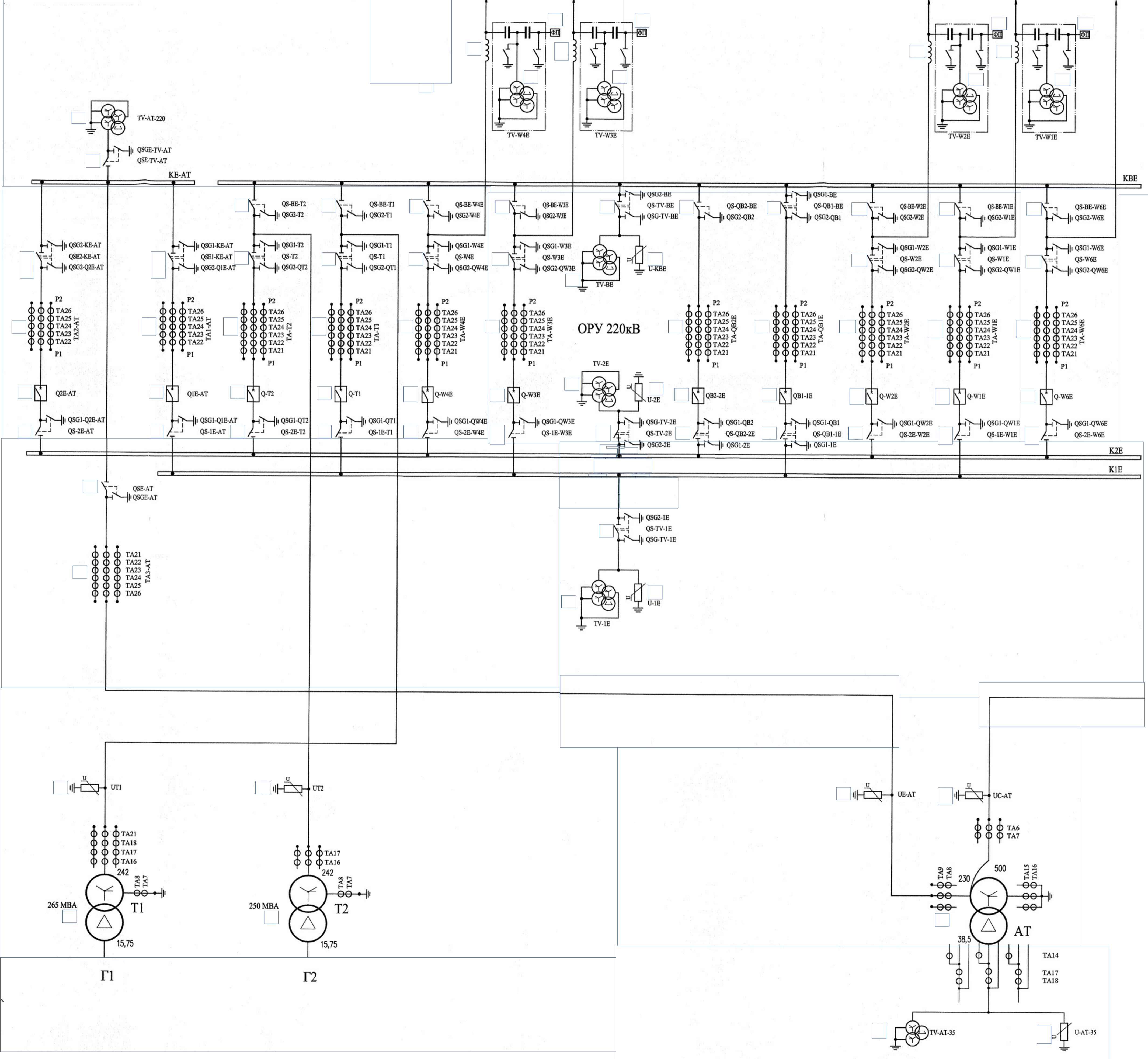
```
PROGRAM PLC_PRG
VAR
END_VAR

Rele;
First_cell;
Panel;
Software;
Yp_viz;
zn_tn_at_220_blokirovka_scada:= r_tn_at_220_turned_out;
r_tn_at_220_blokirovka_scada:= zn_tn_at_220_worked_up;
zn2_sh_at_220_blokirovka_scada:= r2_at_220_turned_out AND
r_at_220_turned_out;
r2_at_220_blokirovka_scada:=zn2_sh_at_220_worked_up AND
zn2_v2_at_220_worked_up AND v2_at_220_turned_out;
zn2_v2_at_220_blokirovka_scada:=r2_at_220_turned_out AND
shr2_v2_at_220_turned_out;
v2_at_220_blokirovka_scada:=r_tn_at_220_worked AND
r2_at_220_worked AND shr2_v2_at_220_worked AND r_at_220_worked;
zn1_v2_at_220_blokirovka_scada:=r2_at_220_turned_out AND
shr2_v2_at_220_turned_out;
shr2_v2_at_220_blokirovka_scada:= zn2_v2_at_220_worked_up AND
v2_at_220_turned_out AND zn1_v2_at_220_worked_up;
r_at_220_blokirovka_scada:=zn2_sh_at_220_worked_up AND
v2_at_220_turned_out AND zn_at_220_worked_up;
zn_at_220_blokirovka_scada:=r_at_220_turned_out;

zn_tn_at_220_polomka_scada:= zn_tn_at_220_polomka_rele OR
zn_tn_at_220_polomka_first_cell;
r_tn_at_220_polomka_scada:= r_tn_at_220_polomka_rele OR
r_tn_at_220_polomka_first_cell;
zn2_sh_at_220_polomka_scada:= zn2_sh_at_220_polomka_rele OR
zn2_sh_at_220_polomka_first_cell;
r2_at_220_polomka_scada:= r2_at_220_polomka_rele OR
r2_at_220_polomka_first_cell;
zn2_v2_at_220_polomka_scada:= zn2_v2_at_220_polomka_rele OR
zn2_v2_at_220_polomka_first_cell;
v2_at_220_polomka_scada:= v2_at_220_polomka_rele OR
v2_at_220_polomka_first_cell;
zn1_v2_at_220_polomka_scada:= zn1_v2_at_220_polomka_rele OR
zn1_v2_at_220_polomka_first_cell;
shr2_v2_at_220_polomka_scada:= shr2_v2_at_220_polomka_rele OR
shr2_v2_at_220_polomka_first_cell;
r_at_220_polomka_scada:= r_at_220_polomka_rele OR
r_at_220_polomka_first_cell;
zn_at_220_polomka_scada:= zn_at_220_polomka_rele OR
zn_at_220_polomka_first_cell;
```

```
shina_at_otkl_scada:=(r_tn_at_220_polomka_scada OR  
r2_at_220_polomka_scada OR r_at_220_polomka_scada) AND  
(r_tn_at_220_turned_out OR r2_at_220_turned_out OR  
r_at_220_turned_out);  
shina_2c_otkl_scada:=(shr2_v2_at_220_polomka_scada AND NOT  
shr2_v2_at_220_turned_out);
```

ВЛ 220 кВ Зейская ГЭС - Призейская W4E (ВЛ-208) 187 км
 ВЛ 220 кВ Зейская ГЭС - Магдагачи W3E (ВЛ-203) 130 км
 ВЛ 220 кВ Зейская ГЭС - Светлая №2 с отпайкой на ПС "Энергия" W2E (ВЛ-200) 10 км
 ВЛ 220 кВ Зейская ГЭС - Светлая №1 с отпайкой на ПС "Энергия" W1E (ВЛ-201) 10 км
 ВЛ 220 кВ Зейская ГЭС - Электростанционная W6E (ВЛ-202) 2,5 км



Пояснение сокращений
электрической схемы
соединений

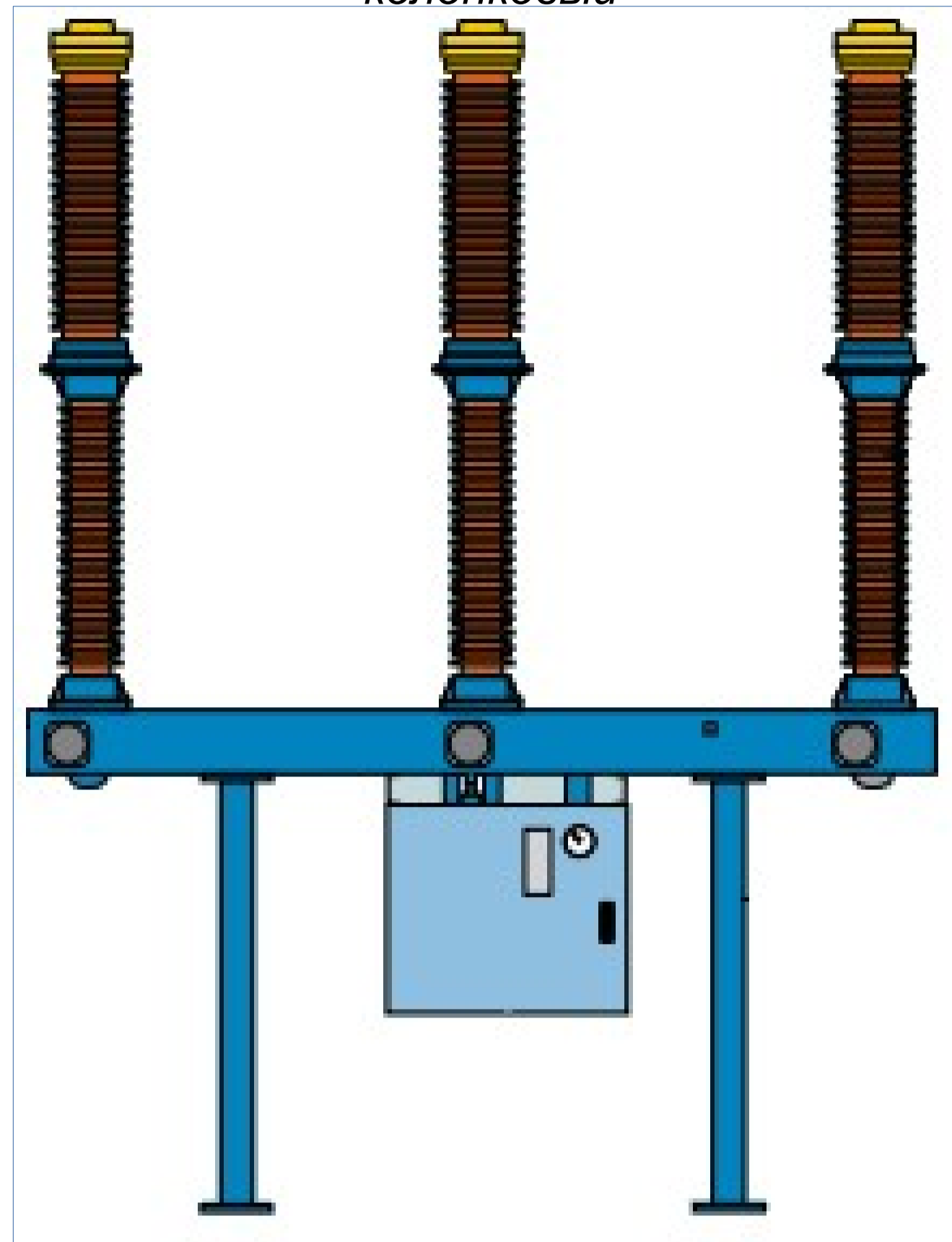
Сокращение	Пояснение
TV	Трансформатор напряжения
AT	Автотрансформатор
QSG	Заземляющий нож
QS	Разъединитель
Q	Выключатель
TA	Трансформатор тока
U	Ограничитель перенапряжения
Г	Генератор
T	Трансформатор

Устройства работающие на ОРУ-220

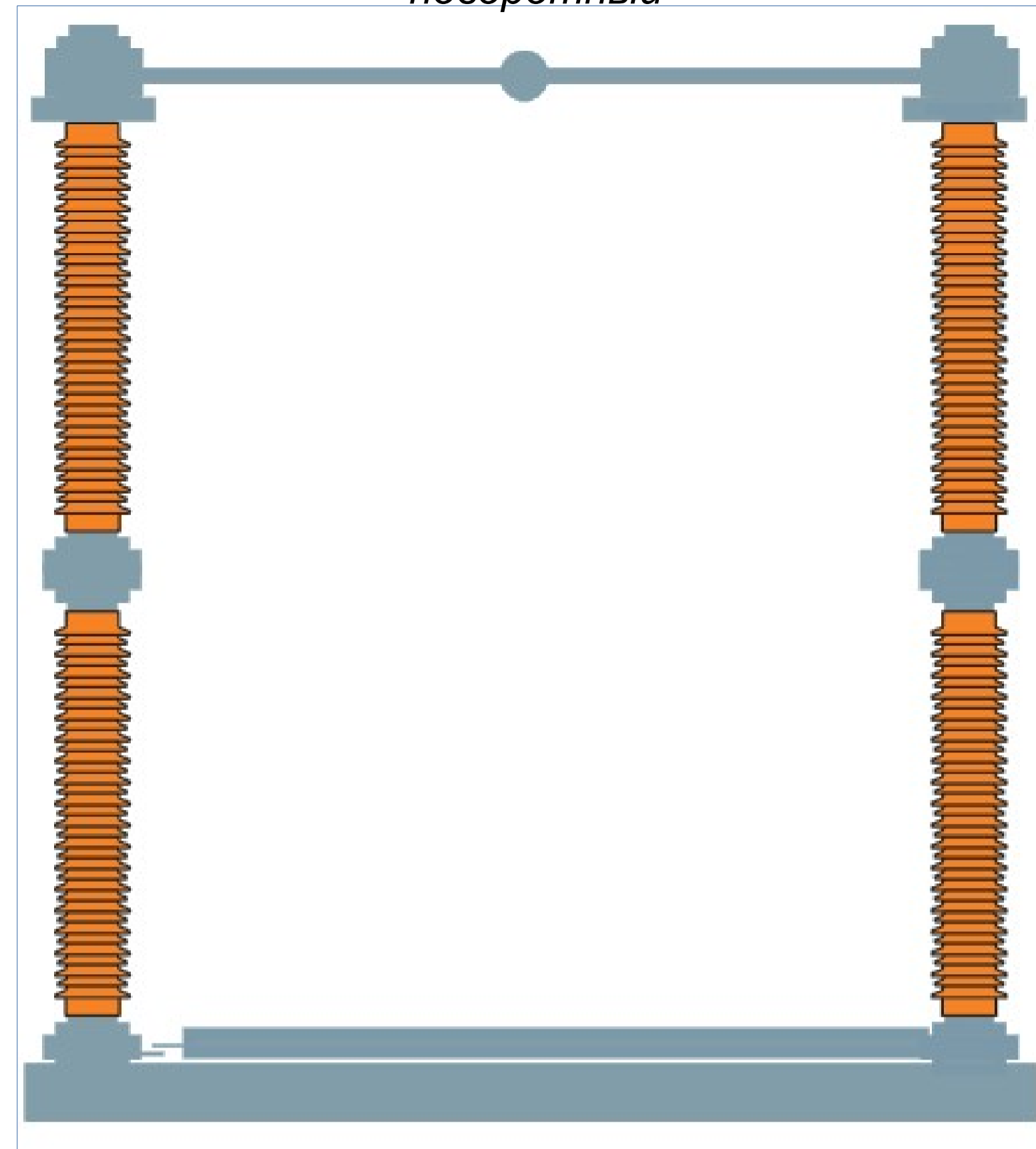
Наименование	Тип устройства
Трансформатор силовой двухобмоточный трехфазный	TNEPE-265000/242 ТЦ-250000/220 ХП1
Автотрансформатор однофазный 3х-обмоточный	АОДЦТН-167000/500/220-75-91
Выключатель элегазовый колонковый однополюсный	3AP1 FG-245
Трансформатор напряжения емкостной	СРВ 245 ТЕМР 245 ЭНОЛ 35
Разъединитель 3-х полюсный горизонтально-поворотный с одним заземляющим ножом	DBF2-245+AE BF2
Разъединитель 3-х полюсный горизонтально-поворотный с двумя заземляющими ножами	DBF4-245+AE BF2
Трансформатор тока	10СК 245
Ограничитель перенапряжения	ОПН-220 ОПН-10 ОПН-35
Высокочастотный заградитель	ВЗ-1250-0,5 УХЛ1 ВЗ-200-2,5 УХЛ1
Фильтр присоединения	ФП (77-1000 кГц) /3200 УХЛ1 ФП (36-400 кГц) /17500 УХЛ1
Конденсатор связи	СММ-20/√3-35 У1

				ВКР.184012.15.03.04.		
				СХ		
Изм/Лист				№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				Мысье В.Е.		
Провер.				Рыбалов		
Т.Контр.				А.Н.		
Н.Контр.				Скритико		
Утвержд.				О.В.		
Схема электрических соединений ОРУ-220				Литера	Масса	Масштаб
				у		1:1
				Лист 1	Листов 6	
				АМГУ Кафедра АППиЭ		

Выключатель элегазовый колонковый



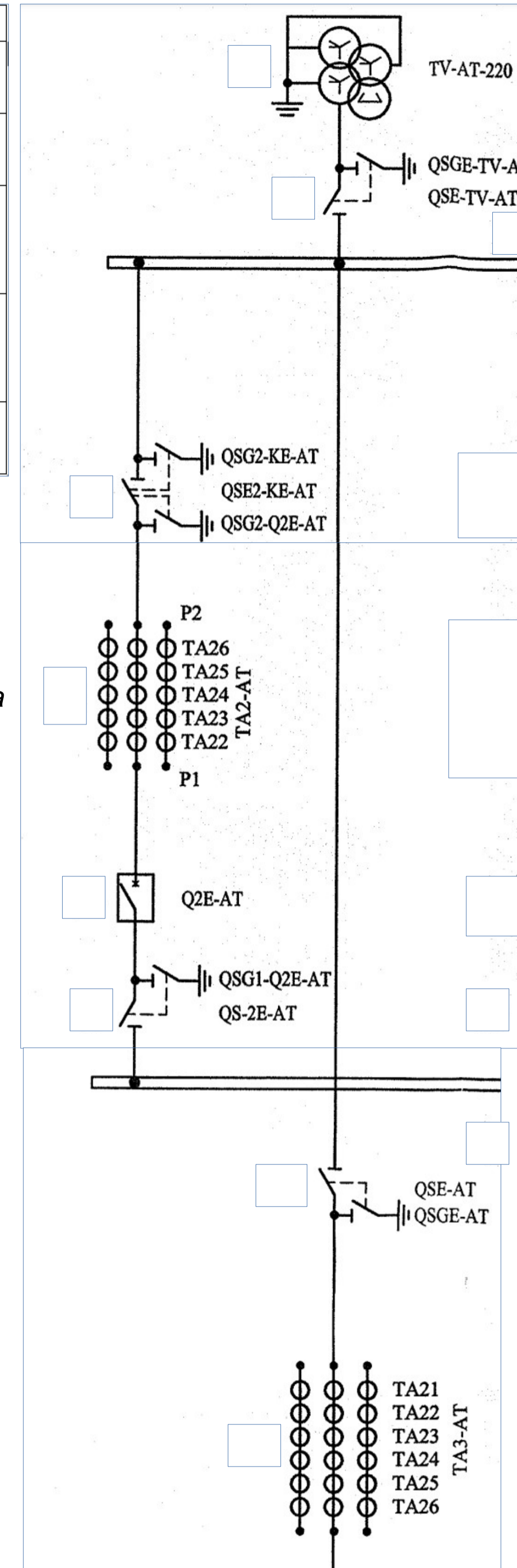
Разъединитель горизонтально-поворотный



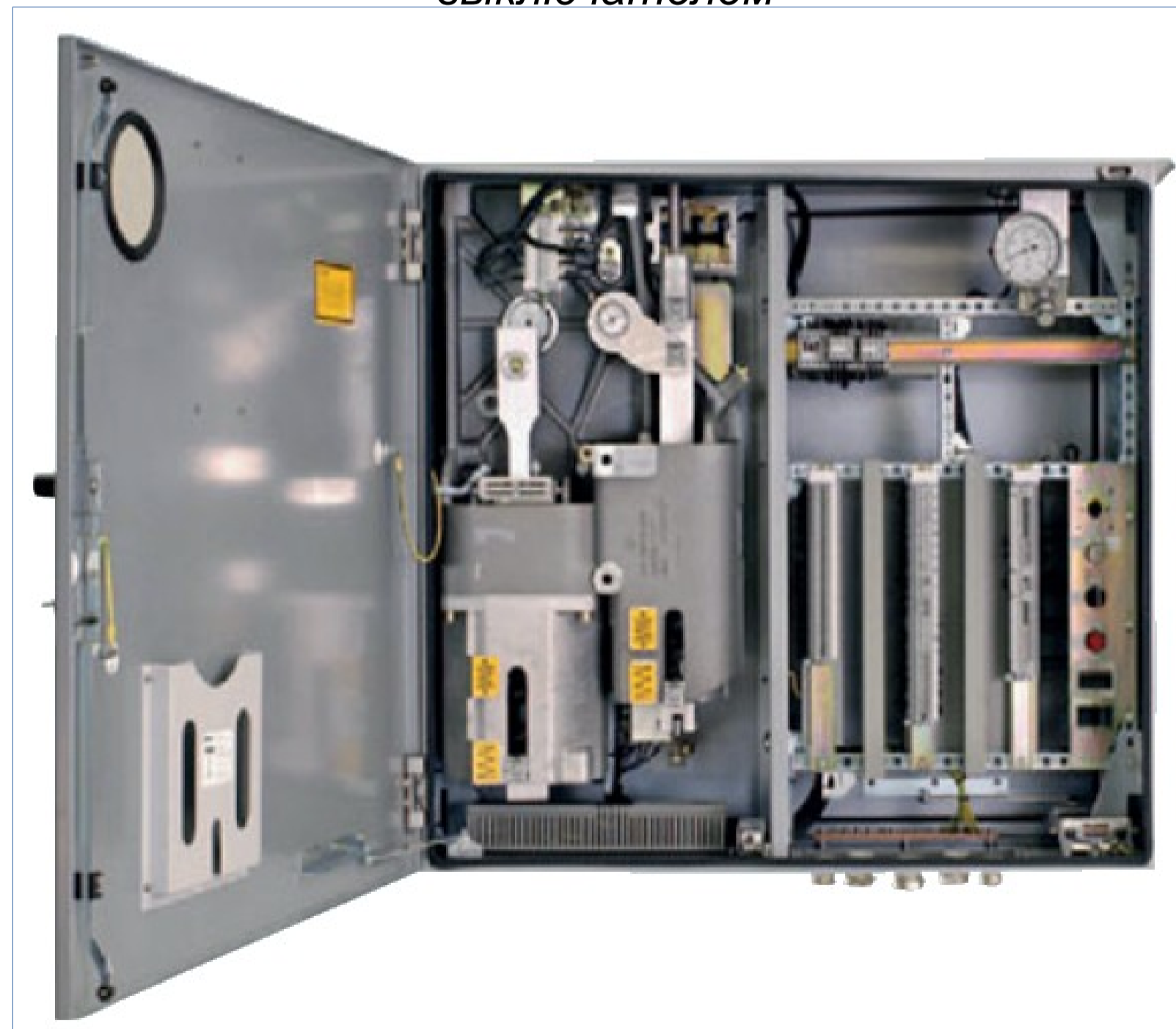
Оборудование используемое ячейкой

Наименование	Тип устройства	Характеристики
Выключатель элегазовый колонковый однополюсный	ЗАР1 FG-245	220 кВ, 2000 А, 20 кА.
Трансформатор напряжения емкостной	CPB 245	220 кВ, 220000/√3 В, 100/√3 В, 100/√3 В.
Разъединитель 3-х полюсный горизонтально-поворотный с одним заземляющим ножом	DBF2-245+AE BF2	245 кВ, 2000 А
Разъединитель 3-х полюсный горизонтально-поворотный с двумя заземляющими ножами	DBF4-245+AE BF2	245 кВ, 2000 А
Трансформатор тока	IOSK 245	220 кВ, 1000-1500/1 А

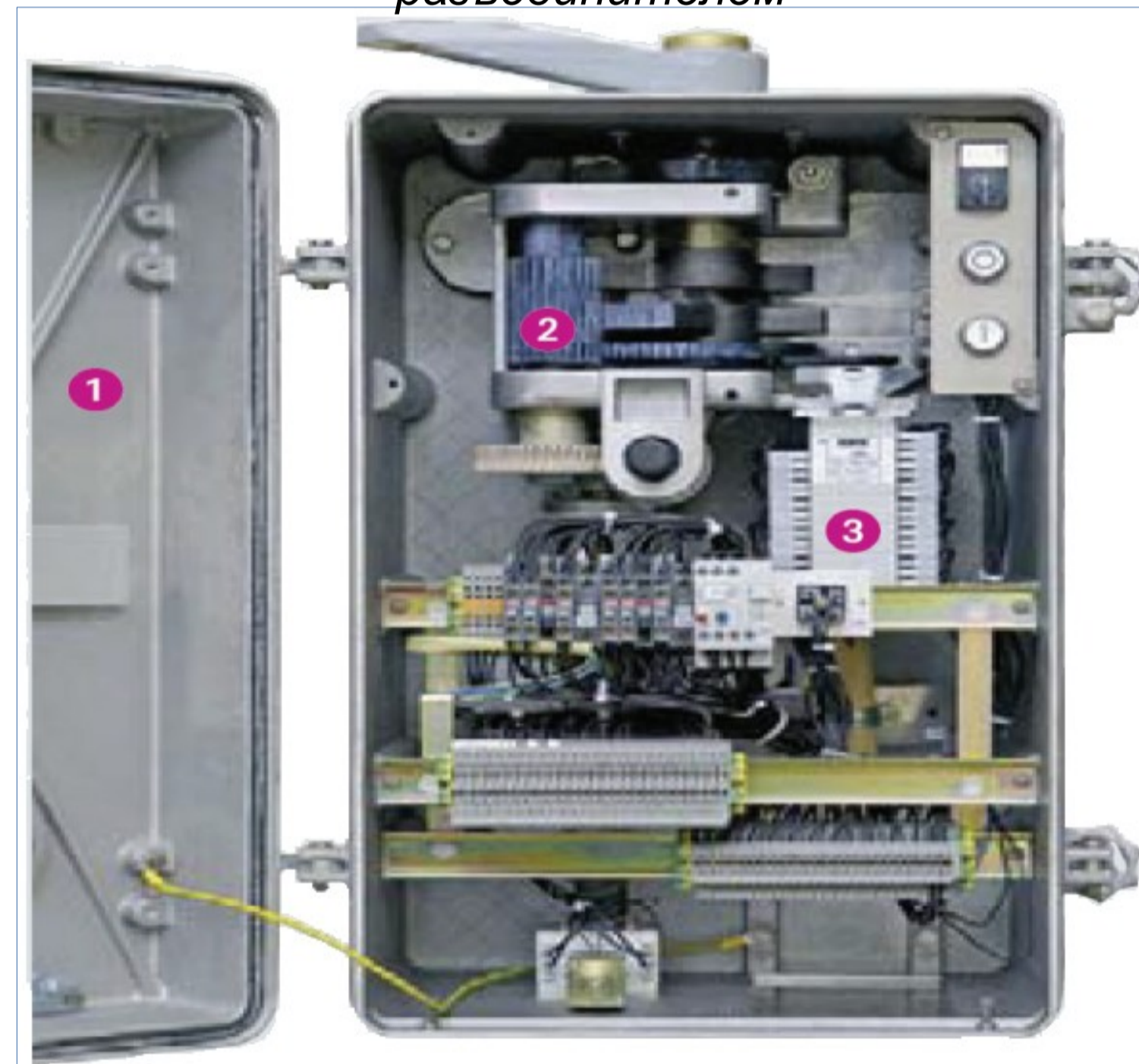
Электрическая схема первой ячейки



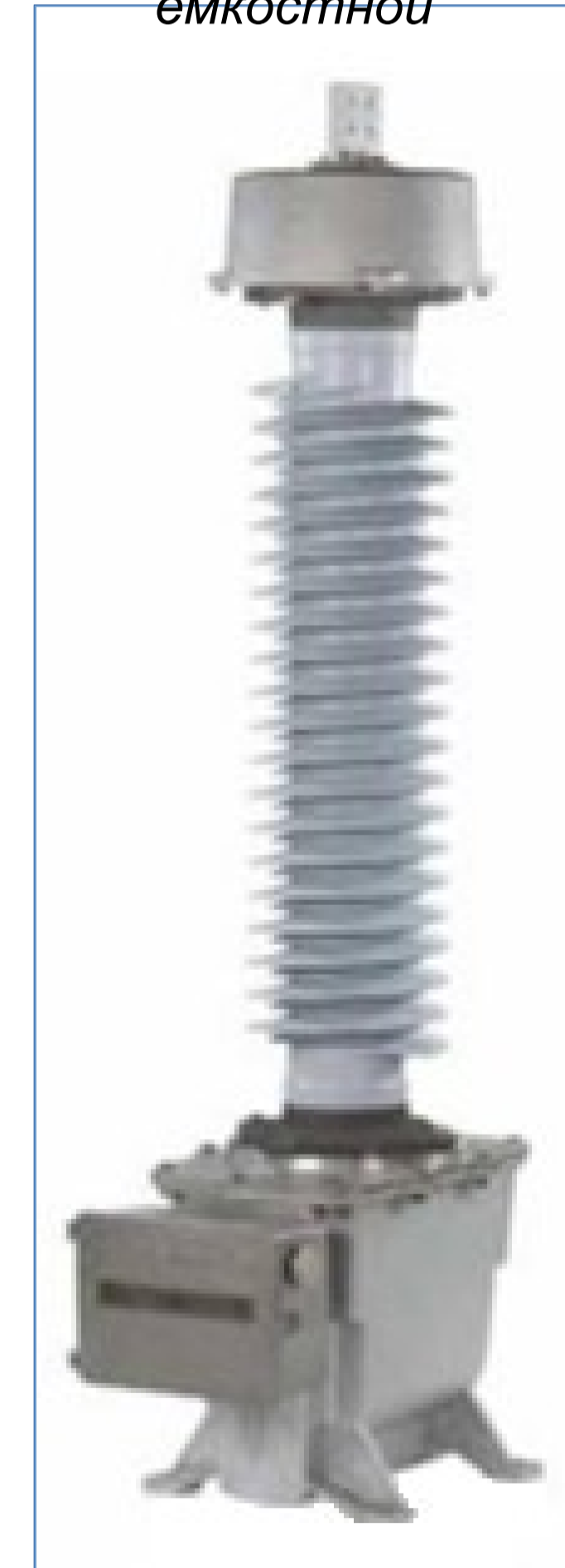
Шкаф управления выключателем



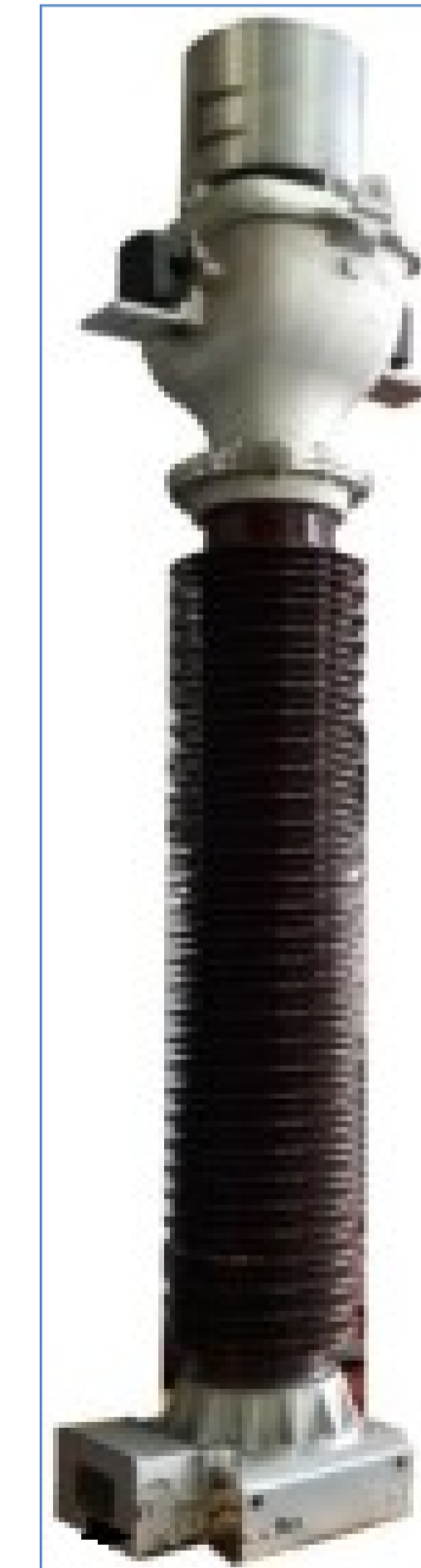
Шкаф управления разъединителем



Трансформатор напряжения емкостной



Трансформатор тока



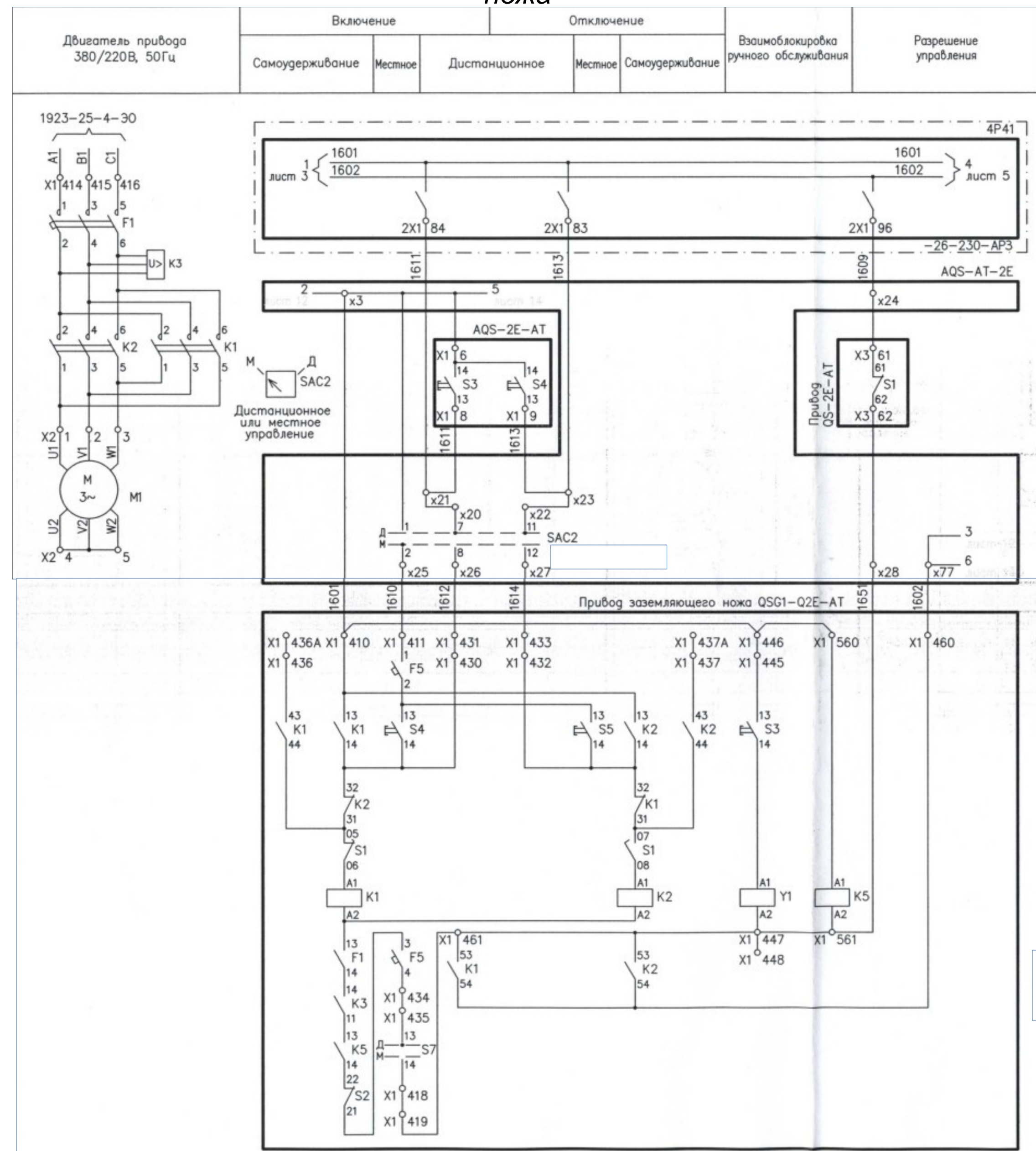
Устройства расположенные в шкафу управления выключателем

№	Наименование
1	Пружинный привод
2	Манометр или датчик плотности элегаза
3	Органы местного управления выключателем
4	Устройства антиконденсатного обогрева
5	Реле сигнализации и блокировки

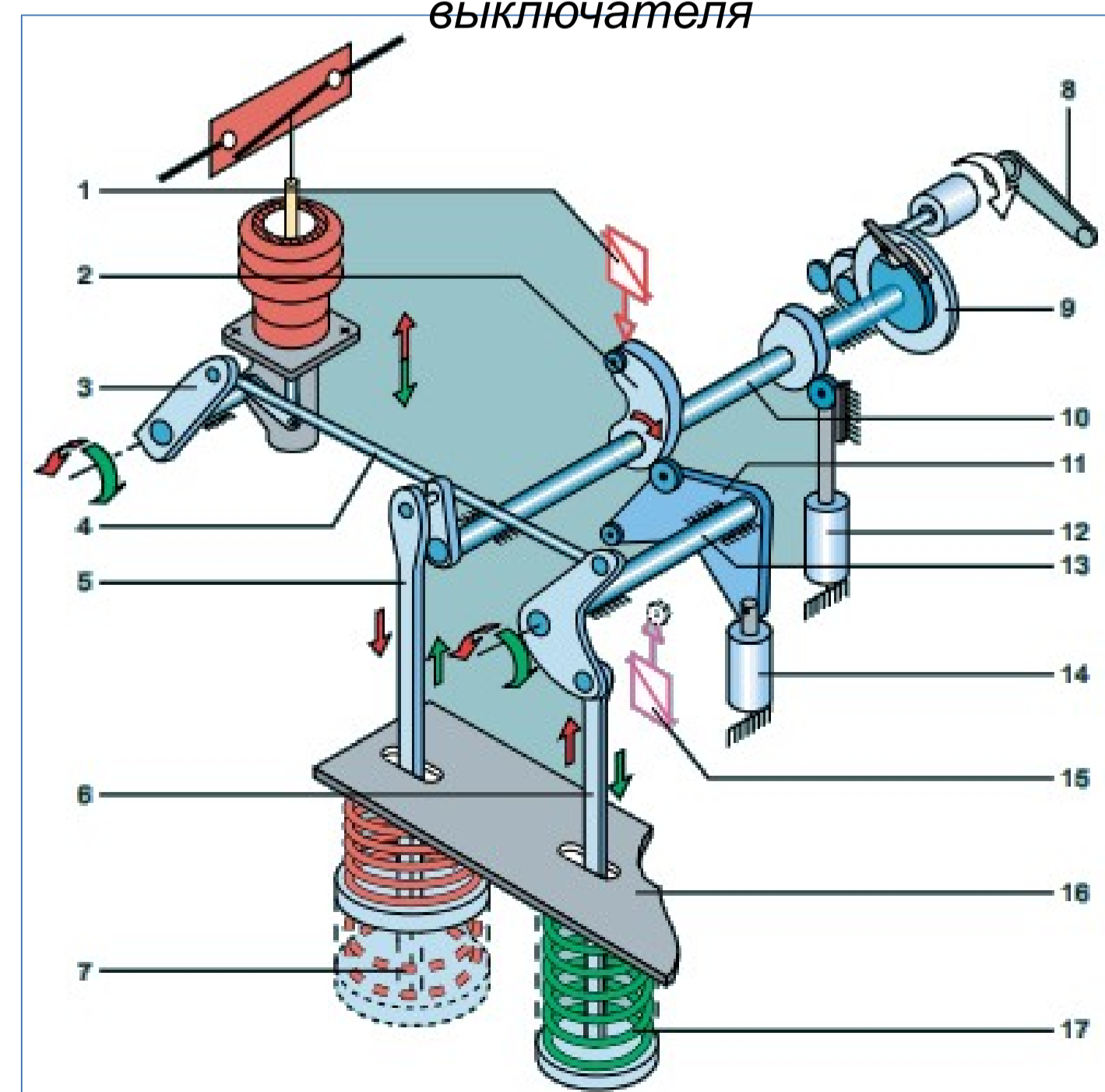
Описание шкафа управления разъединителя

№	Наименование
1	Алюминиевый корпус
2	Редуктор с двигателем
3	Элементы системы управления и вспомогательный выключатель

Управление приводом заземляющего ножа



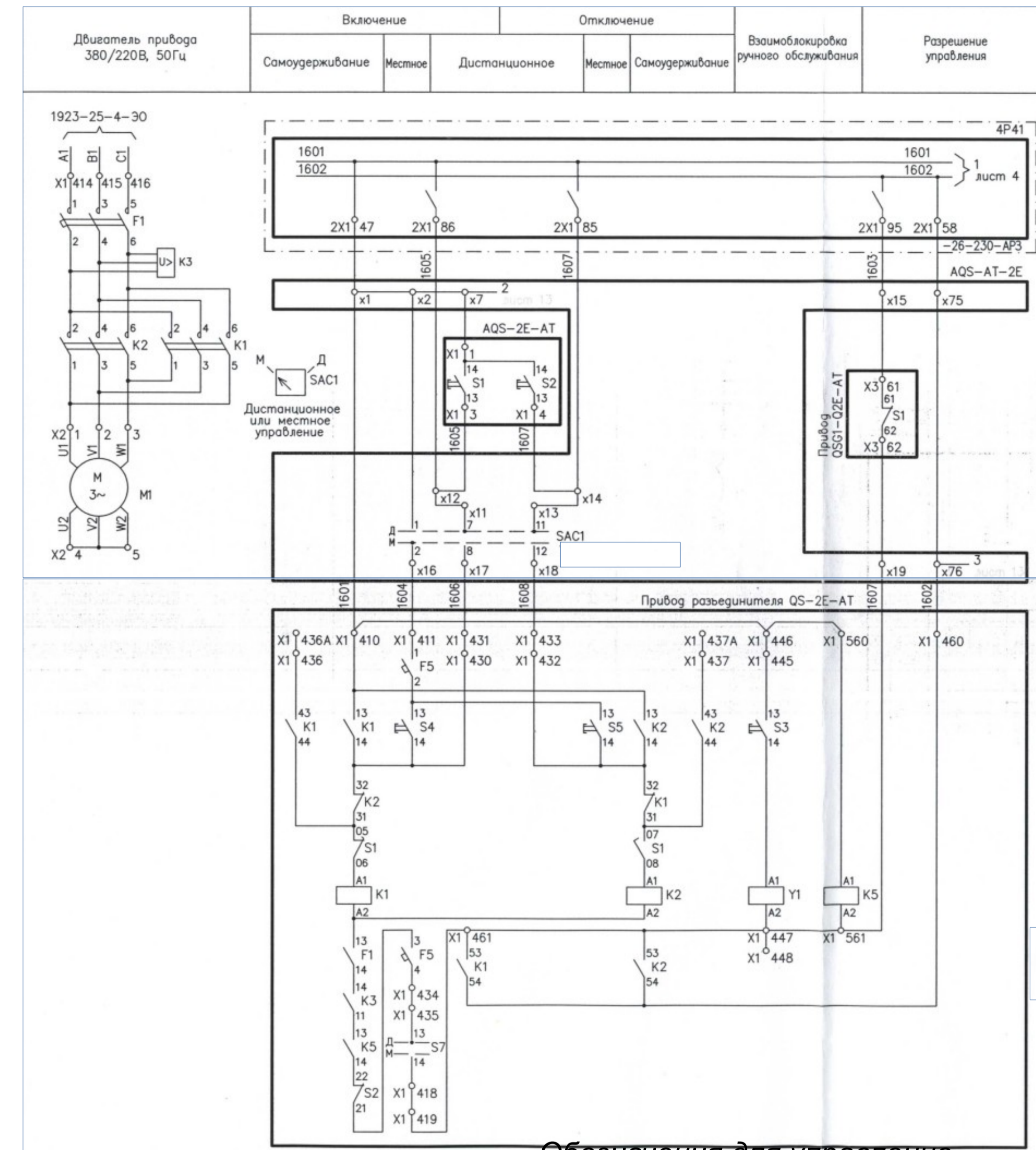
Управление приводом выключателя



Обозначения для управление приводом выключателя

№	Наименование
1	Соленоид включения
2	Эксцентрик
3	Поворотный механизм
4	Приводная тяга
5	Шатун пружин включения
6	Шатун пружин выключения
7	Пружина включения
8	Ручьятка ручного взвода пружин включения
9	Механизм взвода пружины отключения
10	Вал взвода пружины
11	Рычаг с роликами
12	Амортизатор механической цепи включения
13	Вал включения
14	Амортизатор механической цепи отключения
15	Соленоид отключения
16	Корпус привода
17	Пружина отключения

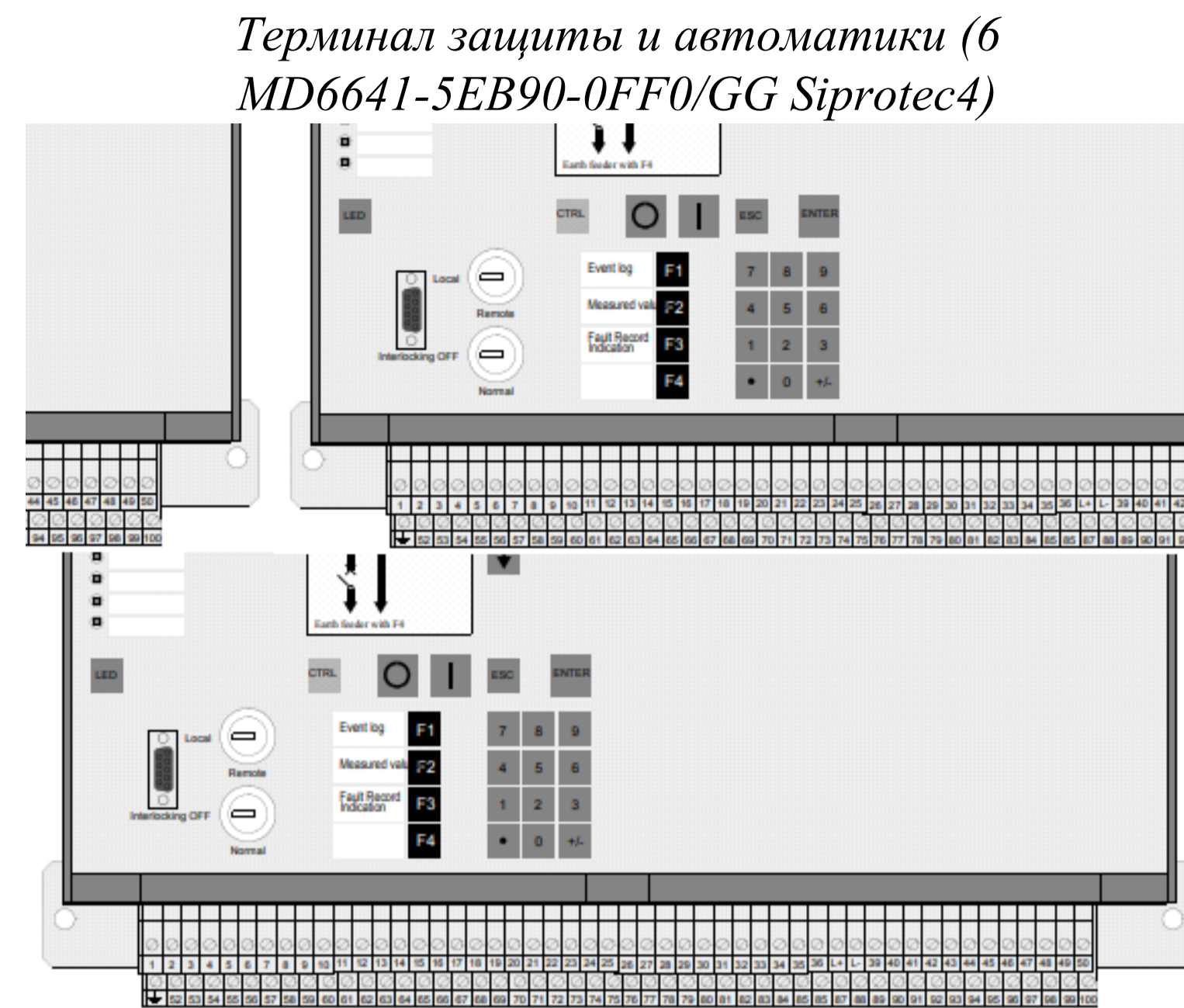
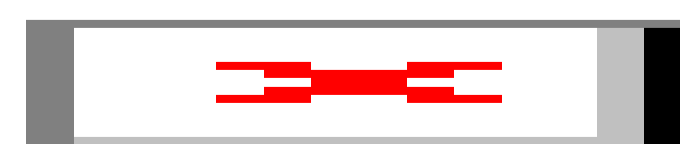
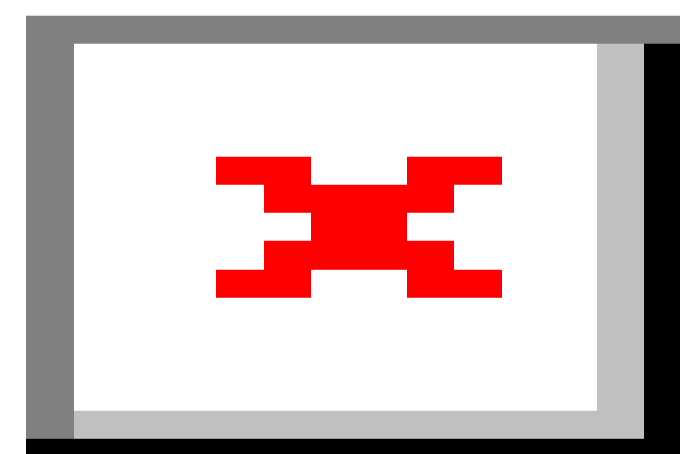
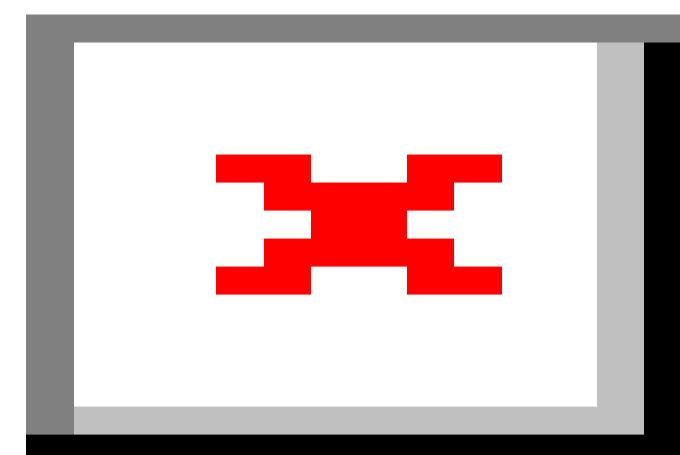
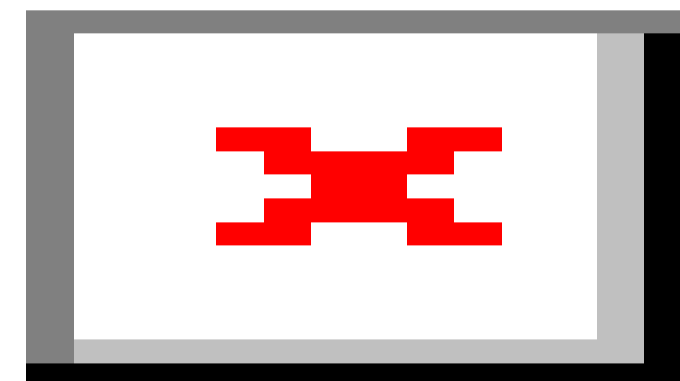
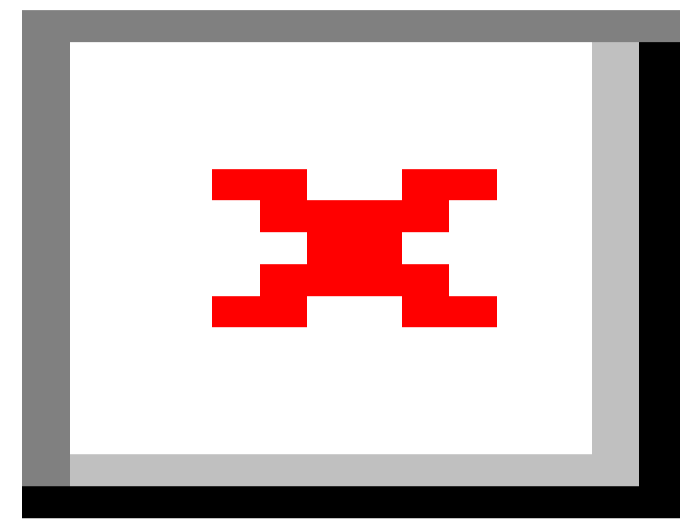
Управление приводом разъединителя



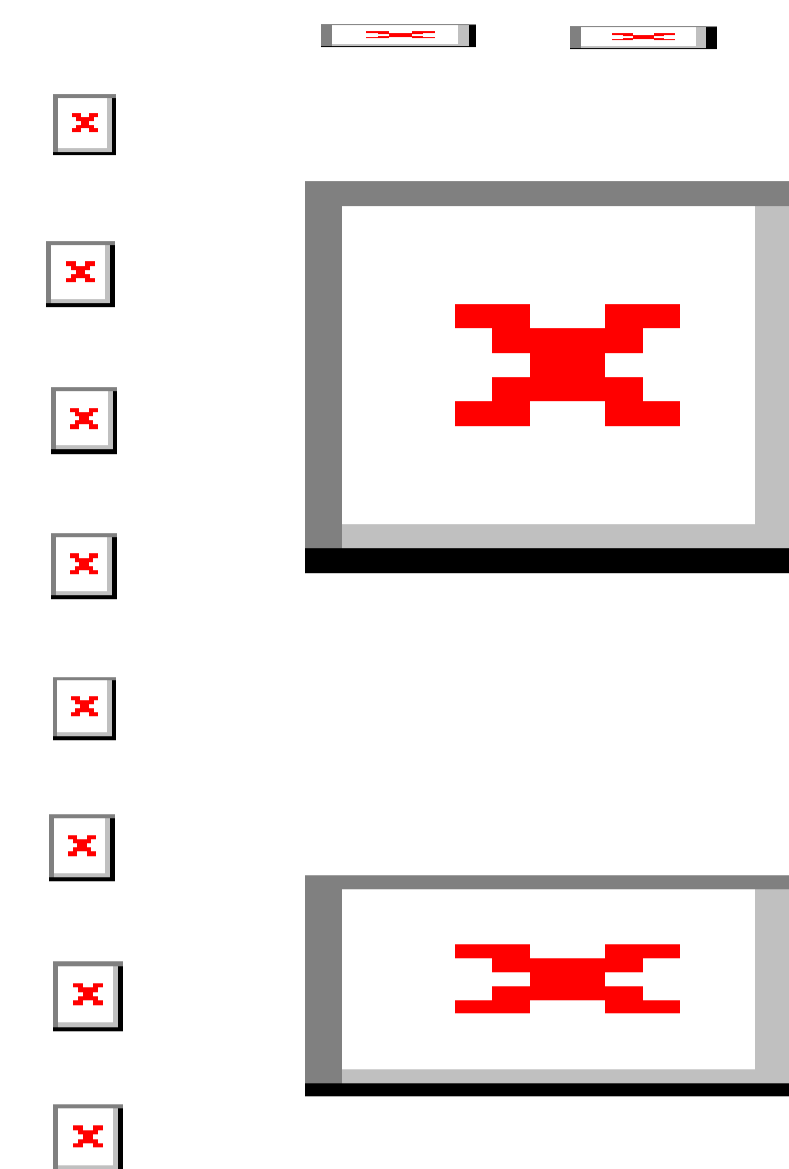
Обозначения для управление приводом заземляющего ножа и разъединителя

Наименование	Описание
S1	Дистанционная кнопка включения
S2	Дистанционная кнопка выключения
S4	Местная кнопка включения
S5	Местная кнопка выключения
S7	Местное переключение режимов
SAC	Дистанционное переключение режимов
Y1	Электромагнит, срабатывающий при нажатии S3
K1	Контакт привода двигателя
K2	Контакт привода двигателя
K3	Реле контроля привода двигателя
K5	Контакт, показывающий присутствие оперативного тока
F1	Автомат защиты электродвигателя
F5	Автомат, отвечающий за защиту цепи

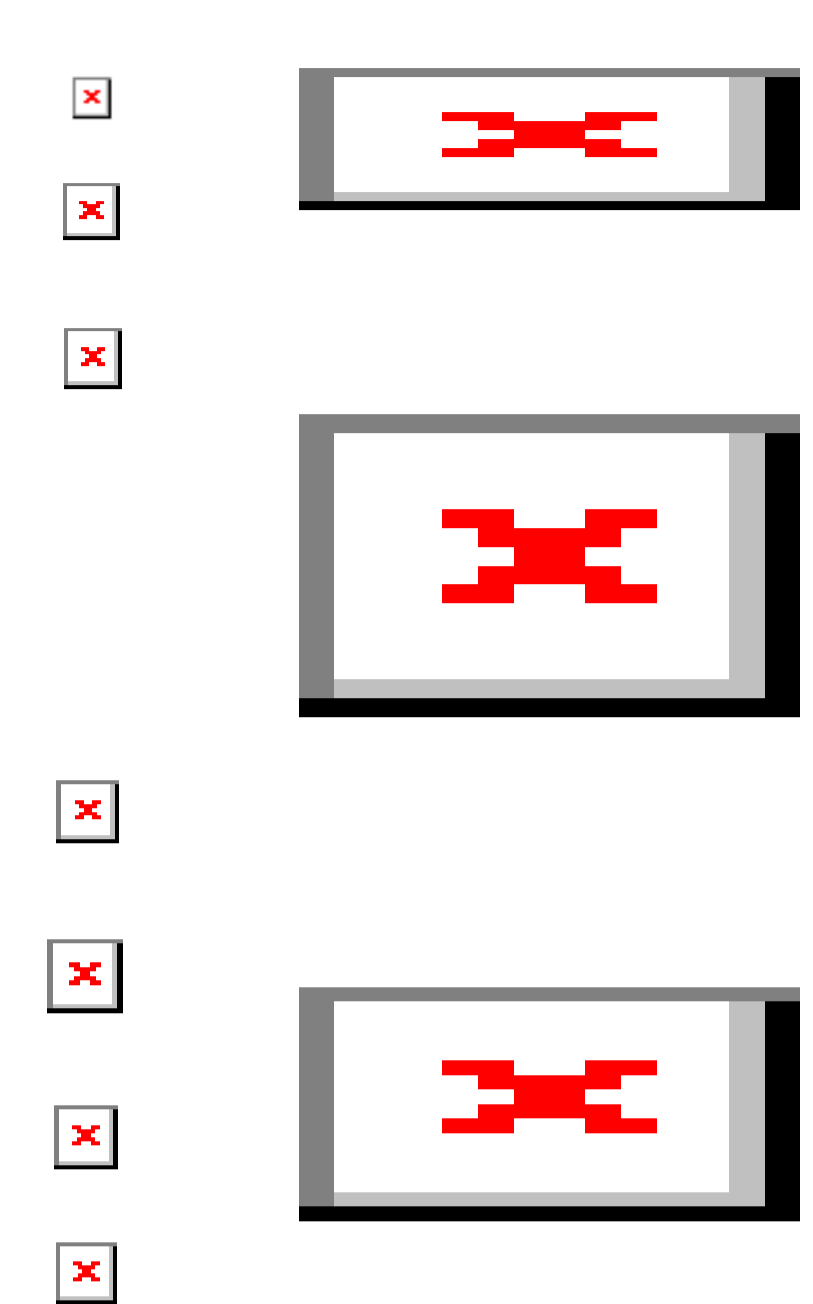
Шкаф управления и блокировок (ШУП 1)



Клавиши на панели управления устройства Siprotec



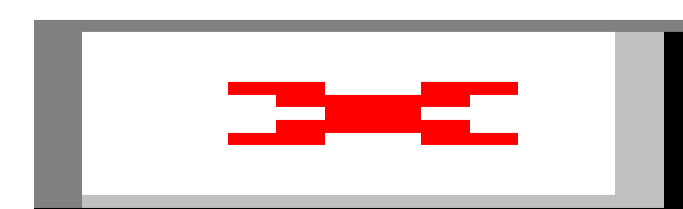
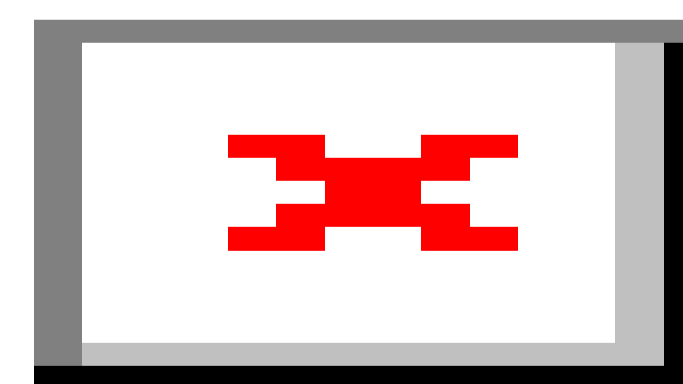
Клавиши на панели управления устройства Siprotec



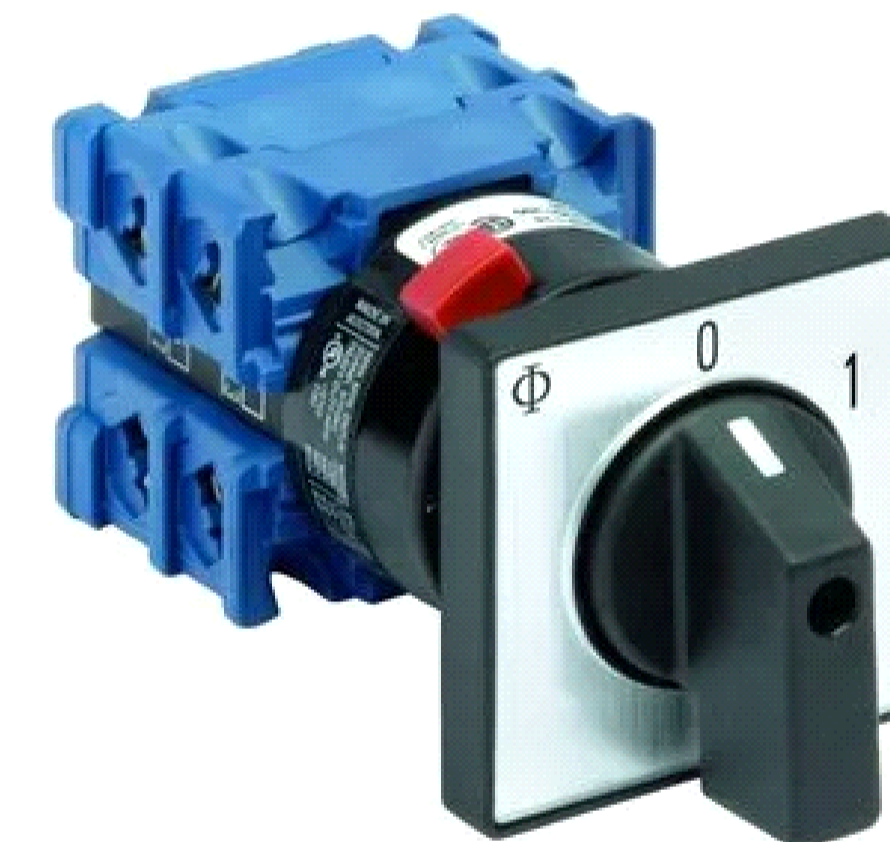
Измеритель электрических величин Siemeas-P7KG7750



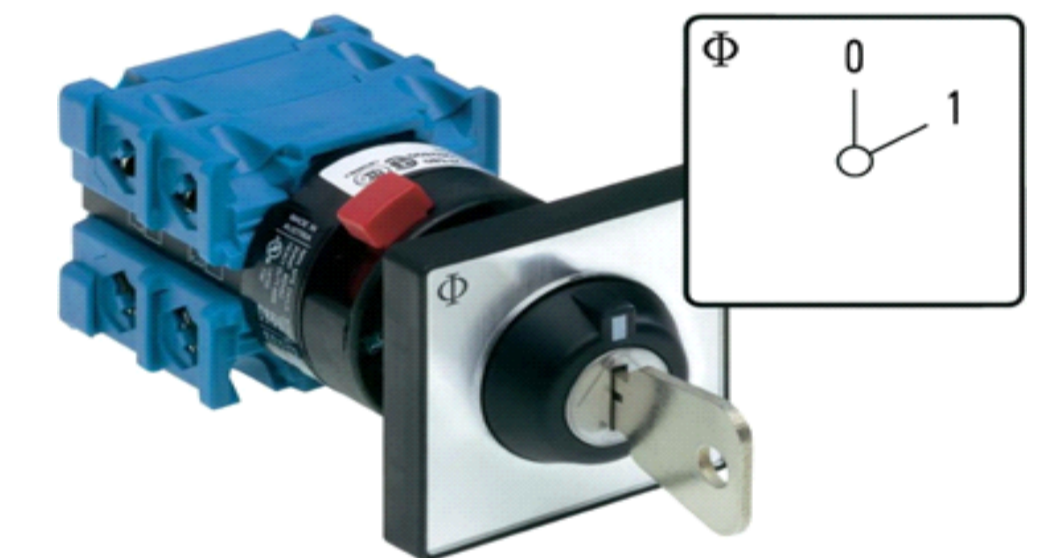
Метрологические характеристики SICAM P по току, напряжению и частоте



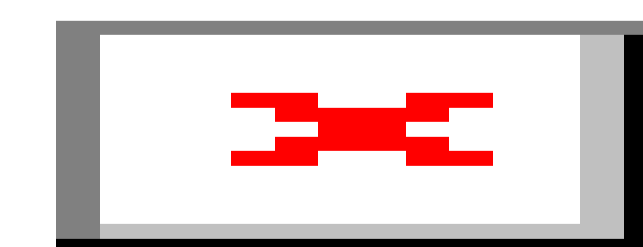
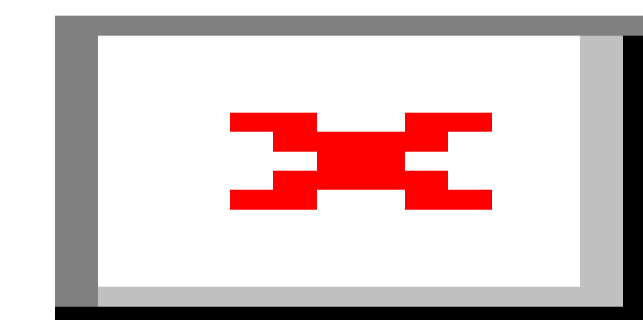
Поворотный переключатель CH10-A292-600-FT2



Поворотный переключатель с ключом CH10-A292-600-V750/A-1B



Метрологические характеристики SICAM P по комплексным параметрам



				ВКР.184012.15.03.04.С		
				Х		
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ШУП-1 и его оснащение	Литера	Масштаб
Разраб.	Мысов В.Е.				у	1:1
Провер.	Рыбазёв А.Н.				Лист 4	Листов 6
Т.Контр.	Рыбазёв А.Н.				АМГУ Кафедра АППиЭ	
Н.Контр.	Скрипко О.В.			Модернизация системы защиты и диспетчерского управления системой распределения электрической энергии на ГЭС		
Утвержд.	Скрипко О.В.					

MODE

SCADA система

CODESYS

Программа в контроллере

Модель панели контроллера

Модель электрической схемы управления

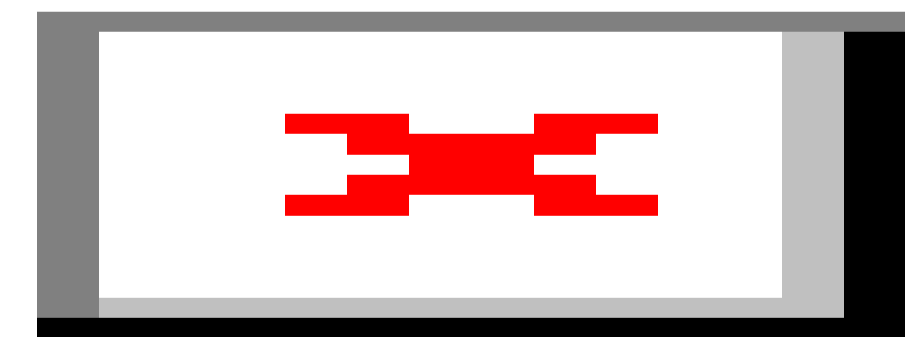
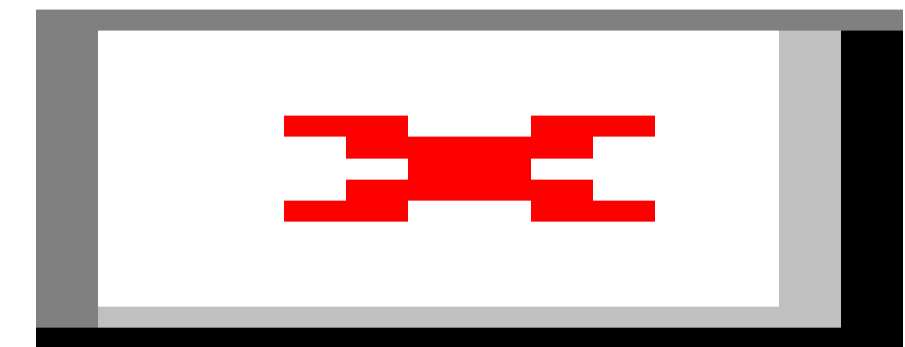
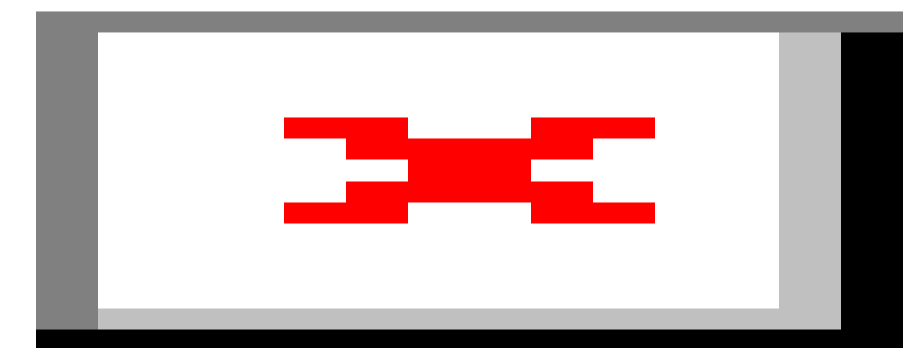
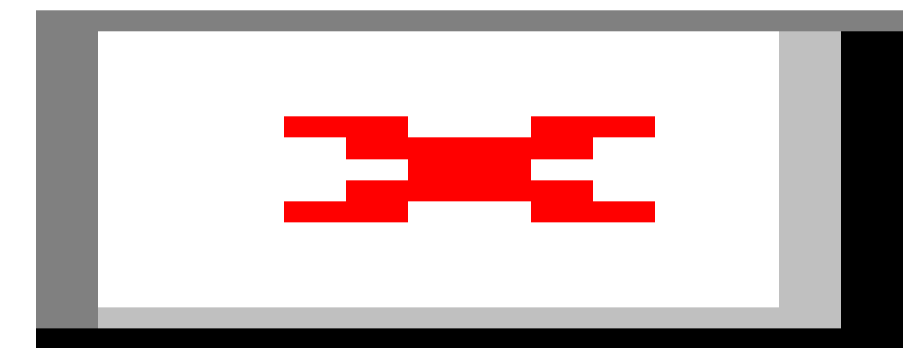
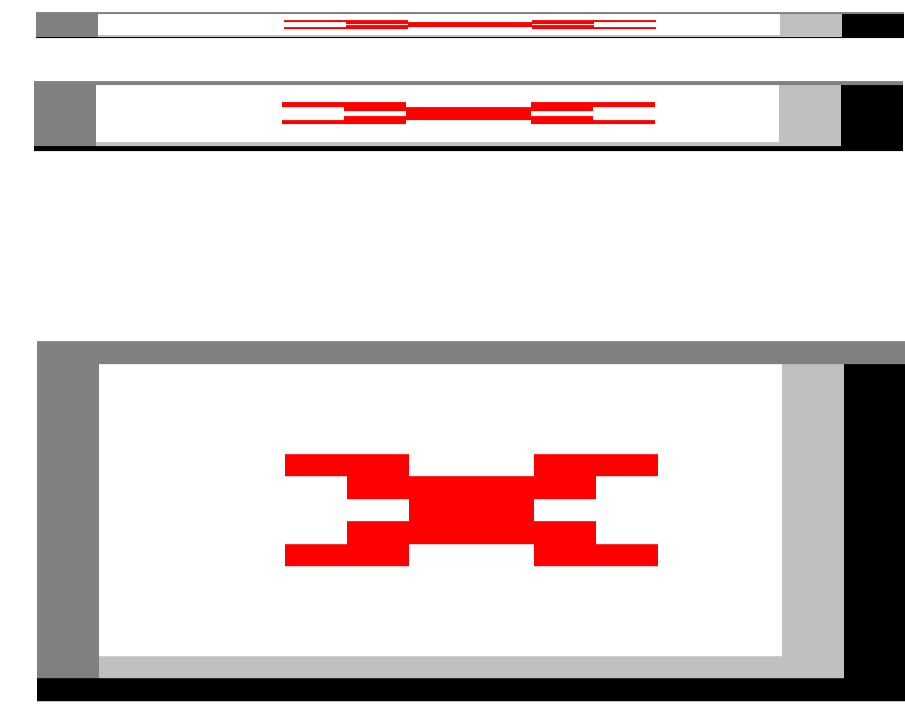
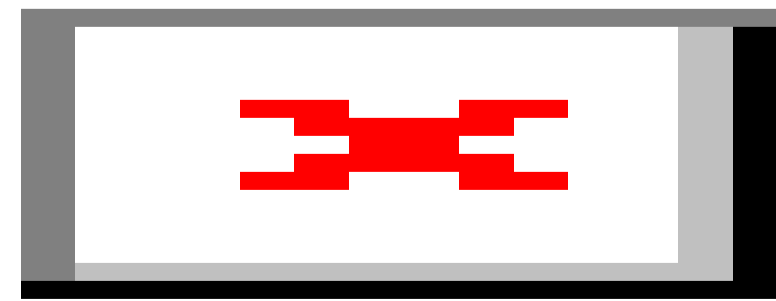
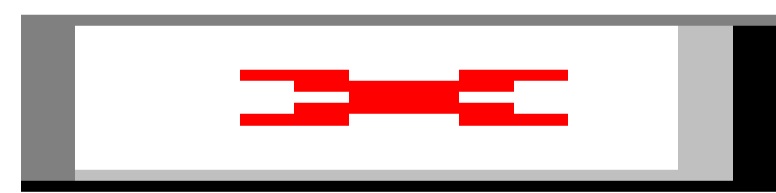
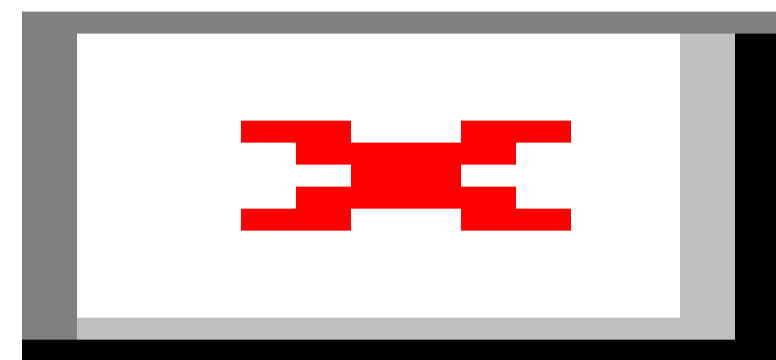
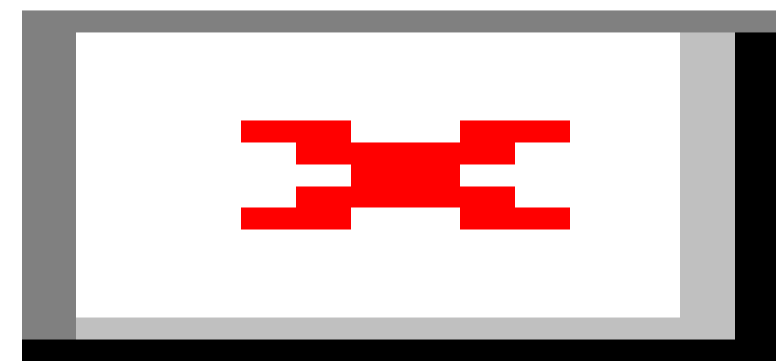
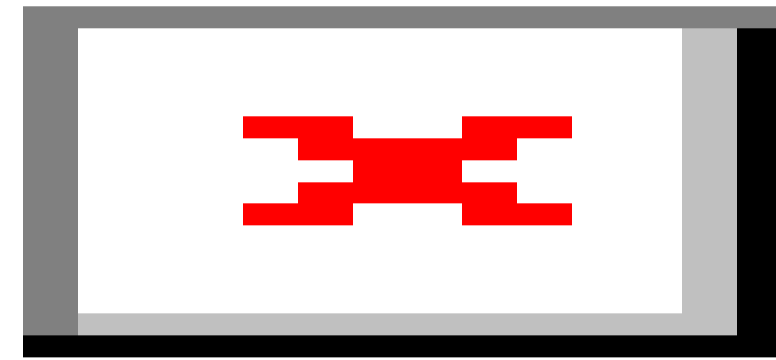
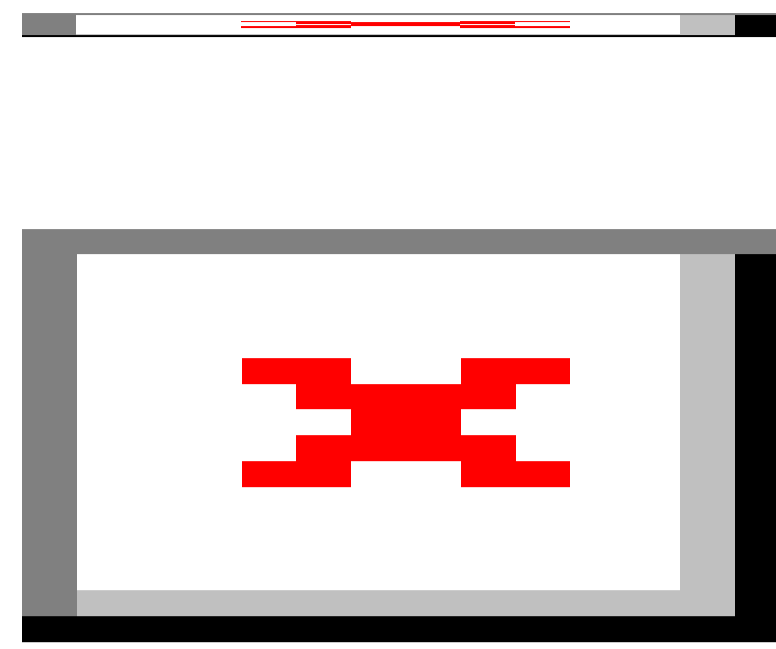
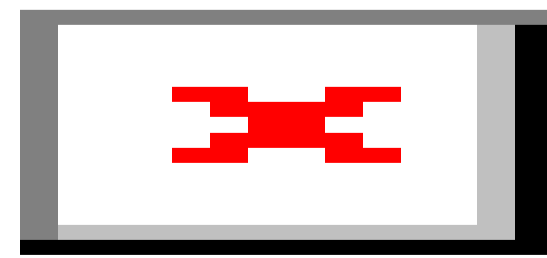
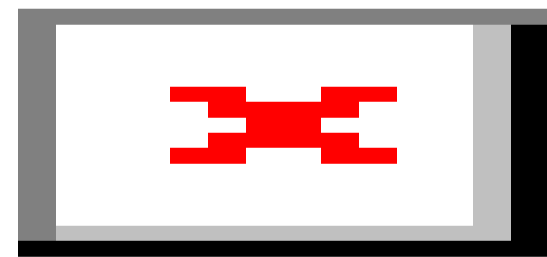
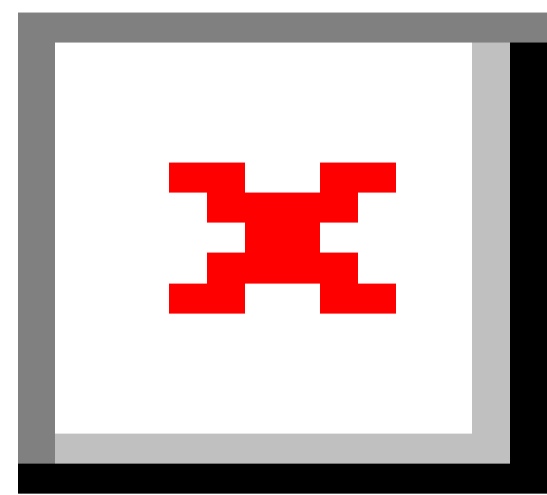
Визуализация местного управления

Модель первой ячейки ОРУ-220

Модель первой ячейки ОРУ-220

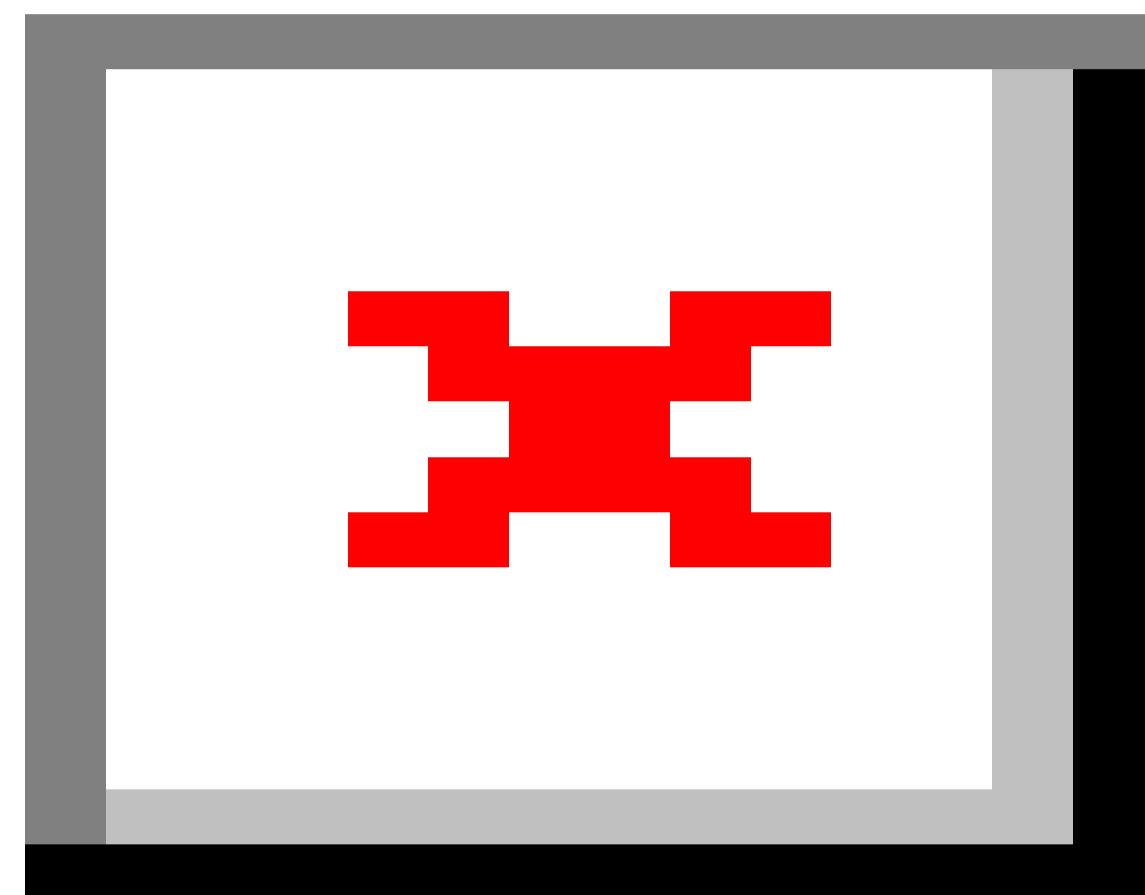
Модель электрической схемы управления

Программа в контроллере

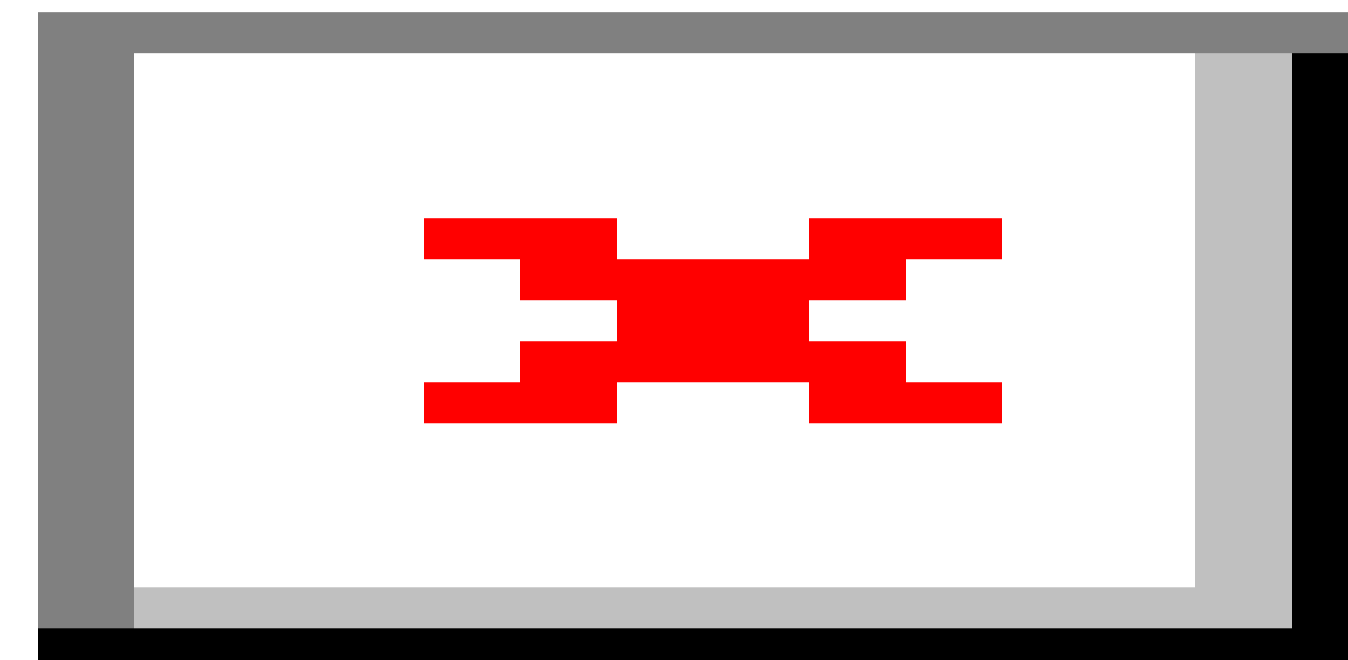


				ВКР.184012.15.03.04.С			
				Х			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Литера	Масштаб	
Разраб.	Мысов В.Е.				у	1:1	
Провер.	Рыбазёв А.Н.				Лист 5	Листов 6	
Т.Контр.	Рыбазёв А.Н.						
Н.Контр.	Скрипко О.В.	Модернизация системы защиты и диспетчерского управления системой распределения электрической энергии на ГЭС				АМГУ Кафедра АППиЭ	
Утвержд.	Скрипко О.В.						

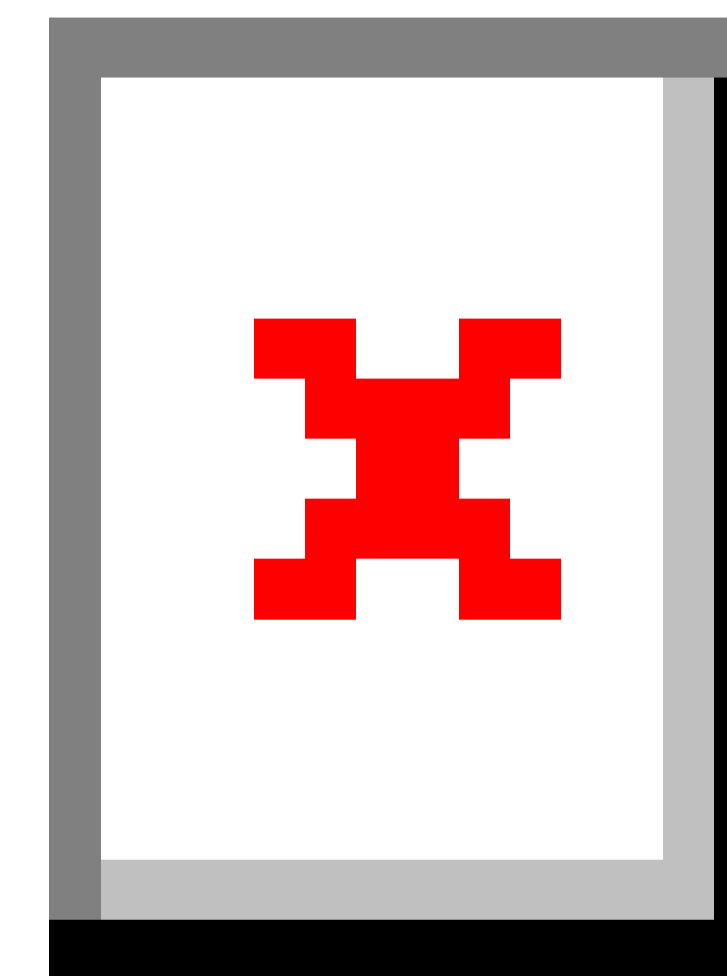
Визуализация местного управления
(кнопки управление)



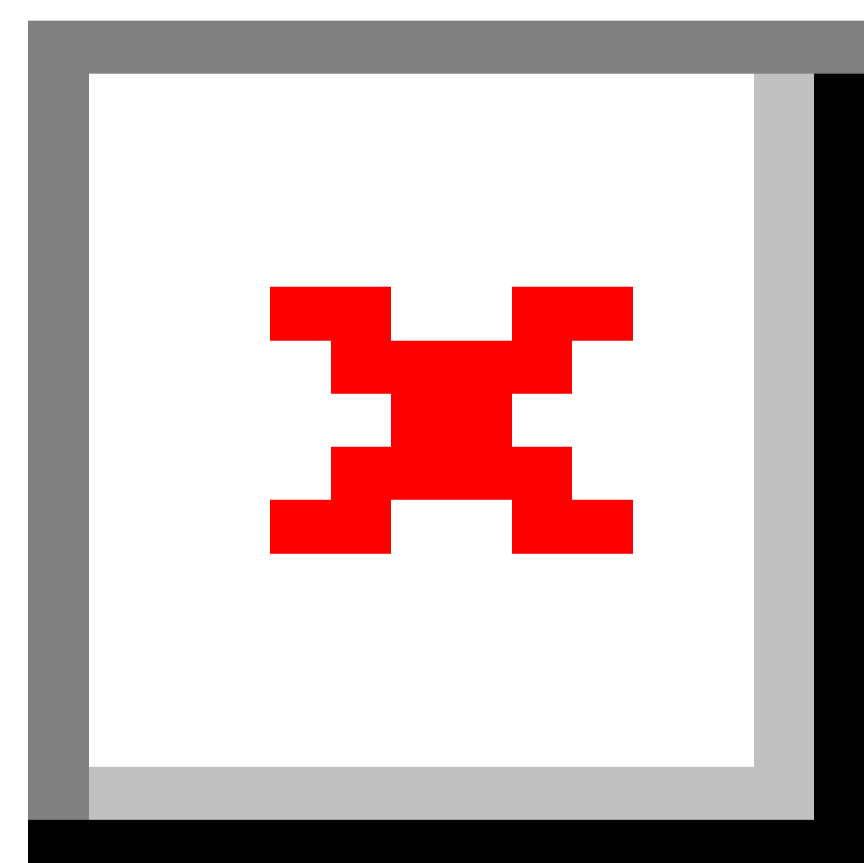
Визуализация местного управления
(выбор управления)



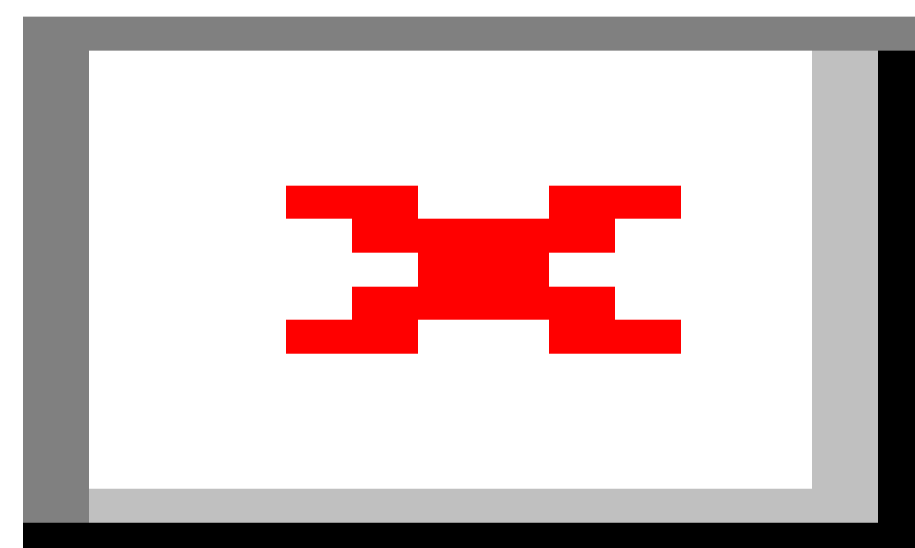
Модель панели контроллера



SCADA система
(экран диспетчера)



SCADA система
(привязка переменных)



				ВКР.184012.15.03.04.С				
				Х				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Визуализации местного и дистанционного управления	Литера	Масса	Масштаб
Разраб.	Мысов В.Е.					у		1:1
Провер.	Рыбазёв А.Н.					Лист 6	Листов 6	
Т.Контр.	Рыбазёв А.Н.							
Н.Контр.	Скрипко О.В.				Модернизация системы защиты и диспетчерского управления системой распределения электрической энергии на ГЭС	АМГУ Кафедра АППиЭ		
Утвержд.	Скрипко О.В.							