

16+



Мальшева Н.Н.

Щекочихин А.В.

Сорокин П.Ю.

**ПРОВЕРКА РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ
СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА
НА ВЫСОКОАВТОМАТИЗИРОВАННОЙ
ПОДСТАНЦИИ**

ПРАКТИКУМ

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Нижевартовский государственный университет

Мальшева Н.Н.
Щекочихин А.В.
Сорокин П.Ю.

**Проверка релейной защиты силового
трансформатора на высокоавтоматизированной
подстанции**

Практикум

Нижевартовск
НВГУ
2025

Печатается по решению
Ученого совета ФГБОУ ВО «Нижевартовский государственный университет»

Рецензенты:

д-р техн. наук, доцент, доцент, Энергетический институт *А.А. Татевосян*;

к-т техн. наук, доцент, главный специалист отдела локальных экспертиз,
Ханты-Мансийский филиал ФАУ «Главгосэкспертиза России», *А.В. Беспалов*

Малышева Н.Н., Щекочихин А.В., Сорокин П.Ю.

М 20 Проверка релейной защиты силового трансформатора на высокоавтоматизированной подстанции: практикум / Н.Н. Малышева, А.В. Щекочихин, П.Ю. Сорокин. Нижневартовск: изд-во НВГУ, 2025. 111 с.

ISBN 978-5-00047-727-4

В практикуме изложены принципы работы с терминалом БЭ2704 051 пошагово и с иллюстрациями указаны действия по подключению, конфигурированию уставок защит и наладке терминала с использованием измерительных установок РЕТОМ-61 и РЕТОМ-61850. Содержится информация по настройке обмена GOOSE-сообщениями на прием и передачу по стандарту МЭК-61850. Приведена работа с сетевым трафиком на высокоавтоматизированной подстанции.

Представлена работа в специализированном программном обеспечении, таком как: сервер связи, программа мониторинга, ЭКРА Mix, конфигуратор МЭК 61850, Waves, сетевой анализатор wireshark, ПО РЕТОМ-61 и РЕТОМ-61850. Рассмотрен пример взаимодействия РЕТОМ-61 и РЕТОМ-61850 с терминалом БЭ2704 для проверки во время эксплуатации микропроцессорных устройств защиты.

Практикум предназначен для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» и 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» Лабораторные работы практикума относятся к разделам дисциплин по релейной защите, связанных с изучением защит силового трансформатора, развитием практических навыков при проверке защит силового трансформатора во время обслуживания и текущего ремонта.

ББК 31.261.8+31.27-051.3

ISBN 978-5-00047-727-4



© Малышева Н.Н., Щекочихин А.В., Сорокин П.Ю., 2025
© НВГУ, 2025

Содержание

Введение	6
Общее описание стенда	7
Лабораторная работа № 1 «Знакомство с принципами работы стенда и программным обеспечением»	14
1.1. Теоретическая часть	14
1.2. Экспериментальная часть	16
1.3. Контрольные вопросы	29
1.4. Содержание отчета.....	29
Лабораторная работа № 2 «Параметрирование защит в соответствии с бланком уставок»	30
2.1. Теоретическая часть	30
2.2. Экспериментальная часть	33
2.3. Контрольные вопросы	34
2.4. Содержание отчета	34
Лабораторная работа № 3 «Редактирование таблицы имен в соответствии с проектом к учебному стенду»	35
3.1. Теоретическая часть	35
3.2. Экспериментальная часть	36
3.3. Контрольные вопросы	39
3.4. Содержание отчета	40
Лабораторная работа № 4 «Проверка правильности отображения аналоговых величин»	41
4.1. Теоретическая часть	41
4.2. Экспериментальная часть	42
4.3. Контрольные вопросы	49
4.4. Содержание отчета	49
Лабораторная работа № 5 «Добавление исходящего GOOSE – сообщения в РЕТОМ-61850»	50
5.1. Теоретическая часть	50
5.2. Экспериментальная часть	56
5.3. Контрольные вопросы	66
5.4. Содержание отчета	67
Лабораторная работа № 6 «Подписка терминала БЭ2704 041 на прием GOOSE – сообщения от РЕТОМ-61850»	68
6.1. Теоретическая часть	68
6.2. Экспериментальная часть	69
6.3. Контрольные вопросы	76
6.4. Содержание отчета	76
Лабораторная работа № 7 «Настройка устройства релейной защиты и автоматики БЭ2704 041 на прием-передачу GOOSE-сообщений»	77
7.1. Теоретическая часть	77
7.2. Экспериментальная часть	83

7.3. Контрольные вопросы	91
7.4. Содержание отчета	91
Лабораторная работа № 8 «Проверка тормозной характеристики ДЗТ»	92
8.1. Теоретическая часть	92
8.2. Экспериментальная часть	94
8.3. Контрольные вопросы	101
8.4. Содержание отчета	101
Список литературы	102
Приложение А Комплект схем учебного стенда: защита трансформатора ТДТН-40000/110/35/6 в схеме «110-5Н» на базе терминала БЭ2704 041	105

Введение

Интеграция цифровых технологий и силового оборудования в различных областях энергетики, в том числе и в релейной защите создает новые стандарты и подходы к проверке и обслуживанию устройств. Появление сложных микропроцессорных устройств релейной защиты, способных обмениваться цифровыми сигналами по новым протоколам для энергетики ставит комплексные задачи в изучении данных процессов [17].

Задачей практикума является интеграция промышленных образцов микропроцессорной релейной защиты в образовательный процесс, и формирование представления о конструкции, функциональных возможностях интеллектуальных электронных устройств релейной защиты. Развитие компетенций по проверке микропроцессорных терминалов.

Практикум представляет порядок иллюстрированных действий при проверке уставок во время эксплуатации и наладке микропроцессорного терминала в формате лабораторных работ. Лабораторные работы включают в себя теоретическую часть необходимую для выполнения экспериментальной части. А также перечень контрольных вопросов для освоения и закрепления изученного материала. Выполнение лабораторных работ направлено на развитие практических навыков при работе с современным оборудованием высокоавтоматизированной подстанции. Приведенные методики соответствуют современным требованиям и рекомендациям существующих нормативных документов в релейной защите.

Практикум содержит материалы ООО НПП «Экра» из руководства по эксплуатации терминала БЭ2704 051, и материалы НПП «Динамика» из руководства по эксплуатации РЕТОМ-61850. Данные материалы оптимизированы в формате обучающей программы для представления информации в более наглядной для обучения форме.

Общее описание стенда

На основе устройства сконструирован экспериментальный стенд, который обеспечивает доступность работы с блоком, возможность эксплуатации блока в реальных условиях работы. Основу стенда занимает стальной каркас с лицевой панелью, на которой располагаются элементы сигнализации (светодиоды), элементы управления (переключатели), а также лицевые панели блоков микропроцессорной защиты [2; 8; 34]. Питание блока осуществляется при помощи электрической сети промышленной частоты и подключается к блоку питания. Все выходные контакты терминала релейной защиты выведены на клеммное устройство, обеспечивающее доступ ко всем цепям защит для подключения проверочных устройств (РЕТОМ-21, РЕТОМ-61, РЕТОМ-61850) [5; 13; 27].

Лицевая сторона учебного стенда поделена на две половины:

1) Панель управления У2, с которой осуществляется выдача команд управления на первичное оборудование В-110 Луч 1, СВ-110, В-35 1Т, В-6 1Т. Режим управления выключателям задает общий ключ SAC1 «Режим управления В-110 Луч 1, СВ-110, В-35 1Т, В-6 1Т» (данное решение не применяется на реальных объектах, т.к. управление каждого выключателя сопряжено с отдельным ключом «выбор режима управления»). Часть мнемосхемы 110-5Н [12].

2) Панель ЗР, в которой организована защита трансформатора с оперативными переключателями:

- а) SA1 – Вывод терминала;
- б) SA2 – Ввод/ вывод ДЗТ;
- в) SA3 – Ввод/ вывод МТЗ ВН;
- г) SA4 – Ввод/ вывод МТЗ СН;
- д) SA5 – Ввод/ вывод МТЗ НН1 [33];
- е) SA6 – Газовая защита РПН Т1 на сигнал/откл;
- ж) SA7 – Газовая защита Т1 на сигнал/откл;
- з) SA8 – Отключение В-6 1Т с АВР (воздействие на терминал);
- и) SA9 – Отключение В-35 1Т с АВР;
- к) SA10 – Отключение В-110 Луч1;
- л) SA11 – Отключение СВ-110;
- м) Указательные реле: КН1 – срабатывание защит, КН2 – неисправность;
- н) Светодиодная сигнализация;
- о) Кнопка съема сигнала с терминала и панели SB1 [33];

3) С обратной стороны стенда установлены: реле фиксации (РП-11) – для имитации управления и положения выключателя, выходное реле «К7» для размножения контактов, и чтобы снять нагрузку с выходных реле терминала, которые коммутируют катушку отключения выключателя (пример взят со шкафа ШЭ2607 041), автомат питания АВ-0,22 – SF1 «Автомат питания терминала» [3, 4, 31]. (рис. 1).

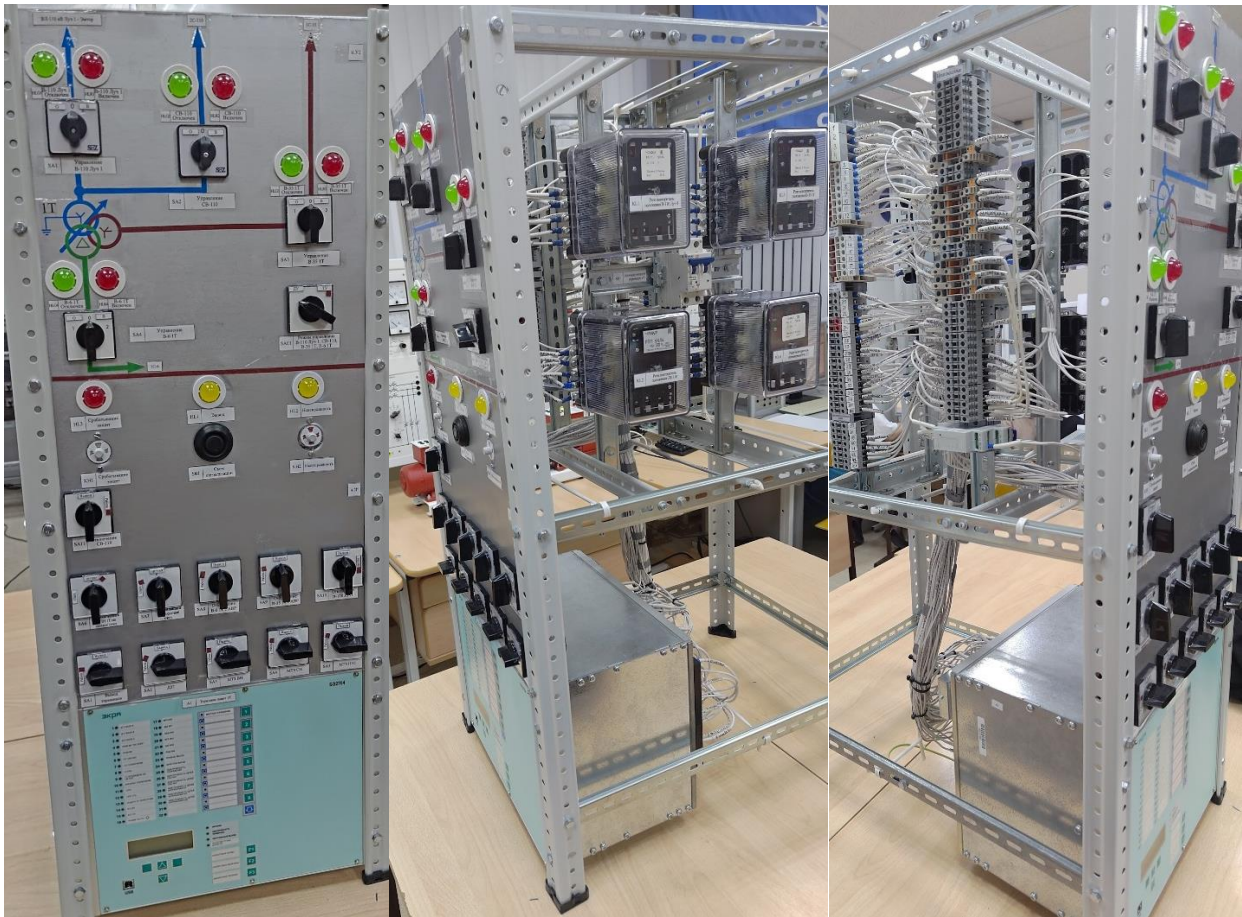


Рис. 1. Фото стенда

Терминал БЭ2704 041 для стенда представлен производителем ООО НПП «Экра».

БЭ2704 041 предназначен для защиты трансформатора (Т), который реализует функции основных и резервных защит трансформатора и содержит:

- а) дифференциальную токовую защиту Т (ДТЗ) от всех видов КЗ внутри бака [7, 19, 25];
- б) токовую защиту нулевой последовательности стороны высшего напряжения ВН (ТЗНП);
- в) максимальную токовую защиту стороны высокого напряжения (ВН) с пуском по напряжению (МТЗ ВН);
- г) максимальную токовую защиту стороны среднего напряжения (СН) с пуском по напряжению (МТЗ СН);
- д) максимальную токовую защиту стороны низшего напряжения 1 секции (НН1) с пуском по напряжению (МТЗ НН1) [32];
- е) максимальную токовую защиту стороны низшего напряжения 2 секции (НН2) с пуском по напряжению (МТЗ НН2);
- ж) реле минимального напряжения сторон СН, НН1 и НН2, реагирующие на понижение междуфазного напряжения для пуска по напряжению МТЗ ВН, МТЗ СН, МТЗ НН1, МТЗ НН2;

з) реле максимального напряжения сторон СН, НН1, НН2, реагирующие на повышение напряжения обратной последовательности для пуска по напряжению МТЗ ВН, МТЗ СН, МТЗ НН1, МТЗ НН2;

и) защиту от перегрузки (ЗП);

к) реле тока для блокировки РПН при перегрузке;

л) токовые реле для пуска автоматики охлаждения;

м) реле минимального напряжения сторон СН, НН1, НН2, реагирующие на понижение междуфазного напряжения для блокировки РПН;

н) УРОВ выключателя ВН;

о) Защиту от потери охлаждения;

п) ГЗТ сигнальная и отключающая ступени;

р) ГЗ РПН;

с) логику пуска пожаротушения [28–30; 33; 35].

Вторичные обмотки измерительных трансформаторов тока (ТТ) и напряжения (ТН) подключаются в соответствии со схемой (рис. 2) [1; 9]. ТТ принимают сигналы от внешних устройств, обеспечивают гальваническую развязку цепей РЗА, снижают ток до измеряемых величин и передают сигнал в блок аналого-цифрового преобразователя (АЦП) [24]. Зажимы терминала БЭ2704 X1 и X2 выбраны в соответствии с базисным током от 1 до 4 А.

Сигналы от измерительных трансформаторов фильтруются относительно входного тока и напряжения. Затем преобразуются в цифровой формат и поступают в сигнальный процессор [6]. Сигналы из логической части устройства поступают в исполнительную, где расположены выходные реле, включенные в цепи внешних коммутационных устройств [11; 14; 23]. Схема подключения вторичных цепей изображена на рисунках 3–6 [17].

Цепи переменного тока и напряжения

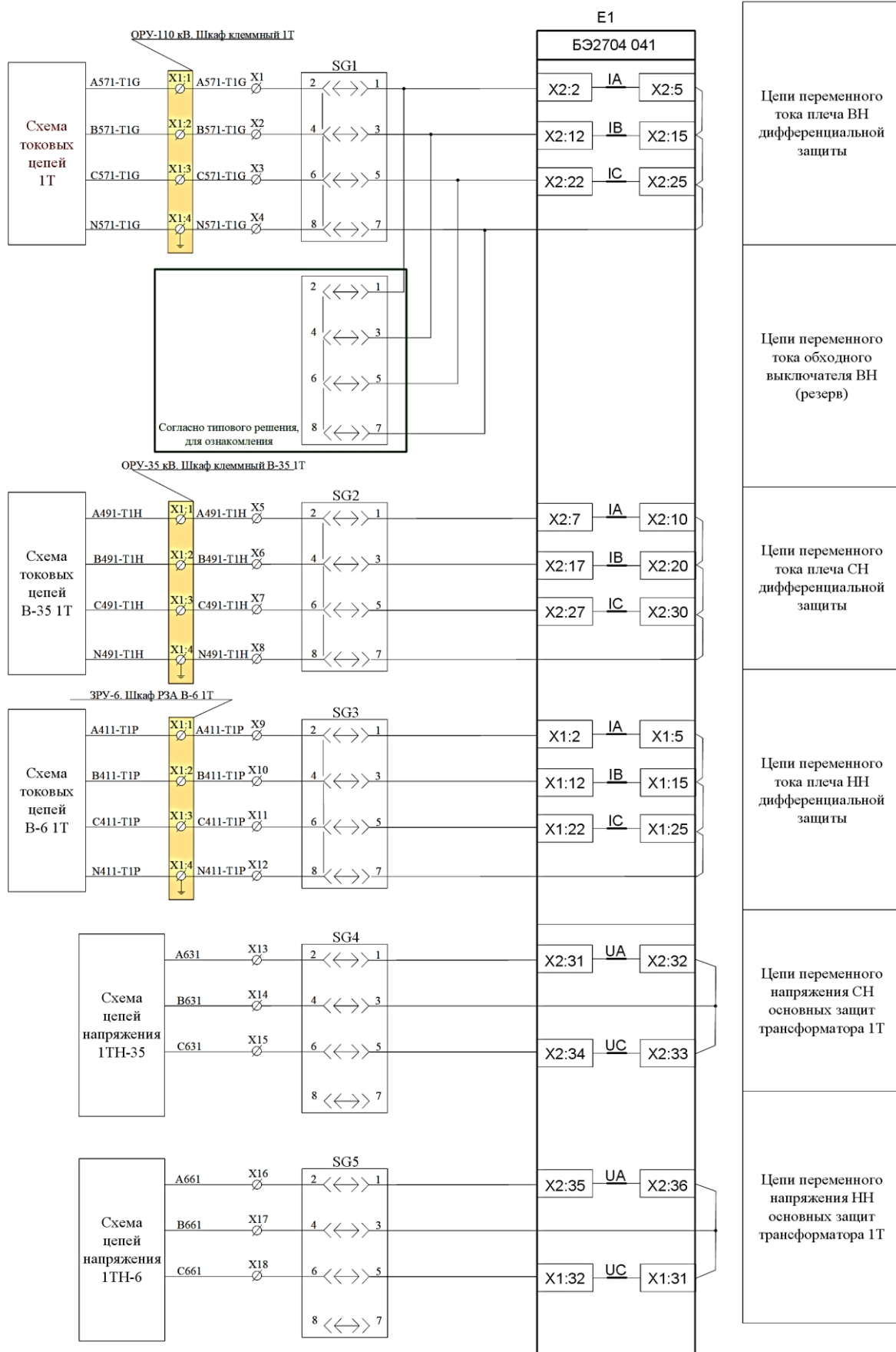


Рис. 2. Схема подключения цепей напряжения и тока к блоку БЭ2704 041

Оперативные цепи комплекта E1

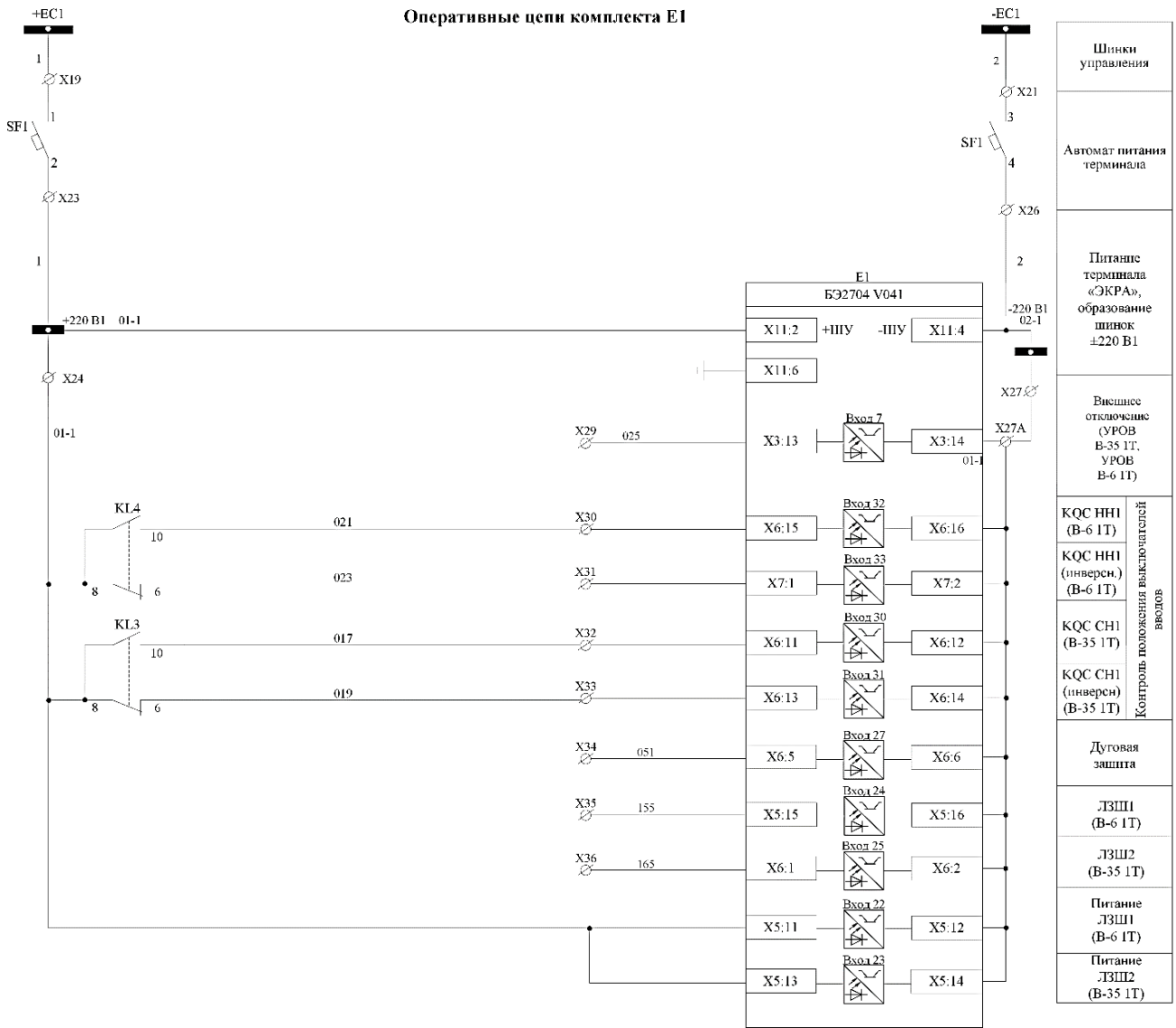
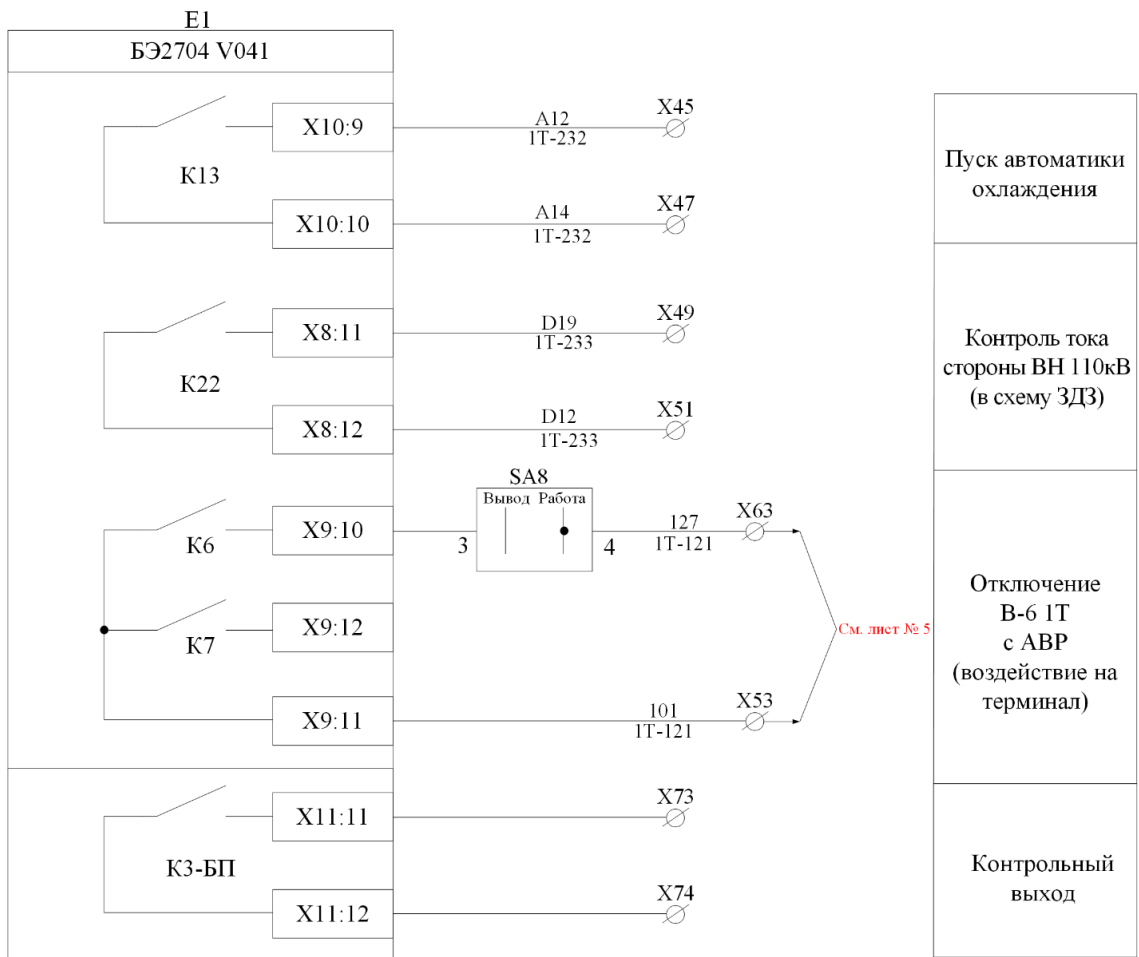


Рис. 3. Фрагмент схемы подключения дискретных входов БЭ2704 041



Рису. 4. Фрагмент схемы подключения дискретных выходов БЭ2704 041

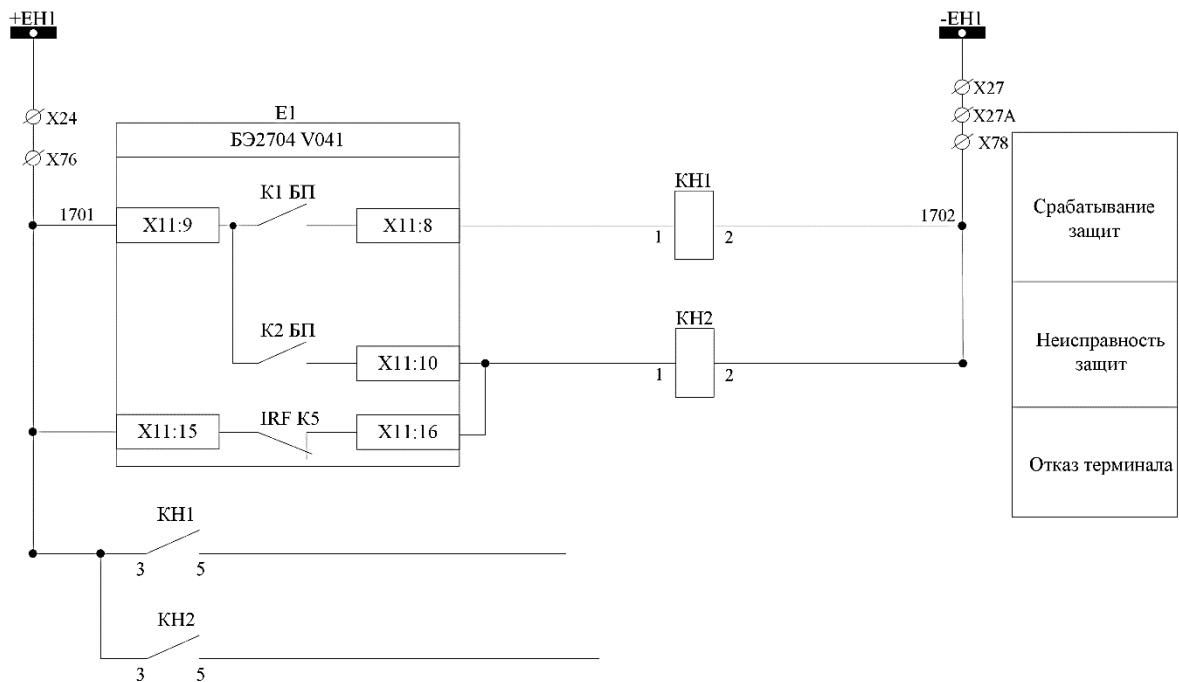


Рис. 5. Фрагмент схемы подключения БЭ2704 041 к цепям сигнализации

		<i>Цети переменного тока</i>		<i>EI:</i>
<i>A571</i>		<i>1</i>		<i>EI: X2-2</i>
<i>B571</i>		<i>2</i>		<i>EI: X2-12</i>
<i>C571</i>		<i>3</i>		<i>EI: X2-22</i>
<i>N571</i>		<i>4</i>		<i>EI: X2-25</i>
<i>A491</i>		<i>5</i>		<i>EI: X2-7</i>
<i>B491</i>		<i>6</i>		<i>EI: X2-17</i>
<i>C491</i>		<i>7</i>		<i>EI: X2-27</i>
<i>N491</i>		<i>8</i>		<i>EI: X2-30</i>
<i>A411</i>		<i>9</i>		<i>EI: X1-5</i>
<i>B411</i>		<i>10</i>		<i>EI: X1-15</i>
<i>C411</i>		<i>11</i>		<i>EI: X1-27</i>
<i>N411</i>		<i>12</i>		<i>EI: X1-25</i>
		<i>Цети переменного напряжения</i>		<i>EI:</i>
<i>A631</i>		<i>13</i>		<i>EI: X2-31</i>
<i>B631</i>		<i>14</i>		<i>EI: X2-32</i>
<i>C631</i>		<i>15</i>		<i>EI: X2-34</i>
<i>A661</i>		<i>16</i>		<i>EI: X2-35</i>
<i>B661</i>		<i>17</i>		<i>EI: X2-36</i>
<i>C661</i>		<i>18</i>		<i>EI: X1-32</i>
		<i>Цети опер. постоянного тока</i>		<i>EI:</i>
<i>+EC</i>		<i>19</i>		<i>SF1:1</i>
		<i>20</i>		
<i>-EC</i>		<i>21</i>		<i>SF1:3</i>
		<i>22</i>		
<i>+220B1 (01-1)</i>	○	<i>23</i>	<i>SF1:2</i>	<i>SA7:1</i>
	○	<i>24</i>		<i>EI: X11-2</i>
		<i>25</i>		
<i>-220B1 (02-1)</i>	○	<i>26</i>	<i>SF1:4</i>	<i>EI: X4-4</i>
	○	<i>27</i>		<i>EI: X11-4</i>
<i>-EC (302)</i>	○	<i>27A</i>		<i>KL1:12</i>
		<i>28</i>		
<i>025</i>		<i>29</i>		<i>EI: X3-13</i>
<i>021</i>		<i>30</i>		<i>EI: X6-15</i>
<i>023</i>		<i>31</i>		<i>EI: X7-1</i>
<i>017</i>		<i>32</i>		<i>EI: X6-11</i>
<i>019</i>		<i>33</i>		<i>EI: X6-13</i>
<i>051</i>		<i>34</i>		<i>EI: X6-5</i>
<i>155</i>		<i>35</i>		<i>EI: X5-15</i>
<i>165</i>		<i>36</i>		<i>EI: X6-1</i>

Рису. 6. Фрагмент схемы подключения БЭ2704 041 к клеммным рядам

Лабораторная работа № 1

«Знакомство с принципами работы стенда и программным обеспечением»

Задание: Знакомство с программным обеспечением (ПО) «EKRASMS» Знакомство с основным МЕНЮ терминала БЭ2704 041. Настройка связи с терминалом, скачивание файлов конфигурирования и осциллографирования.

1.1. Теоретическая часть

Работа микропроцессорного блока релейной защиты БЭ2704 041 (рис. 7, 8) определяется набором функциональных параметров [9]. Ток и напряжение являются контролируемыми параметрами, по которым устройство определяет наличие отклонений или повреждений в нормальной работе энергосистемы в защищаемой точке [33].

Схема подключения устройства выполнена в соответствии с рекомендациями производителя и требованиями к организации учебного стенда для изучения принципа работы микропроцессорного устройства.

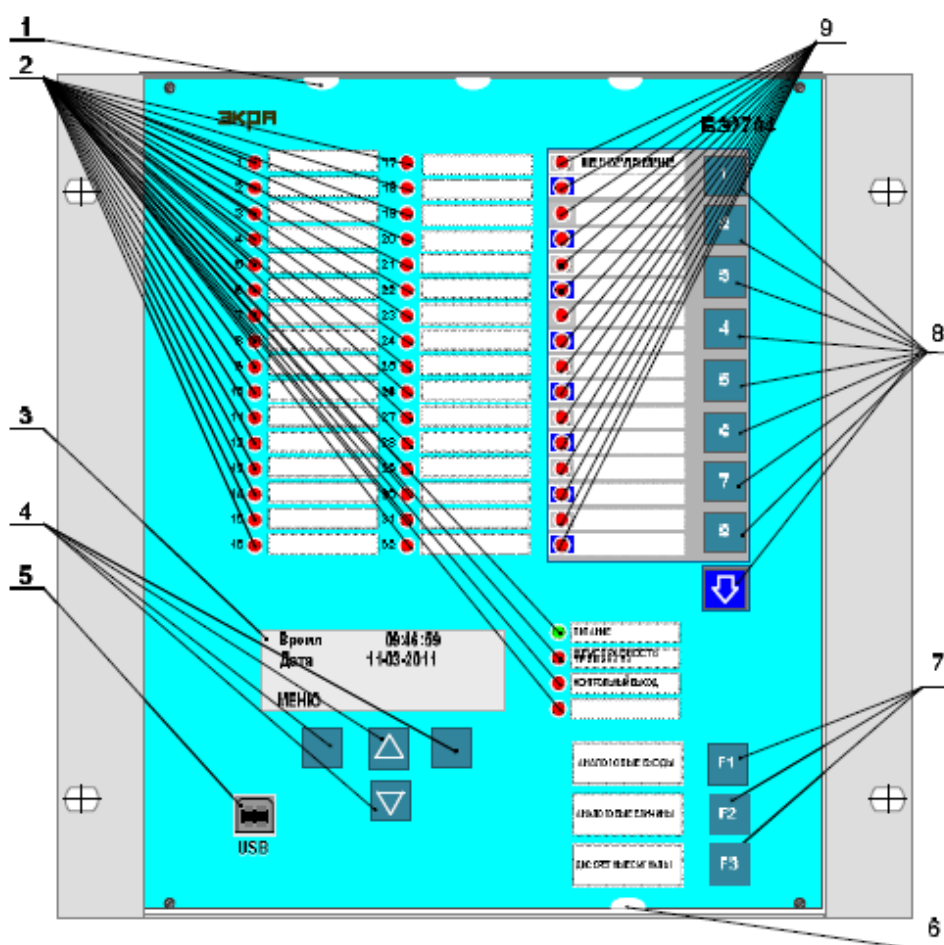
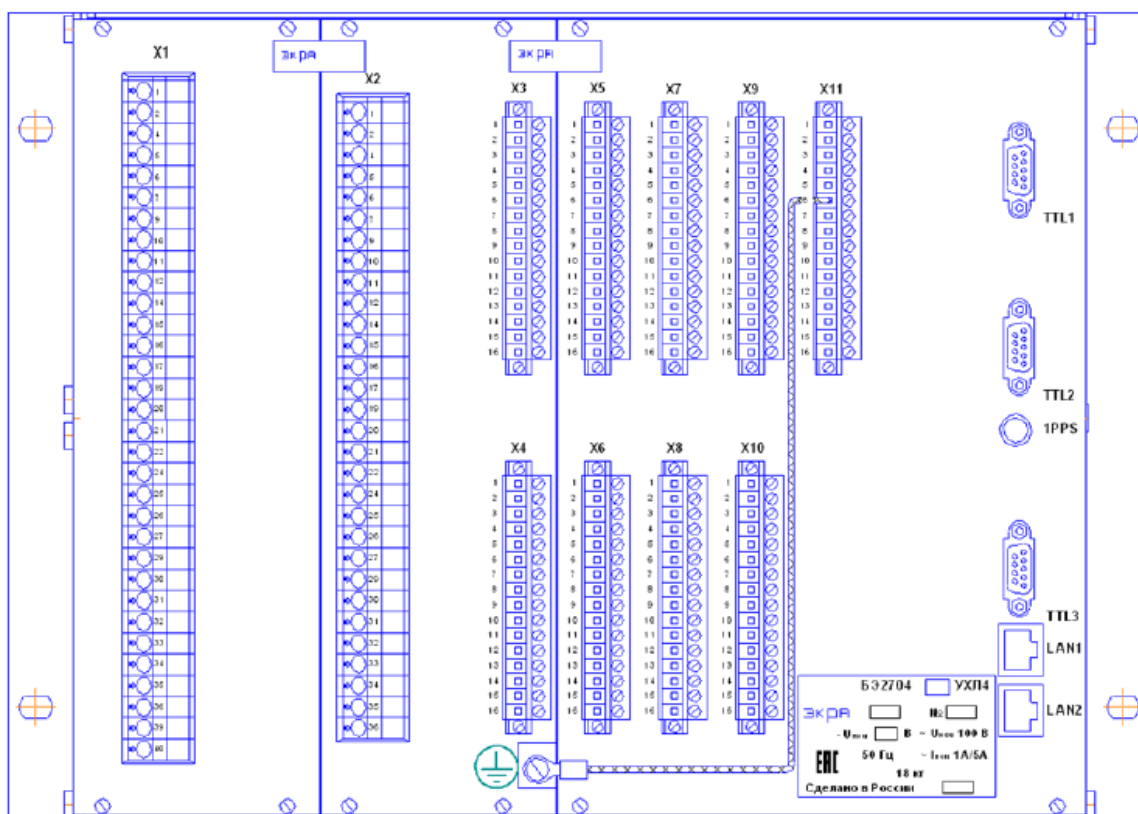


Рис. 7. Расположение элементов на лицевой панели терминала защиты серии БЭ2704 (с электронными ключами)

- 1) карманы для установки шаблонов вкладышей для светодиодной сигнализации срабатывания отдельных защит терминала [12];
- 2) 32 двухцветных светодиодных индикатора, сигнализирующие срабатывание отдельных защит терминала и четыре светодиодных индикатора сигнализации текущего состояния терминала;
- 3) дисплей 4x20 символов;
- 4) кнопки выбора и прокрутки;
- 5) разъем для подключения к последовательному порту персонального компьютера (ПК);
- 6) карман для установки шаблона вкладыша обозначений функциональных кнопок;
- 7) кнопки функциональные **F1**; **F2**; **F3**;;
- 8) кнопки управления электронными ключами: восемь кнопок выбора **1** ... **8** и кнопка переключения регистра **↓**;
- 9) 16 двухцветных светодиодных индикаторов сигнализации состояния электронных ключей [3];
- 10)



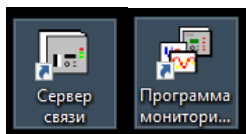
Рису. 8. Расположение элементов на задней панели терминала защиты серии БЭ2704 (с электронными ключами)

- X1 – разъем для подключения внешних цепей тока и напряжения: 6I, 3U, 1ДПТ;
 X2 – разъем для подключения внешних цепей тока и напряжения: 6I, 3U;

X3, X4 – разъемы приема дискретных сигналов от внешних устройств (входы 1–16);
X5, X6 – разъемы приема дискретных сигналов от внешних устройств (входы 17–32) [12];
X7 – разъем приема дискретных сигналов от внешних устройств (входы 33–40);
X8 – разъем выходных реле для действия терминала на цепи отключения и сигнализации (выходы 17–24);
X9, X10 – разъемы выходных реле для действия терминала на цепи отключения и сигнализации (выходы 1–16);
X11 – разъем питания;
TTL1-TTL3 – разъемы для связи терминала с АСУ ТП. Уровень сигналов интерфейса соответствует TTL логике;
1PPS – разъем для приема оптического сигнала синхронизации;
LAN1, LAN2 – Ethernet порты связи [3; 12].

Фрагменты схемы подключения цепей тока и напряжения изображена на рисунке 3. Блоки испытательные (БИ) SG1-SG5 на учебном стенде отсутствуют и указаны на схеме как типовое решение в части видимого разрыва. Полная схема стенда приведена в Приложении А.

Для настройки терминала необходимо использовать персональный компьютер, подключенный к терминалу по протоколу Spa-bus через USB – порт. На ПК установить приложения «сервер связи», «программа мониторинга» из пакета ПО «EKRASMS» [12], который можно скачать с сайта производителя. Для удобства вынести на рабочий стол две программы:



В зависимости от защищаемого объекта приложения используются для ввода и вывода требуемого типа защиты, конфигурирования параметров блока, удаленного считывания событий с терминала.

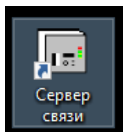
1.2. Экспериментальная часть

1) Подать питание на стенд включив АВ-0,22 SF1 «Автомат питания терминала», убедиться в наличии питания по индикации блока ЭКРА 041.

2) Дождаться полной загрузки ЭКРА 041.

3) Включить персональный компьютер, с установленным ПО «EKRASMS» [12].

4) Подключиться к терминалу по кабелю USB, входящему в комплект к стенду.



5) Запустить сервер связи. В области уведомлений должен появиться значок программы.

6) Узнать параметры подключения в терминале для выставления их в сервере связи.

7) По команде Основное меню – Настройка появляется окно настроек Сервера связи. В зависимости от того, как подключены терминалы, следует выставить Тип связи, в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1

Типовые варианты подключения терминалов

Подключение	Тип связи
COM порт компьютера соединен с лицевым портом RS232 терминала	RS232 Следует выбрать COM порт, по которому производится подключение
USB порт компьютера соединен с лицевым портом RS232 терминала Используя преобразователь USB/RS232	RS232 Следует выбрать виртуальный COM порт, который появится в системе после подключения преобразователя
USB порт компьютера соединен с лицевым портом RS232 терминала	RS232 Предварительно должен быть установлен Use драйвер для подключения к порту USB на лицевой панели терминалов БЭ2704 и БЭ2502. Следует выбрать виртуальный COM порт, который появится в системе после подключения терминала
USB порт компьютера соединен с сетью терминалов, объединенных по интерфейсу RS485 Используя преобразователь USB/RS48S	RS232 Следует выбрать виртуальный COM порт, который появится в системе после подключения преобразователя
Компьютер по Ethernet соединен с преобразователем Ethernet/RS485, к которому подключена сеть терминалов Преобразователь Ethemet/RS48S в режиме Real COM	RS232 Следует выбрать виртуальный COM порт, который появится в системе после настройки преобразователя
Сеть терминалов подключена к модему, настроенному на автоответ. Компьютер устанавливает коммутируемое соединение	Модемное соединение Модем, используемый со стороны компьютера, предварительно должен быть установлен в операционной системе
Компьютер по Ethernet соединен с преобразователем Ethernet/RS485, к которому подключена сеть терминалов Преобразователь Ethemet/RS48S в режиме TCP Server	Сетевое соединение В списке сетевых соединений должно быть добавлено подключение типа TCP клиент и указан IP-адрес преобразователя и номер порта (Local TCP Port в настройках преобразователя)
Компьютер по Ethernet соединен с каждым терминалом БЭ2704/БЭ2502 Кроме терминалов В32704V7S0 и В32704V7S1	Сетевое соединение В списке сетевых соединений для каждого терминала должно быть добавлено подключение типа TCP клиент и указан IP-адрес терминала (номер порта фиксирован -1001)
Компьютер по Ethernet соединен с каждым терминалом В32704V750 и БЭ2704У751	Сетевое соединение В списке сетевых соединений для каждого терминала должно быть добавлено подключение типа UDP и указан IP-адрес терминала (номер порта фиксирован - 1001)

8) Для этого перейти в меню/ настройки связи/ настр. посл. кан. / подключение COM2 и выбирать «USB лиц. панель» (держат левую кнопку «изменить» 3 сек) (рис. 9).

9) После изменения любых параметров через лицевую панель терминала, срабатывает светодиод «неисправность терминала».

10) Адрес для подключения по USB: «1». Для каждого порта можно задать разный адрес.

11) Дополнительно необходимо убедиться в скорости USB и какой протокол связи выставлен для работы по USB. Стандартная скорость 115,2 Кбод, протокол связи SPA_bus.

12) Возвратиться в главное меню и произвести запись уставок. По умолчанию пароль «1» (рис. 10, 11).



Рис. 9. Подключение COM2



Рис. 10. Запись уставок



Рис. 11. Запись уставок

После записи измененных параметров в блок защит светодиода «неисправность терминала» возвращается в исходное состояние (рис. 12).



Рис. 12. Адрес USB

13) Далее необходимо выставить настройки COM-порта в ПК, которые будут соответствовать настройкам в «сервере связи». Открыть диспетчер устройств (рис. 13) на ПК, выбрать во вкладке «Порты (COM и LPT)» появившийся COM-порт. В данном примере будет COM 9.

При переподключении на другой USB, в диспетчере устройств произойдет переназначение виртуального номера COM порта.

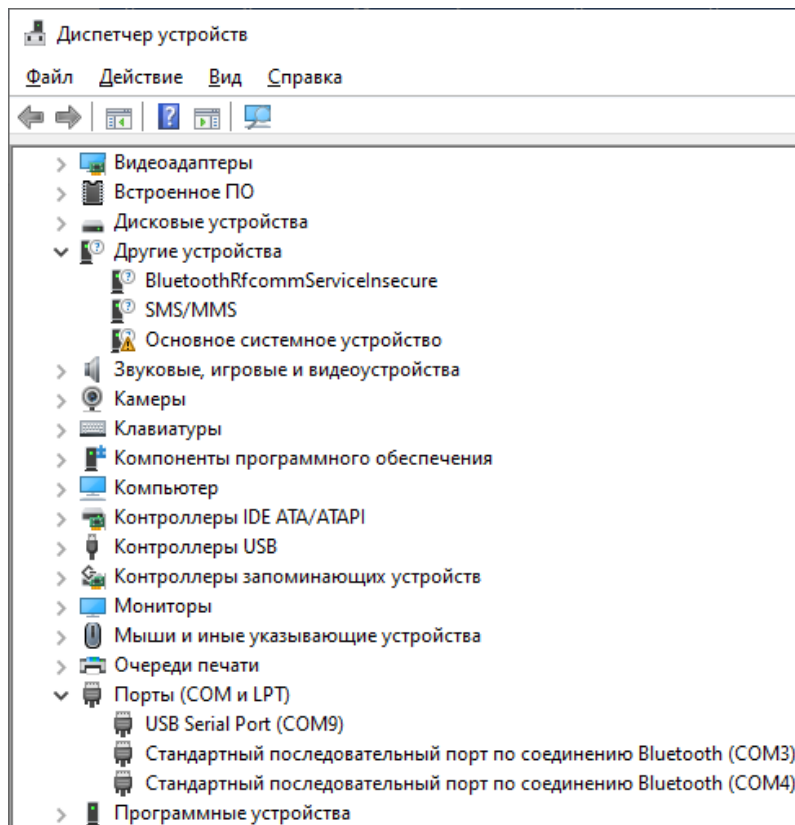


Рис. 13. Диспетчер устройств

14) Зайти в свойства USB Serial Port (COM9), выставить параметры порта согласно рисунку 14.

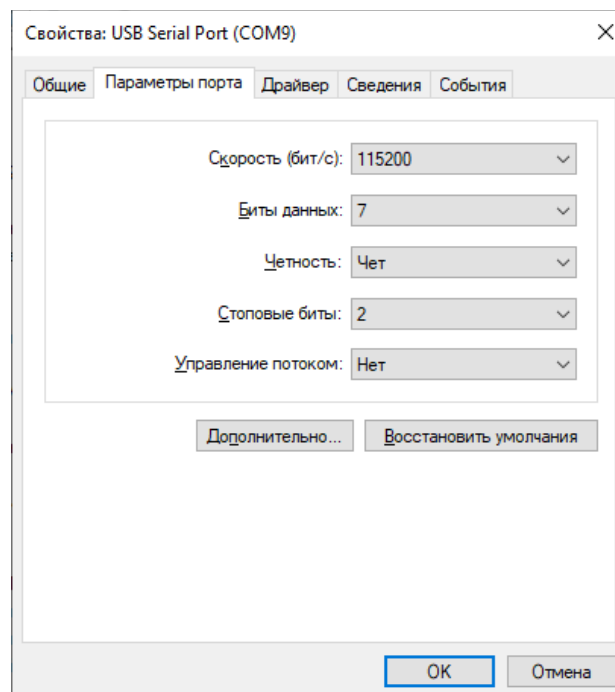


Рис. 14. свойства USB Serial Port (COM9)

15) Сверяем настройки порта на ПК с настройками «сервера связи». Нажать правой кнопкой по значку «сервера связи», перейти в настройки (рис. 15).

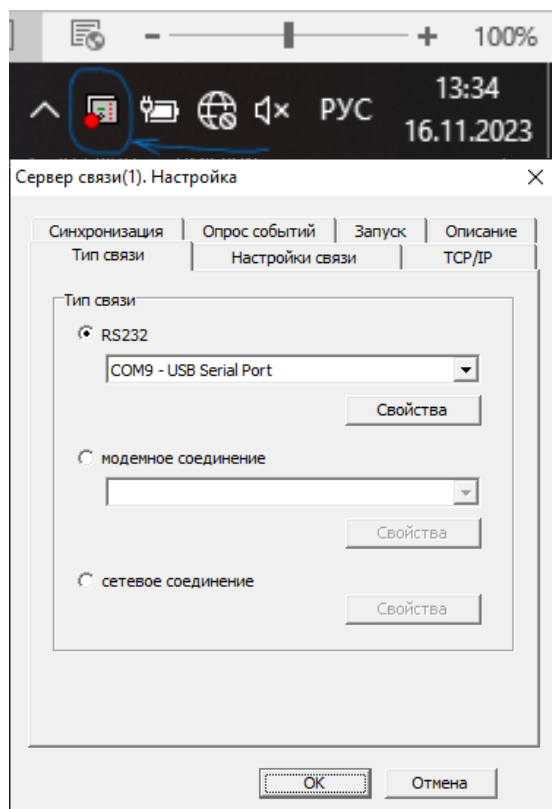


Рис. 15. Сервер связи. Настройка

16) Нажать правой кнопкой по значку «сервера связи», перейти в «пользователи» (рис. 16). Будет предложено воспользоваться программой Arsenal, входящей в пакет EKRASMS.

17) Во вкладке «доступ» выбрать группу: инженеры РЗА (рис. 16). Выбранная группа предоставляет права к серверу связи в соответствии с таблицей 2. Управление пользователями и группами осуществляется в приложении Arsenal.

Таблица 2

Пользователи и права доступа

Группа	Права доступа к серверу связи
Инженеры РЗА	Чтение данных, Изменение уставок, Очистка памяти осциллограмм, Пуск осциллографа, Съем сигнализации
Инженеры АСУ	Чтение данных, Изменение уставок, Съем сигнализации
Оперативный персонал	Чтение данных, Съем сигнализации
Наблюдатели	Чтение данных

При первоначальной настройке Сервера связи нужно сформировать список пользователей, которым будет разрешен доступ к данным терминала.

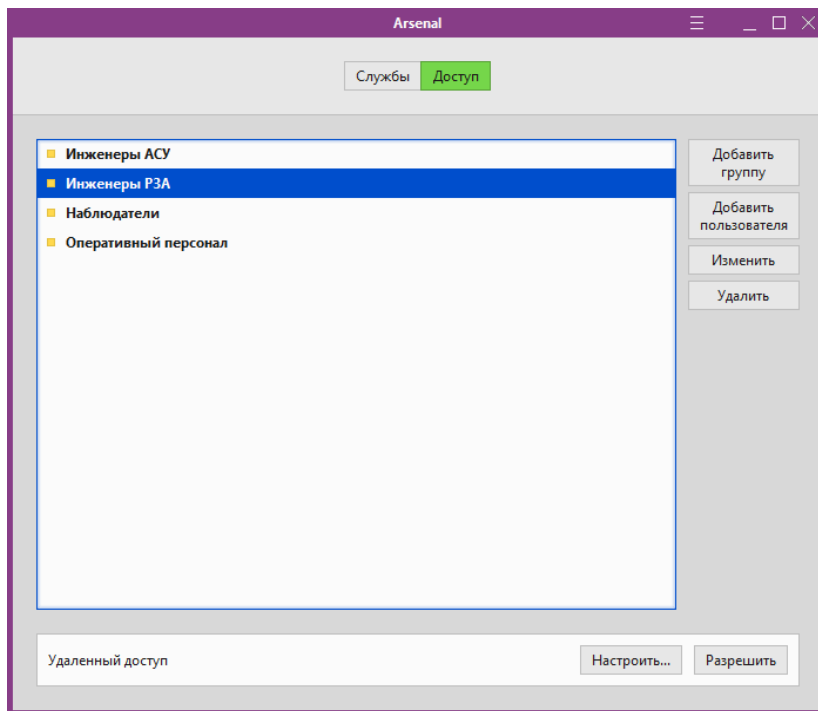


Рис.. 16. Окно программы Arsenal

18) Добавить пользователя в группу – «Инженеры РЗА» (рис. 17).

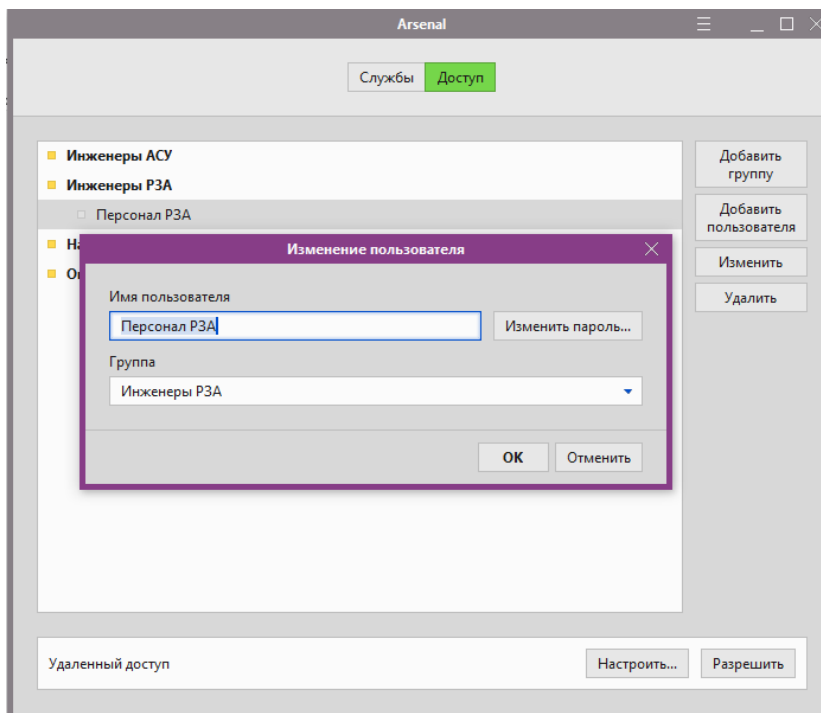


Рис. 17. Изменение пользователя

19) Задать пароль (по умолчанию пароль «1») для доступа к данным терминала, при подключении через «сервер связи» (рис. 18).

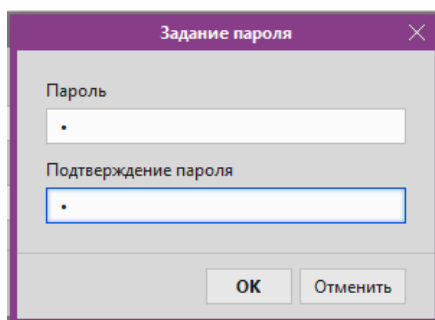


Рис. 18. Задание пароля для пользователя

20) Закрывать Arsenal, нажать правой кнопкой по значку «сервера связи», переходим в «устройства» (рис. 16).

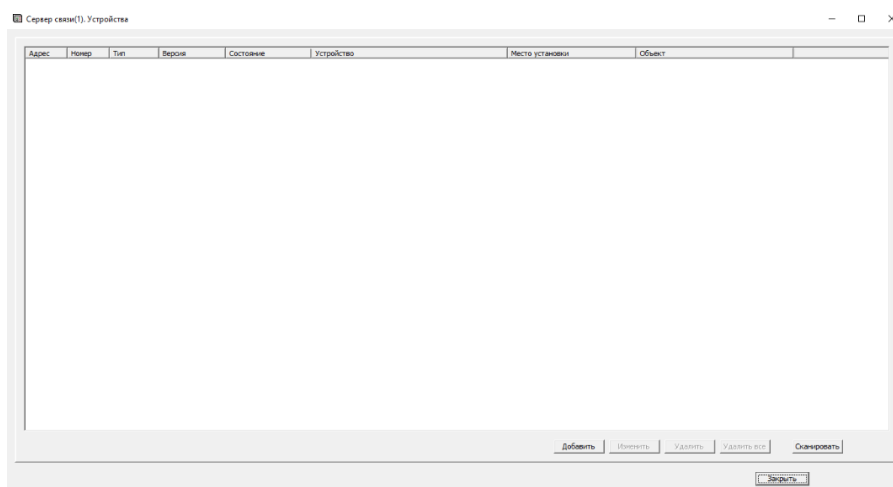


Рис. 19. Сервер связи. Устройства

21) Нажать сканировать, в открывшемся окне перейти во свойства, создать новый объект, например, ПС Полигон (рис. 20).

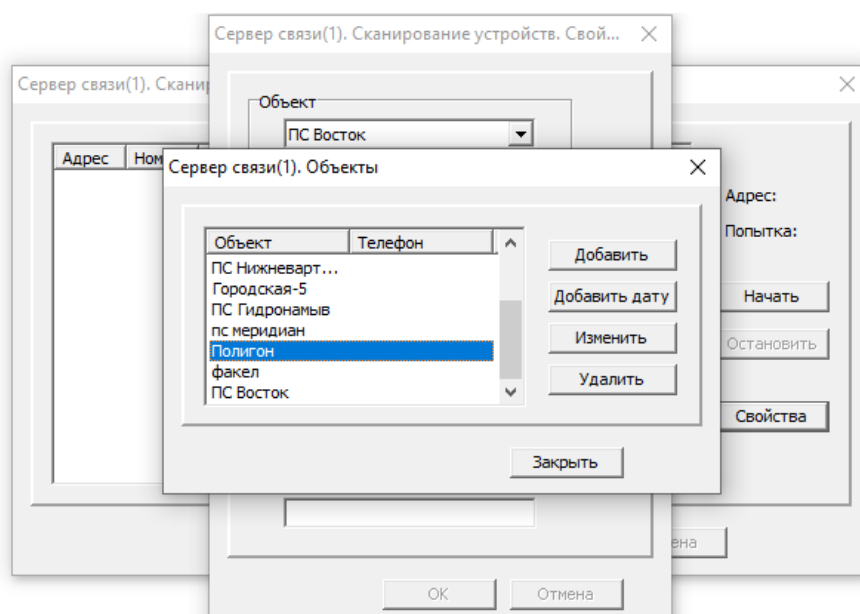


Рис. 20. Сервер связи. Объекты

22) Выставить диапазон адресов, в котором находится терминал (адрес USB терминала).

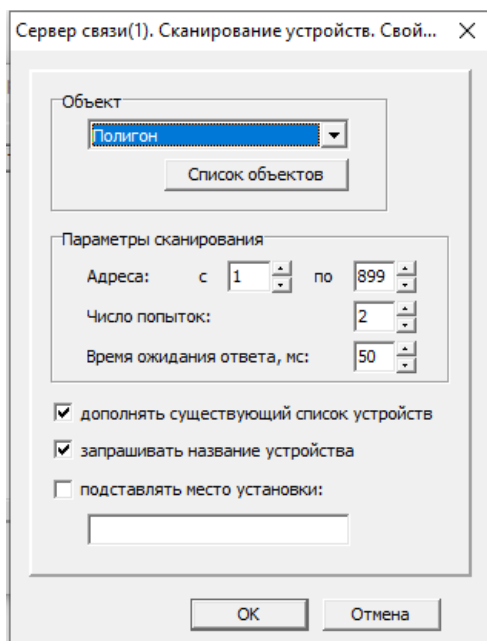


Рис. 21. Сервер связи. Сканирование

23) После нахождения терминала с серийным номером 15353, поставить галочку в столбце чтение.

Сверить серийный номер блока возможно по надписи на задней стороне терминала.

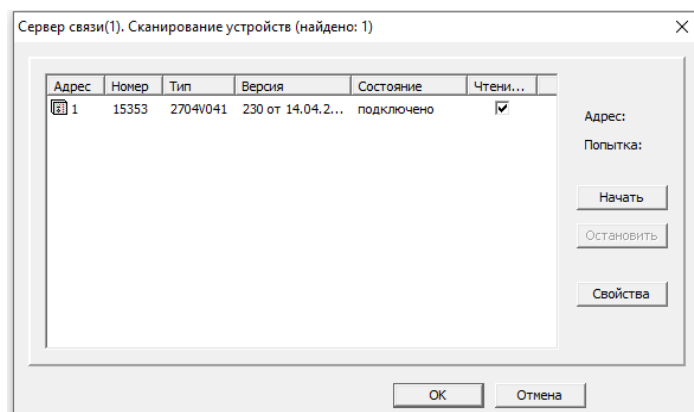


Рис. 22. Сервер связи. Найдено устройство

Далее выходит окно выгрузки файла описания устройства с расширением. dcf. Найти скачанный файл возможно через меню Пуск/ ЭКРА/ файлы конфигурации БЭ2704, БЭ2502.

В дереве отображается структура загруженного терминала. Если файл конфигурации не находится, то появится сообщение об ошибке. В этом случае необходимо выполнить сканирование подключенного терминала и прочитать файл конфигурации. Далее в Программе мониторинга следует выполнить команду Объект – Изменить структуру объекта и нажать кнопку «Найти» в секции «Устройства».

24) По окончании загрузки в окне «Сервер связи. Устройства» появится найденный терминал.

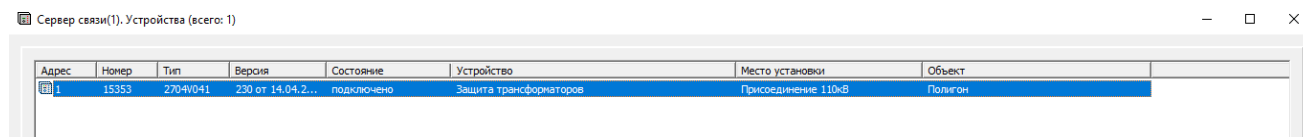


Рис. 23. Сервер связи. Найдено устройство

Кликнув несколько раз по строке с найденным устройством перейти в настройку параметров: устройство, место установки, объект (рисунок 24). Нажать «записать в устройство». Параметры *заводской номер, тип устройства, версия программы не изменять!*

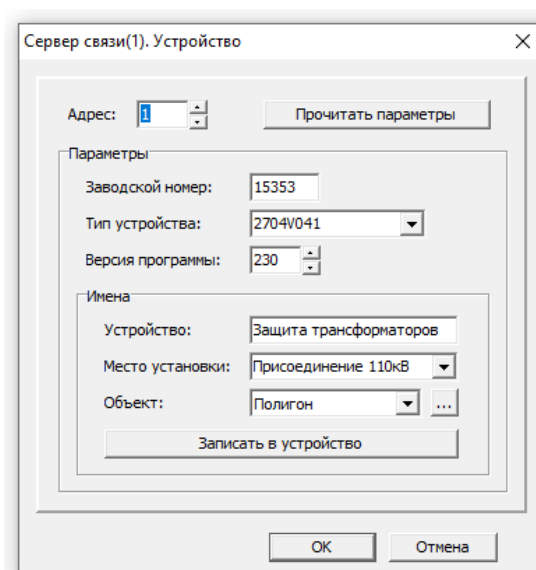
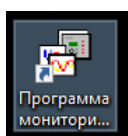
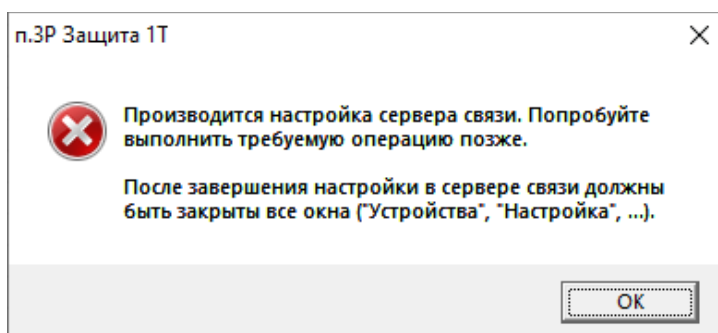


Рис. 24. Сервер связи. Устройство

Обязательно закрыть окно со списком устройств (рис. 23). Во избежание появления ошибки при работе в «программе мониторинга».



25) Открыть программу мониторинга. Зайти во вкладку объект/ создать структуру объекта (рис. 25).

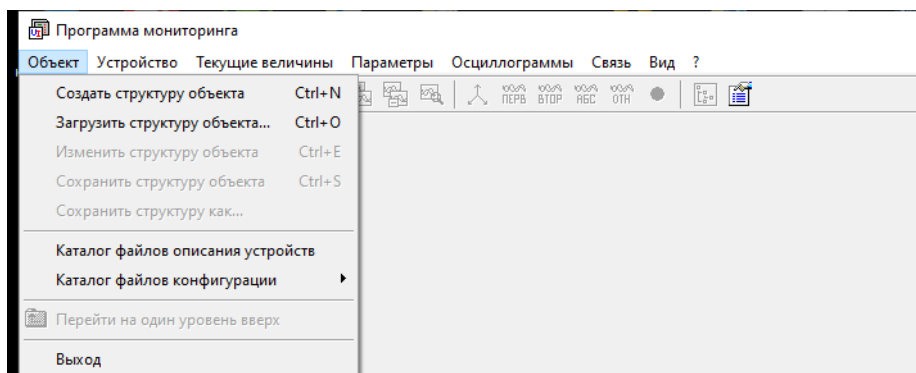


Рис. 25. Программа мониторинга

26) В следующем окне нажать кнопку «найти» в секции «устройства», будет осуществлен поиск подключенных устройств к «серверу связи» (рис. 26).

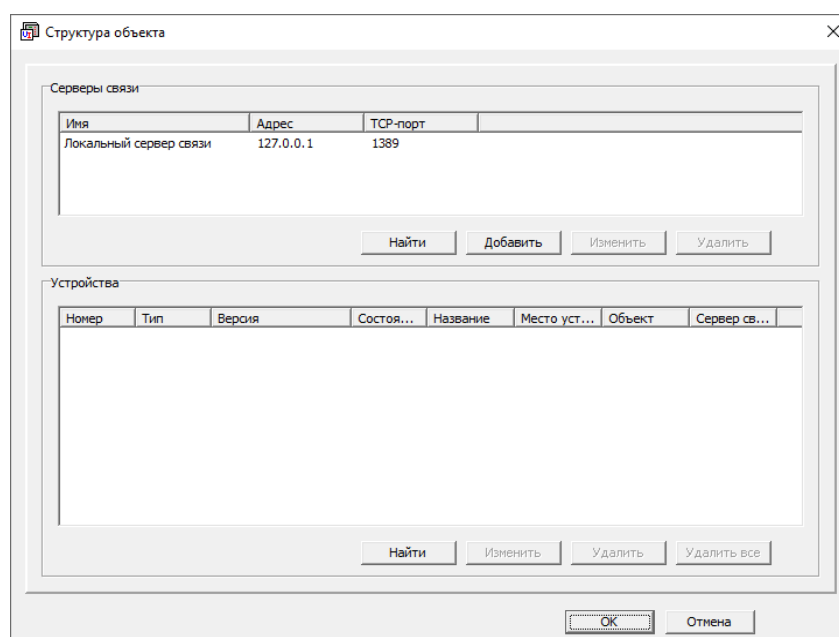


Рис. 26. Структура объекта

Структура объекта – это список имеющихся на объектах терминалов и список «Серверов связи», которые обеспечивают доступ к этим терминалам. Структура объекта сохраняется в текстовом файле, который называется файлом описания структуры объекта [12].

При первом запуске Программы мониторинга появляется сообщение о том, что файл описания структуры объекта не найден. Для того чтобы сформировать структуру объекта, следует выполнить команду *Объект – Создать структуру объекта*. [12].

Если «Программа мониторинга» и Сервер связи выполняются на одном компьютере, то можно использовать локальный сервер связи. Для добавления других конфигураций Серверов связи необходимо нажать кнопку «Добавить». Для определения в «Программе мониторинга» каждому Серверу связи необходимо присвоить произвольное имя.

Автоматический поиск всех работающих Серверов связи в рамках первичного домена локальной сети происходит при нажатии кнопки «Найти».

После поиска Серверов связи автоматически произойдет поиск подключенных к этим серверам устройств.

Если список Серверов связи сформирован, то для поиска подключенных к ним устройств следует нажать кнопку «Найти» в секции Устройства [12].

После сканирования, в дереве объекта отображается структура (рис. 27).

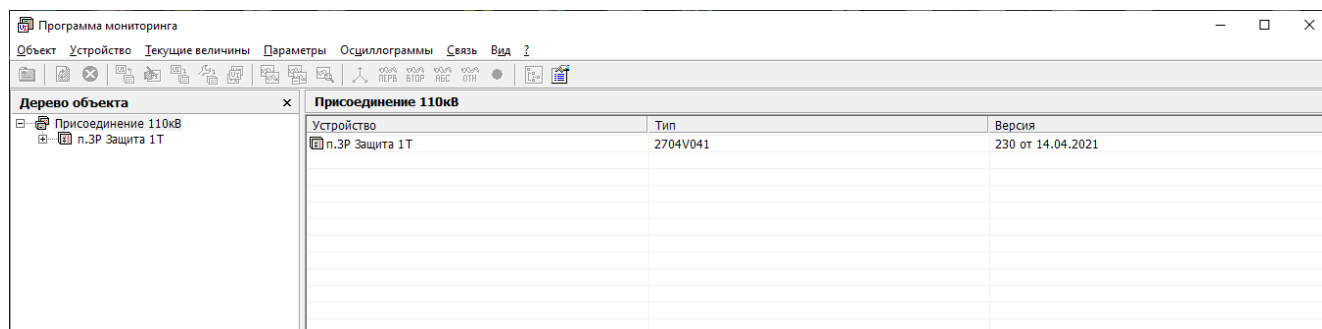


Рис. 27. Структура объекта

27) Приступить к настройке параметров терминала. Ввести данные (лабораторная №1, п.13, 14) для доступа пользователя к работе с терминалом через локальный сервер связи (рис. 28).

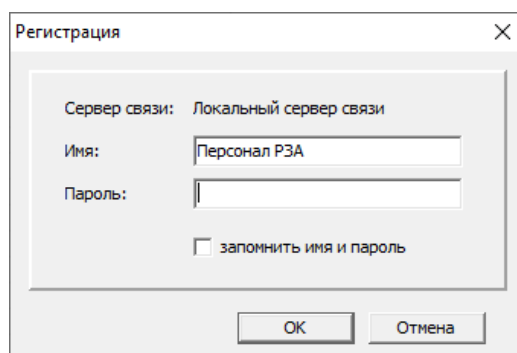



Рис. 28. Регистрация

28) Подключение к терминалу возможно проверить, зайдя в текущие величины. Например, «текущие значения аналоговых входов» меняют свое значение в реальном времени и в области уведомлений значок сервера связи подсвечен зеленым кружком . Также необходимо проверить в меню «текущие величины» корректное отображение даты и времени (рис. 29).

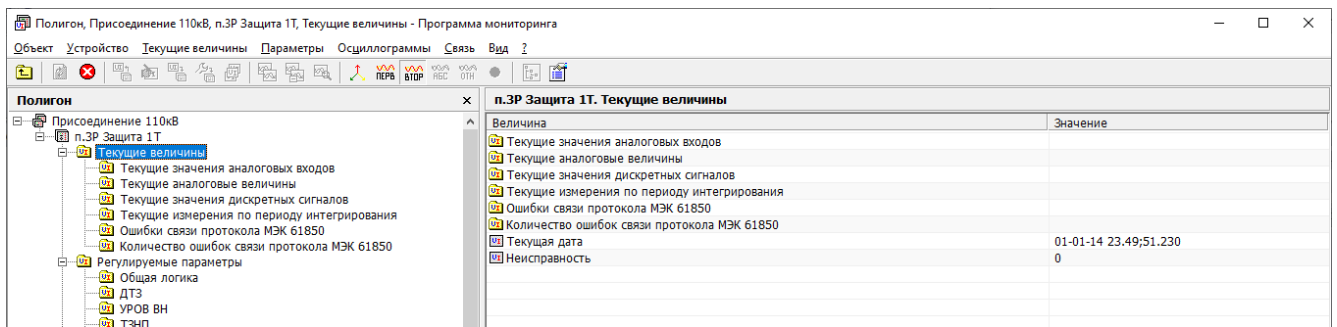



Рис. 29. Текущие величины

При считывании осциллограмм нужно учитывать дату их создания, исходя из текущей даты и времени на терминале, для правильного анализа событий.

Скорректировать время на терминале возможно через , пройдя во вкладку «уставки времени» / синхронизация времени/ USB_COM2 (TTL2_COM2) (рис. 30). Выбрав данный параметр, синхронизация будет произведена по времени подключаемого устройства к порту USB или COM2 (рис. 31).

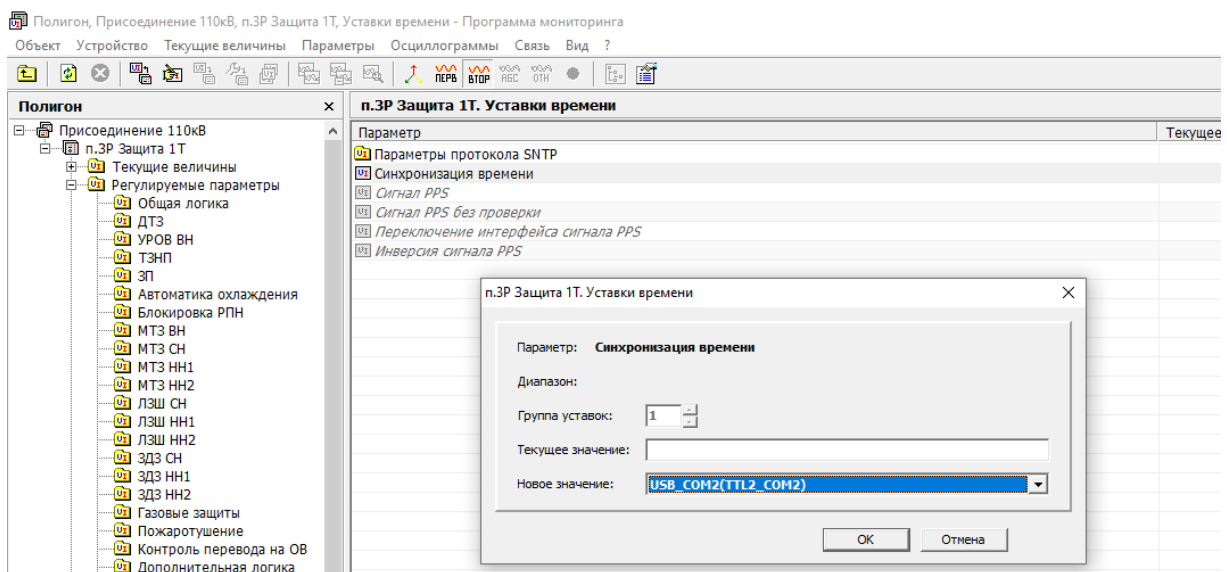


Рис. 30. Уставки времени

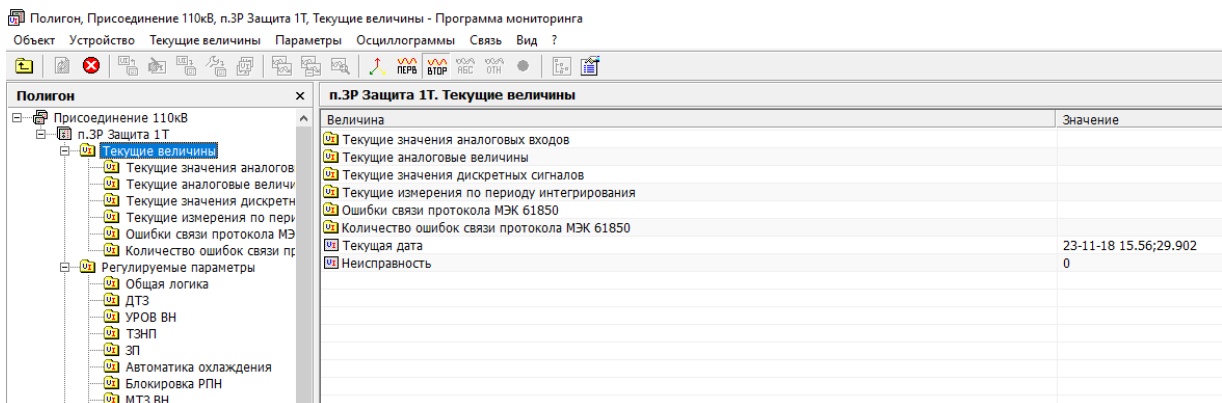


Рис. 31. Текущие величины

29) При проведении обслуживания в «объеме проверки терминала» необходимо первым шагом скачать образ терминала и параметры настройки (рис. 32) из дерева объекта во вкладке «Регулируемые параметры».

Для сохранения всех параметров терминала в файле следует выполнить команду *Параметры – Сохранить образ*. Файл образа будет включать в себя файл конфигурации, копию текущих уставок терминала и пользовательские настройки (таблицу имен и программируемую логику терминала). Образ терминала можно использовать для сервисного обслуживания блока в приложении Mix, для анализа уставок в приложении Atlas (просмотр и сравнение уставок), для восстановления параметров терминала в «Программе мониторинга» [12].

Если необходимо изменить пользовательские настройки терминала, следует сохранить образ терминала, открыть этот образ в приложении Mix, выполнить необходимые изменения, сохранить образ в приложении Mix и в Программе мониторинга выполнить команду «Параметры» – «Пользовательские настройки» – «Записать».

По умолчанию включен режим автоматического чтения параметров – при первом входе в узел «Регулируемые параметры» любого устройства будет произведено чтение всех регулируемых параметров этого устройства.

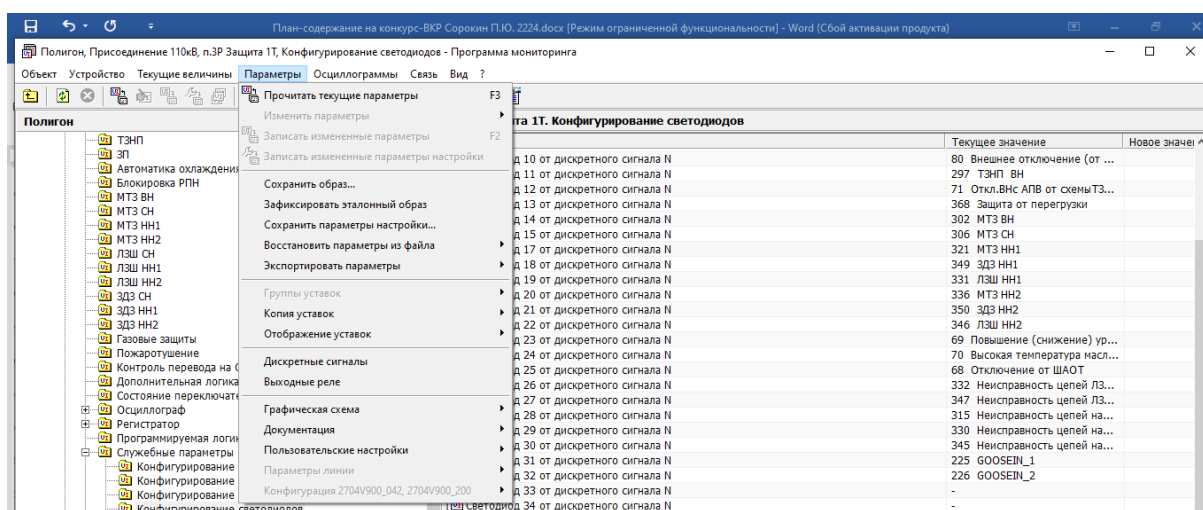


Рис. 32. Параметры. Сохранение образа

30) Скачать последние осциллограммы. Развернуть узел «Аварийные осциллограммы». После синхронизации времени, отображаются актуальные по Осциллограммы можно сохранить в виде файлов с расширением *DFR*, скопировать или удалить.

31)

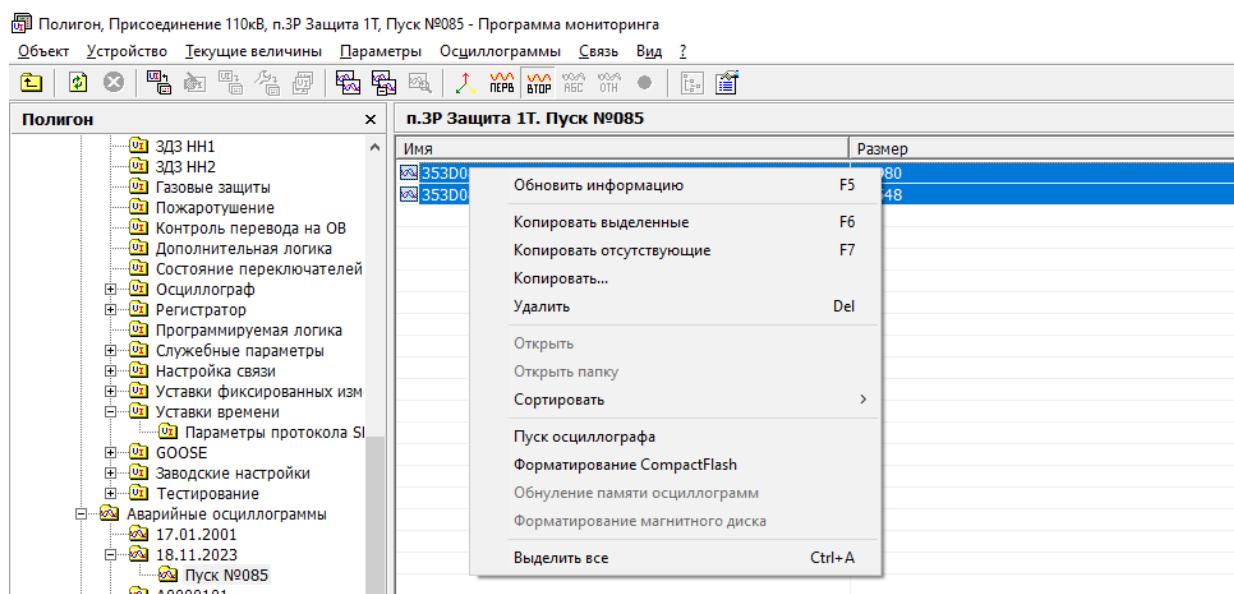


Рис. 33. Аварийные осциллограммы

1.3. Контрольные вопросы

1. Какие программы требуются для подключения к терминалу?
2. Какими каналами можно подключиться к терминалу?
3. Назовите основные параметры COM-порта?
4. Какова стандартная скорость подключения по USB?
5. Какой стандартный пароль доступа к терминалу для инженера РЗА?
6. Где находится серийный номер на терминале?
7. С какой целью сохраняется образ?

1.4. Содержание отчета

В отчете по лабораторной работе необходимо указать цель, описать свои действия, используя скриншоты экрана компьютера при работе в программах в соответствии с экспериментальной частью, начиная с 7 пункта. А также ответить на вопросы и сделать выводы.

Лабораторная работа № 2

«Параметрирование защит в соответствии с бланком уставок»

Задание: Изменение параметров защит согласно, карты уставок на учебный стенд (рисунок 34, таблица 3).

2.1. Теоретическая часть

Значок Сервера связи расположен на панели задач Windows, в правом нижнем углу экрана. Состояние Сервера связи отображается при наведении курсора мыши. После настройки Сервер связи работает в фоновом режиме. Настройка и управление осуществляется через контекстное меню, по щелчку правой кнопкой мыши.

Комплекс EKRASMS является сетевым, т. е. функции системы могут быть распределены по нескольким компьютерам в сети. Типично выделяют две категории компьютеров: Серверы и Рабочие места.

Комплекс EKRASMS всегда устанавливается на каждый компьютер целиком, поэтому компьютер может одновременно использоваться и как сервер, и как рабочее место [12].

EKRASMS реализует групповую модель. Пользователи, входящие в одну группу, имеют собственные имя и пароль, но общие права доступа к службам-серверам. Права доступа к конкретной службе обсуждаются в разделах их описания.

Список групп и пользователей един для всех служб-серверов (и сервера связи) и настраивается на странице Доступ.

Локальные подключения служб-клиентов и приложений к службам-серверам возможны всегда, в то время как клиентские подключения с других компьютеров можно разрешать или запрещать.

Служба Archive является сервером базы данных событий EKRASMS. Через нее службы и приложения могут добавлять события в базу и читать их из нее.

Возможна реализация различных сценариев сбора событий:

– Каждый сервер доступа к устройствам ведет собственную локальную базу данных событий. Этот вариант хорош тем, что возможность сбора не зависит от состояния локальной сети предприятия, потому что вся работа происходит в рамках одного компьютера.

– Все серверы доступа к устройствам отправляют события в единую базу данных на специально выделенном для этого компьютере. Это удобно для последующего анализа собранных данных, но в случае проблем в локальной сети предприятия сбор событий может прерываться, что может приводить к потере событий вследствие переполнения регистраторов в терминалах.

Поиск Серверов связи автоматически формирует список подключенных к этим серверам устройств. При сканировании отображаются терминалы, подключенные к Серверу связи.

Если список Серверов связи сформирован, то для поиска подключенных к ним устройств, следует нажать кнопку «Найти» или «Добавить». Но при добавлении необходимо будет ввести параметры подключаемого терминала.

Кнопка с тремя точками справа от поля ввода Объект позволяет управлять списком объектов, например, изменять наименование.

Команда «Прочитать параметры» позволяет при наличии связи с терминалами прочитать заводской номер, тип и версию прошивки, название терминала и место установки [12].

Имя пользователя и пароль задаются в приложении «Arsenal», которые запрашиваются при подключении. Доступ к терминалу можно получить только в случае успешного входа на Сервер связи.

В Структуре объекта терминалы группируются по объектам и по местам установки. По умолчанию в дереве отдельные узлы для объектов не создаются. Для каждого терминала создаются узлы Текущие величины, Регулируемые параметры, Аварийные осциллограммы, Аварийная сигнализация.

При навигации по дереву объекта запрашиваются значения только тех параметров, которые входят в выбранный в дереве объекта узел. С помощью команды *Параметры – Прочитать текущие параметры* (F3) можно прочитать значения всех регулируемых параметров текущего устройства [12]. По умолчанию включен режим автоматического чтения параметров – при первом входе в узел Регулируемые параметры любого устройства будет произведено чтение параметров устройства.

Для изменения значение параметра, достаточно дважды щелкнуть левой кнопкой мышки по наименованию параметра.

Пароль для дистанционного доступа к терминалу запрашивается в следующих случаях:

- при изменении уставок;
- при дистанционном съеме сигнализации;
- при дистанционном обнулении памяти осциллограмм;
- при сохранении образа.

Пароль для дистанционного доступа к терминалу можно изменить с помощью команды *Устройство – Изменить пароль устройства*, возможные значения пароля – от 1 до 9999. По умолчанию пароль для дистанционного доступа к терминалу:

- “1” для терминалов серий БЭ2704 и БЭ2502 [12].

Пароль для дистанционного доступа к терминалу и пароль для записи уставок, разные!

После изменения параметров терминала следует сохранить образ. Файл образа будет включать в себя файл конфигурации, копию текущих уставок терминала и пользовательские настройки (таблицу имен и программируемую логику терминала) [12].

Образ не включает в себя прошивку терминала. Для получения резервной копии терминала, т.е. полного образа вместе с прошивкой, следует перевести терминал в режим сервисного обслуживания и воспользоваться приложением Mix [12].

В основные технические параметры стенда входит заводской номер терминала БЭ2704: 15353.

Группа соединений трансформатора (ВН/СН/НН): Y/ Y/ D-11.

Таблица 3

Общая логика терминала БЭ2704

Порядок проверки	Наименование величин	Значения величин
1	Базисный ток стороны ВН, А (от 0.251 до 16.000 с шагом 0.001)	1,68
2	Базисный ток стороны СН, А (от 0.251 до 16.000 с шагом 0.001)	5,0
3	Базисный ток стороны НН1, А (от 0.251 до 16.000 с шагом 0.001)	5,84
4	Базисный ток стороны НН2, А (от 0.251 до 16.000 с шагом 0.001)	нет
5	Схема соединения трансформатора ВН/НН (Y/Y (D/D), Y/D)	Y / D
6	Схема соединения трансформатора СН/НН (Y/Y (D/D), Y/D)	Y/ D
7	Сторона ВН (нет, есть)	есть
8	Сторона СН (нет, есть)	есть
9	Сторона НН1 (нет, есть)	есть
10	Сторона НН2 (нет, есть)	нет
11	Время подхвата срабатывания защит, с (от 0.05 до 0.60 с шагом 0.01)	

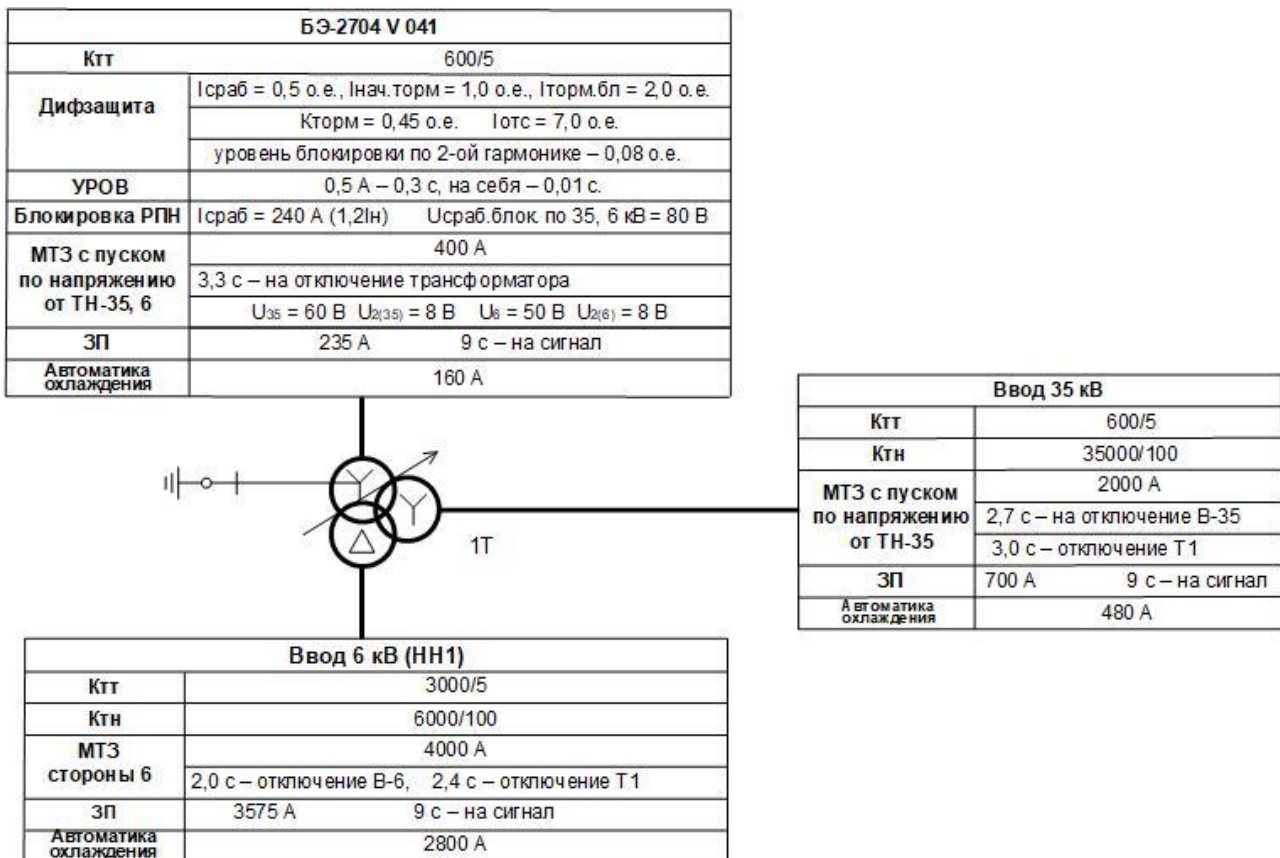


Рис. 34. Карта уставок в первичных значениях

2.2. Экспериментальная часть

- 1) Подать питание на стенд включив АВ-0,22 SF1 «Автомат питания терминала», убедиться в наличии питания по индикации блока ЭКРА 041.
- 2) Дождаться полной загрузки ЭКРА 041.
- 3) Включить персональный компьютер, с установленным ПО «EKRASMS» [12].
- 4) Подключиться к терминалу по кабелю USB, входящему в комплект к стенду.
- 5) Запустить сервер связи.
- 6) Выполнить пункты с «программой мониторинга» (лабораторная №1, п. 7-24).
- 7) Приступить к выставлению уставок, согласно карты уставок (рис. 34, табл. 3).

Для того чтобы изменить значение какого-либо параметра, достаточно дважды щелкнуть левой кнопкой мышки по наименованию параметра. Возможно групповое изменение параметров при их выделении и нажатии *Enter*, или с помощью команды *Параметры – Изменить параметры – Изменить выбранные параметры* (рис. 35).

После изменения параметров становится доступной – команда *Записать измененные параметры (F2)*. Запись параметров происходит после ввода пароля для дистанционного доступа к устройству.

Обратить внимание на допустимый диапазон значений, который возможно выставить в пусковых, измерительных органах, чтобы значение не выходило за границы диапазона. После изменений значение отображается жирным шрифтом. При наведении курсора мыши на значки рядом с измененными параметрами активируется всплывающая подсказка [12].

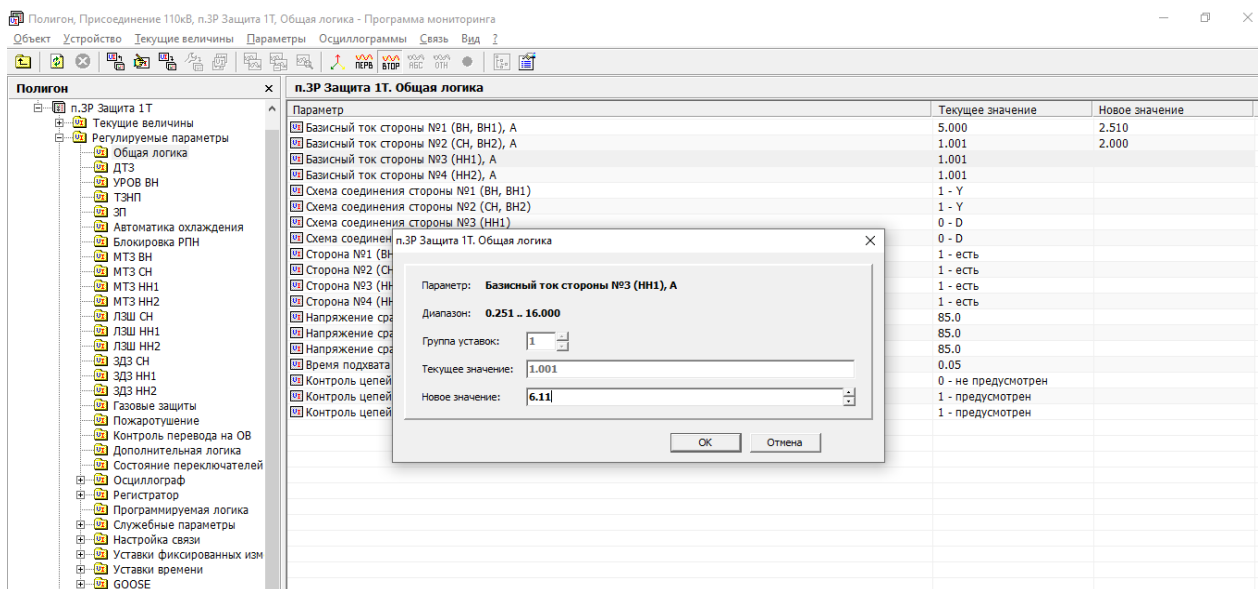


Рис. 35. Изменение уставок

2.3. Контрольные вопросы

1. Какие категории компьютеров выделяются в EKRASMS
2. В каких случаях запрашивается пароль для дистанционного доступа к терминалу?
3. Каким образом получить доступ к внутренним базам данных терминала?
4. Что позволяют сделать команды по клавишам F2 и F3?
5. Как получить резервную копию терминала?

2.4. Содержание отчета

В отчете по лабораторной работе необходимо указать цель, описать свои действия, используя скриншоты экрана компьютера при работе в программах в соответствии с экспериментальной частью, начиная с 7 пункта. А также ответить на вопросы и сделать выводы.

Лабораторная работа № 3 «Редактирование таблицы имен в соответствии с проектом к учебному стенду»

Задание: Знакомство с ПО «Mіx» (редактирование таблицы имен в соответствии с проектом к учебному стенду (приложение А – схема принципиальная).

3.1. Теоретическая часть

В объем обслуживания терминала входит обновление прошивки, редактирование образа (уставок, таблицы имен и программируемой логики), получение полной резервной копии или восстановление терминала из резервной копии. Для сервисного обслуживания необходимо перевести терминал в соответствующий режим из режима нормальной работы в приложении Mіx.

Для удобства необходимо вынести на рабочий стол программу «Mіx»:



Образ представляет собой файл с расширением mіx и содержит копию данных всех областей памяти терминала, который можно считать с устройства или создать на компьютере. При формировании с терминала – создается точная копия устройства по команде *Получить резервную копию устройства*, которая может использоваться для восстановления терминала по команде *Восстановить устройство из резервной копии*.

Если образ формируется на основе прошивки, то уставки задаются по умолчанию, а таблица имен и программируемая логика изначально будут пустыми.

Обновление прошивки в программе Mіx, происходит по команде *Обновить прошивку*. В процессе работы с терминала считывается текущий образ и производится адаптация к новой прошивке. После в окне программы отображается образ, который готов к записи в терминал.

Перед прошивкой рекомендуется просмотреть все области памяти и проконтролировать результаты адаптации.

В режиме редактирования по команде *Редактировать содержимое устройства* в Mіx возможно изменять уставки, таблицу имен и схему гибкой логики в подключенном терминале без замены прошивки.

Параметры элементов конфигурации терминала могут быть переименованы. Какие элементы конфигурации доступны для переименования определяется разработчиком прошивки. А новые имена хранятся в области памяти Таблица имен.

Как правило, для элемента можно задать новое Имя, которое используется в приложениях и службах EK-RASMS, имя для индикатора, которое отображается на дисплее терминала, а также, в некоторых случаях, имена возможных значений выбранного параметра.

3.2. Экспериментальная часть

1) Подать питание на стенд включив АВ-0,22 SF1 «Автомат питания терминала», убедиться в наличии питания по индикации блока ЭКРА 041.

2) Дождаться полной загрузки ЭКРА 041.

3) Включить персональный компьютер, с установленным ПО «EKRASMS» [12].

4) Подключиться к терминалу по кабелю USB, входящему в комплект к стенду.

5) Запустить сервер связи.

6) Выполнить пункты с «программой мониторинга» (лабораторная №1, п. 7-24).

Параметры элементов конфигурации терминала могут быть переименованы. Как правило, для элемента можно задать новое Имя, которое используется в приложениях и службах EKRASMS, имя для индикатора, которое отображается на дисплее терминала, а также, в некоторых случаях, имена возможных значений выбранного параметра [12].

7) Запустить «Mix» (рис. 36). Выбрать «Открыть файл образа устройства...».

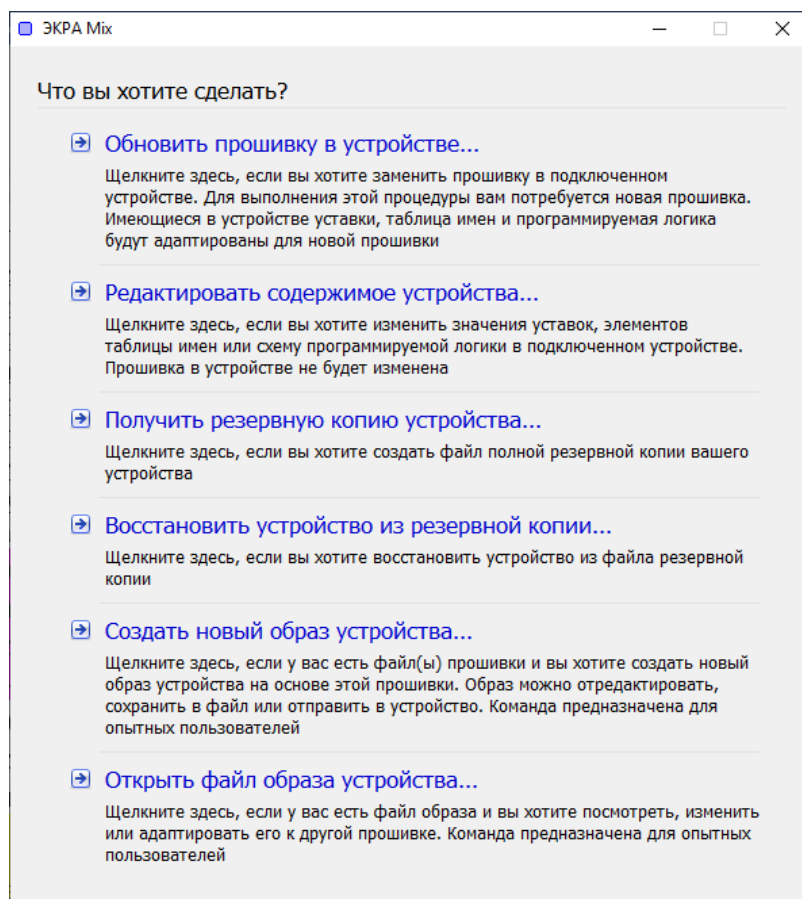


Рис. 36. ЭКРА Mix

8) Выбрать образ устройства, скачанного в лабораторной работе № 1. Выбрать «Пользовательские настройки / действия / редактировать таблицу имен» (рис. 37).

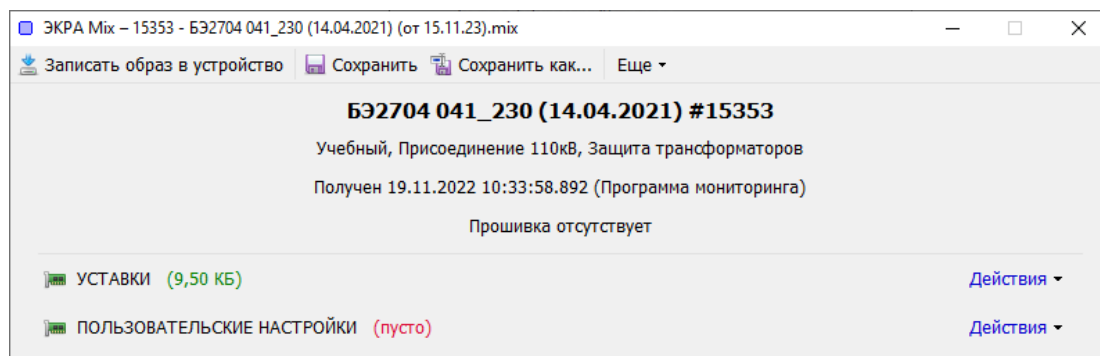


Рис. 37. ЭКРА Mix. Образ устройства 15353

Дерево меню состоит из вкладок: текущие величины, уставки, место установки, аналоговые каналы, DS (дискретные сигналы). В каждой вкладке дерева доступно менять наименование сигнала (рис. 38).

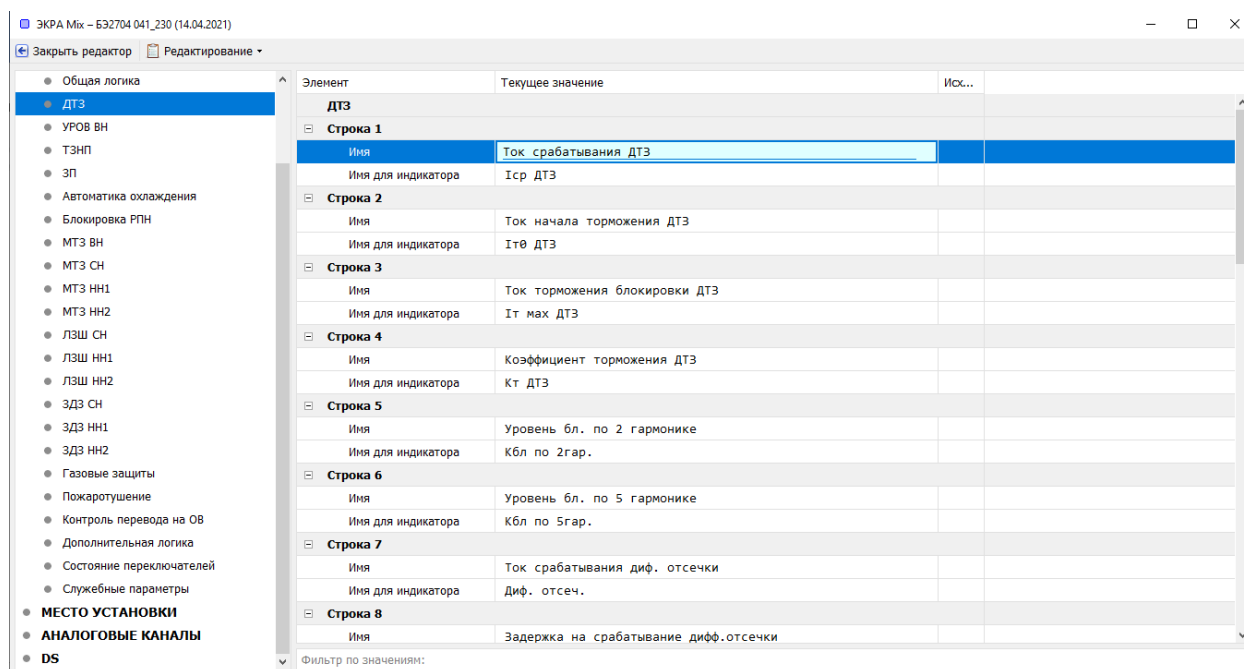


Рис. 38. ЭКРА Mix, ДТЗ

9) Определить назначение и наименование дискретных сигналов по принципиальной схеме учебного стенда (рис. 3).

Для примера найти и поменять название дискретного сигнала. Например, вход № 6. Чтобы убедиться в правильности подписанного входа, обратиться к руководству по эксплуатации (РЭ) терминала [33] (рис. 39). Вход X3:11-X3:12, вход № 6, 70 сигнал – >>>соответствует проекту.



Рис. 39. Фрагмент схемы дискретных входов в РЭ терминала

10) Найти этот же дискретный сигнал в Mix. В разделе «DS» (рис. 40).

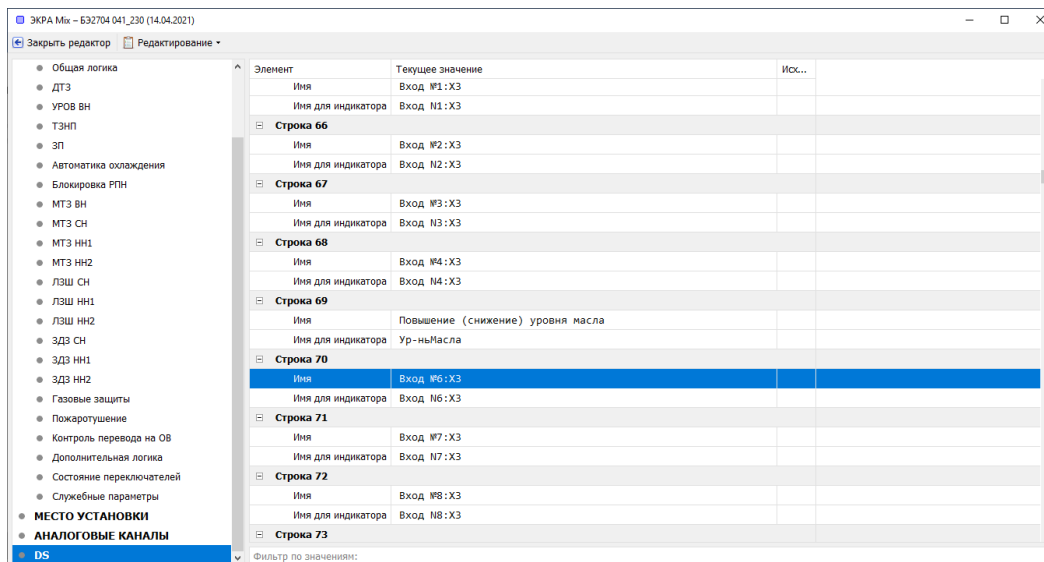


Рис. 40. ЭКРА Mix, DS

Внимание! Изменение названия одного сигнала (например, №70), не приводит к изменению сигналов, которые происходят от него: 70>>>439>>>488 (их необходимо искать в списке DS присваивать значение отдельно).

Если возникает ситуация, когда в текущих параметрах «Программы мониторинга» 70 сигнал подписан, а в «Mix» ему не присвоено значение, нужно заново скачать образ или изменить сигналы, наименования которых не совпадают по названию с текущими параметрами в «Программе мониторинга».

Параметры изменяются двойным кликом по значению или кнопками Enter, или F2. Затем вносится новое значение параметра. Красные значения не доступны для редактирования. После изменения параметра, рядом появляется кнопка со стрелкой, щелкнув по которой можно вернуться к исходному значению (рис. 41).

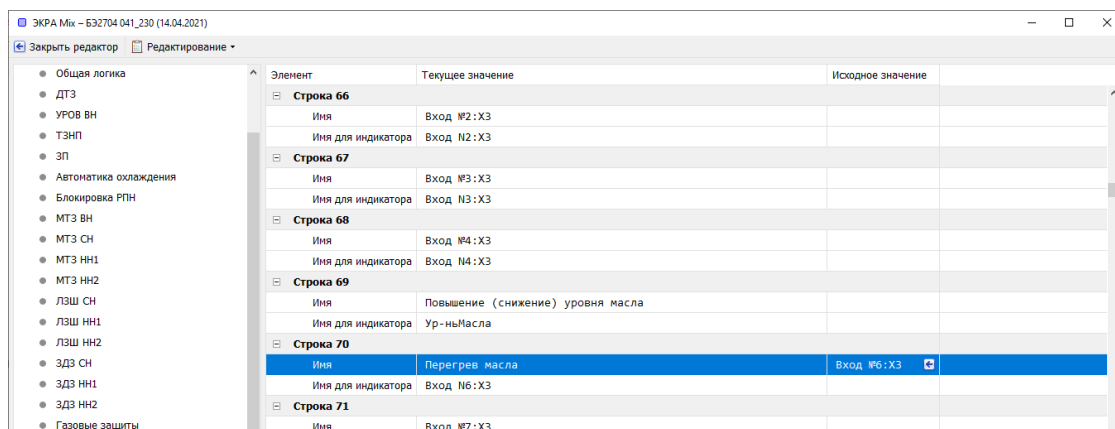


Рис. 41. ЭКРА Mix, DS

11) После редактирования имен закрыть редактор, сохранить изменения в образ. При выходе из Mix нажать «Нет» «← нажмите “Нет”, чтобы сохранить образ без прошивки». *Выше описанные действия можно проводить в офлайн режиме.*

Любые изменения в графе «уставки» или «пользовательские настройки» видно по заполнению объема памяти (рис. 42).

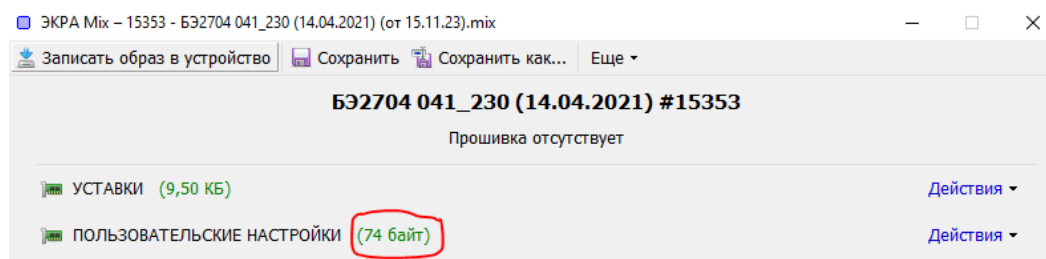


Рис. 42. ЭКРА Mix. Главное окно

12) Записать в терминал через «Программу мониторинга», только, «пользовательские настройки» [20; 21]. Для этого зайти в «Программу мониторинга» / *параметры* / *пользовательские настройки* / *записать*. Выбрать измененный (.mix) файл.

3.3. Контрольные вопросы

1. Что позволяет выполнить приложение Mix?
2. Назовите основные команды приложения Mix.
3. Какие данные содержит файл образа?
4. Где хранятся новые имена?
5. Что определяется по заполнению объема памяти?
6. Из каких вкладок состоит дерево меню приложения Mix?
7. Что необходимо сделать при несоответствии имен в программе: Мониторинга и Mix?

3.4. Содержание отчета

В отчете по лабораторной работе необходимо указать цель, описать свои действия, используя скриншоты экрана компьютера при работе в программах в соответствии с экспериментальной частью, начиная с 7 пункта. А также ответить на вопросы и сделать выводы.

Лабораторная работа № 4

«Проверка правильности отображения аналоговых величин»

Задание: Собрать схему для проверки уставок защит трансформатора с помощью РЕТОМа-61. Проверить соответствие аналоговых величин, подаваемых РЕТОМом, и текущих значений в терминале.

4.1. Теоретическая часть

Измерительная, программная установка РЕТОМ-61 предназначена для воспроизведения напряжения и силы переменного и постоянного тока, частоты и времени с целью проверки устройств релейной защиты.

Комплекс имеет следующие функциональные возможности:

- Генерирует две трехфазные системы тока, трехфазное напряжение и с $3U_0$, которые управляются независимо друг от друга по модулю, фазе и частоте. Это позволяет в ручном и автоматическом режиме проверять характеристики устройств РЗА при имитации различного вида аварий и других аномальных режимах энергосистем (качаниях, асинхронном ходе и т. д.);
- Выполняет поиск как статических параметров срабатывания защиты при плавном изменении входных параметров, так и динамических - при подаче сигналов толчком;
- С помощью дискретных сигналов имитирует различные режимы работы внешних элементов схемы защиты, создавая корректные условия проверки различных ее функций;
- Принимает и обрабатывает поступающую дискретную и аналоговую информацию, контролируя реакцию защиты на текущее воздействие;
- Измеряет временные характеристики защиты и регистрирует работу его дискретных выходов;
- Выполняет проверки защиты при различных уровнях питающего напряжения;
- Осциллографирует как выдаваемые, так и внешние аналоговые сигналы, позволяя сопоставить их с данными регистратора дискретных сигналов, что позволяет легко проанализировать работу защиты [14].

С помощью программы управления оператор задает измеряемые величины в режим работы, а РЕТОМ-61 по алгоритму формирует аналоговые сигналы, которые подаются на измерительные входы проверяемого устройства.

РЕТОМ-61 контролирует состояние дискретных выходов проверяемого устройства защиты, что дает возможность регистрировать срабатывание защиты в реальном времени и сохранять результаты в протокол испытания.

В устройстве в качестве дискретных выходов используются реле и транзисторы. Транзисторы предназначены для фиксации быстродействующих сигналов с минимальными задержками, но с коммутацией небольших токов [14].

В РЕТОМ-61 6 каналов тока, которые имитируют сигналы первичных ТТ. Их можно использоваться индивидуально для создания системы из шести независимых источников

тока или двух трехфазных систем [14]. При объединении каналов попарно можно получить одну трехфазную систему с током до 72 А.

В РЕТОМ-61 4 канала напряжения, которые имитируют первичные измерительные ТН. В устройстве имеется три независимых источника с объединенной общей точкой и один независимый гальванически развязанный источник. В результате создается трехфазная система напряжения с 3U0 с выходным уровнем до 135 В на фазу. При включении двух источников противофазно выходное напряжение увеличивается до 270 В, а с применением трех источников – 405 В [14].

РЕТОМ-61 имеет 8 дискретных выходов 4 релейных и 4 транзисторных (быстрых), которые гальванически разделены друг от друга и других источников устройства, что необходимо по требованию электробезопасности при проведении проверок.

Основные программы в РЕТОМ-61: ручное управление независимыми источниками тока и напряжения; автоматическая проверка реле тока; автоматическая проверка реле напряжения; автоматическая проверка реле направления мощности; автоматическая проверка дистанционной защиты и реле сопротивления; автоматическая проверка реле частоты; секундомер-регистратор; RL-модель энергосистемы; воспроизведение аварийного процесса, записанного в COMTRADE-формате; программа задания сигналов произвольной формы как суммы гармоник [14].

4.2. Экспериментальная часть

- 1) Проверить состояние защитного заземления стенда.
- 2) Собрать схему подключения РЕТОМ-61 к «учебному стенду» (рис. 43).
- 3) Подать питание на стенд включив АВ-0,22 SF1 «Автомат питания терминала», убедиться в наличии питания по индикации блока ЭКРА 041.
- 4) Дождаться полной загрузки ЭКРА 041.
- 5) Включить персональный компьютер, с установленным ПО «EKRASMS» [12].
- 6) Подключиться к терминалу по кабелю USB, входящему в комплект к стенду.
- 7) Запустить сервер связи.
- 8) Выполнить пункты с «программой мониторинга» (лабораторная №1, п. 7-24).
- 9) Подключить РЕТОМ-61 к ПК, включить питание РЕТОМ-61.
- 10) Приступить к проверке (наладке) при новом включении, выполняя лабораторные работы по данному учебному пособию. Для проведения проверок использовать «Комплекс программно-технический измерительный РЕТОМ-61» [14; 18].
- 11) Проверить правильность отображение аналоговых величин в «программе мониторинга», на дисплее терминала, учитывая допустимую погрешность измерения аналоговых величин 3% по модулю и 1° по углу [15]. Запустить программу «РЕТОМ» от имени администратора. На корпусе установки нанесен серийный номер, например, 0753. Выбрать «РЕТОМ» в диапазоне от 0000 до 2000 (рис. 44).



12)

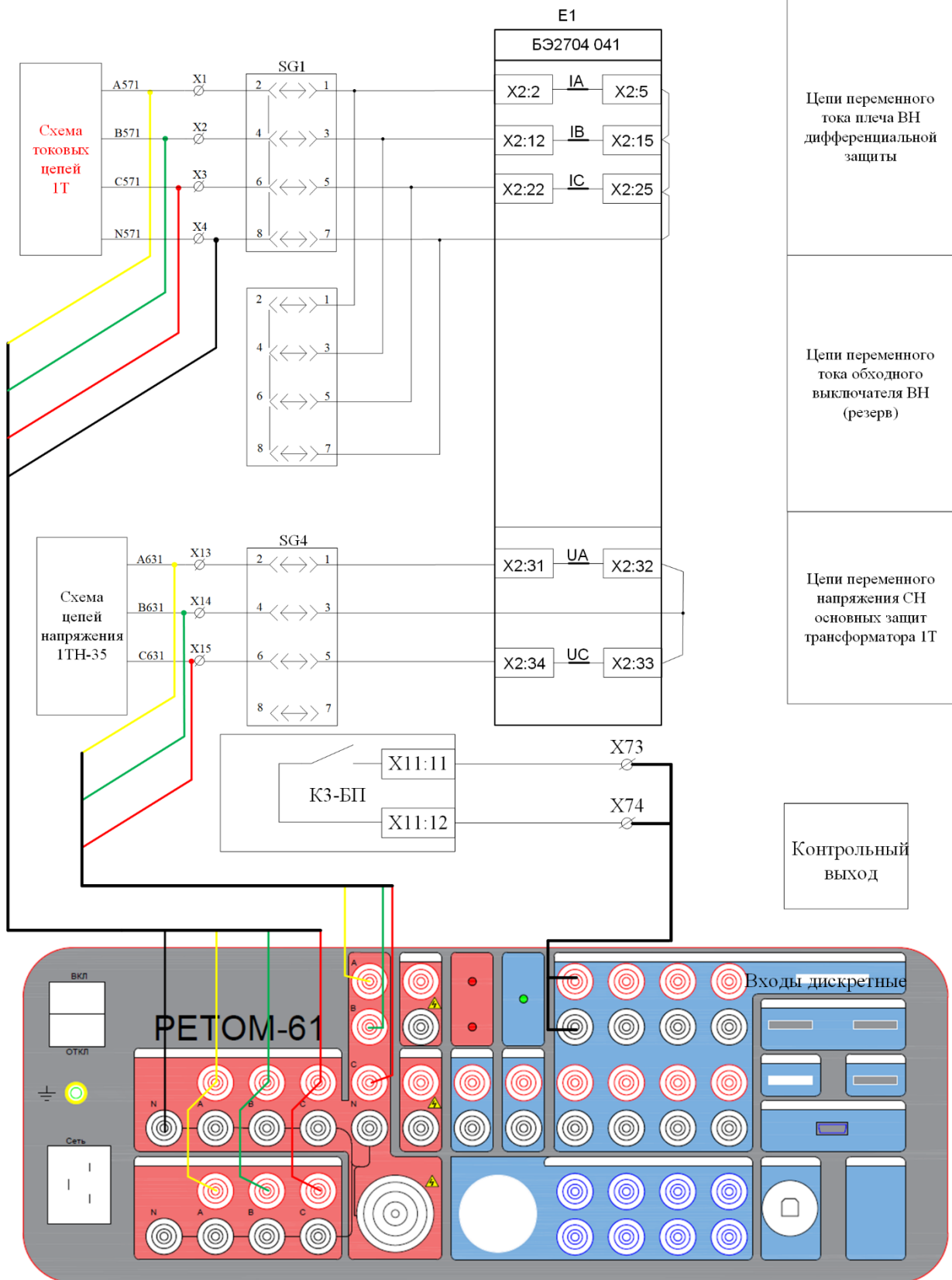


Рис. 43. Схема подключения токовых и дискретных цепей РЕТОМ-61 к блоку ЭКРА 041

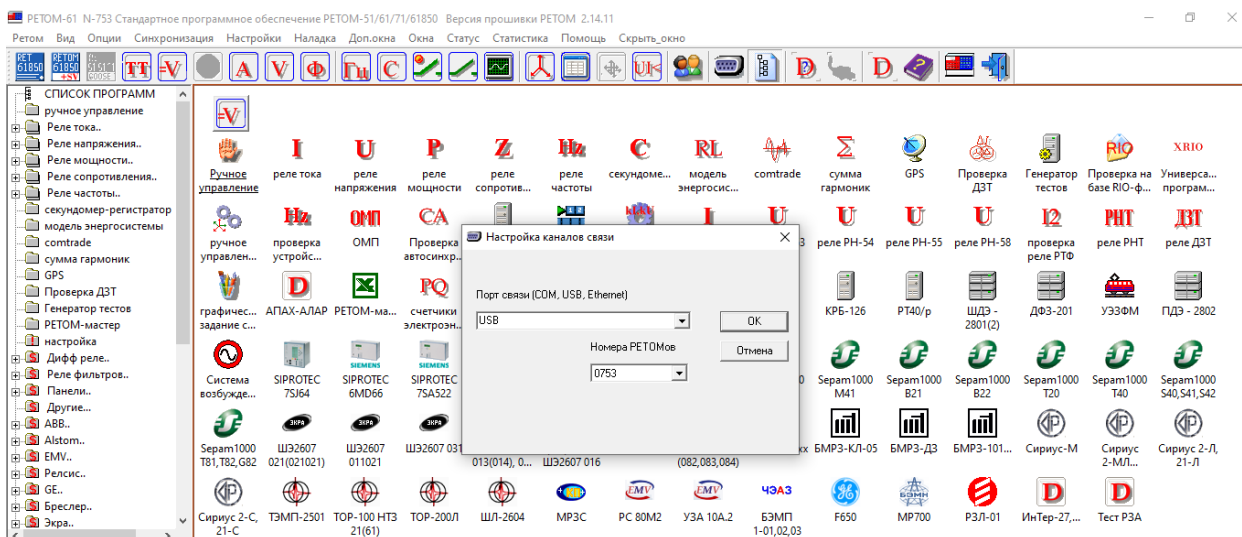


Рис. 44. Настройка каналов связи

13) Перевести терминал в режим «тест». Данный режим возможно включить с кнопок управления блока ЭКРА: *тестирование / режим теста / есть*.

В Программе мониторинга: *регулируемые параметры / тестирование / режим теста – есть*.

Перевод в «Режим теста» подтверждается загоранием соответствующего светодиода и периодически появляется строка «Тестирование» в режиме индикации текущего времени. Сигнал Неисправность не квитируется. Действие допускается только на **контрольное реле** [2].

Проверить правильность отображение аналоговых величин в РЕТОМе, программе мониторинге, дисплее терминала, учитывая заводскую погрешность РЕТОМа и терминала.

Для этого в ПО «РЕТОМ» войти в ручное управление, выбрать управление фазами токов, выставить на фазу ф. А: 0,5А - 0°, ф. В: 1,0А - 240°, ф. С: 1,5А - 120°. Для канала напряжений: ф. А: 60В - 0°, ф. В: 60В - 240°, ф. С: 60В - 120°. Отсчет углов в программе «РЕТОМ» производится согласно векторной диаграммы, изображенной на рисунке 45.

Нажать на значок «Показать векторную диаграмму» (рис. 46), выбрать из столбца доступные величины для отображения на плоскости.

Терминал умножает поданное напряжение на $\sqrt{3}$.

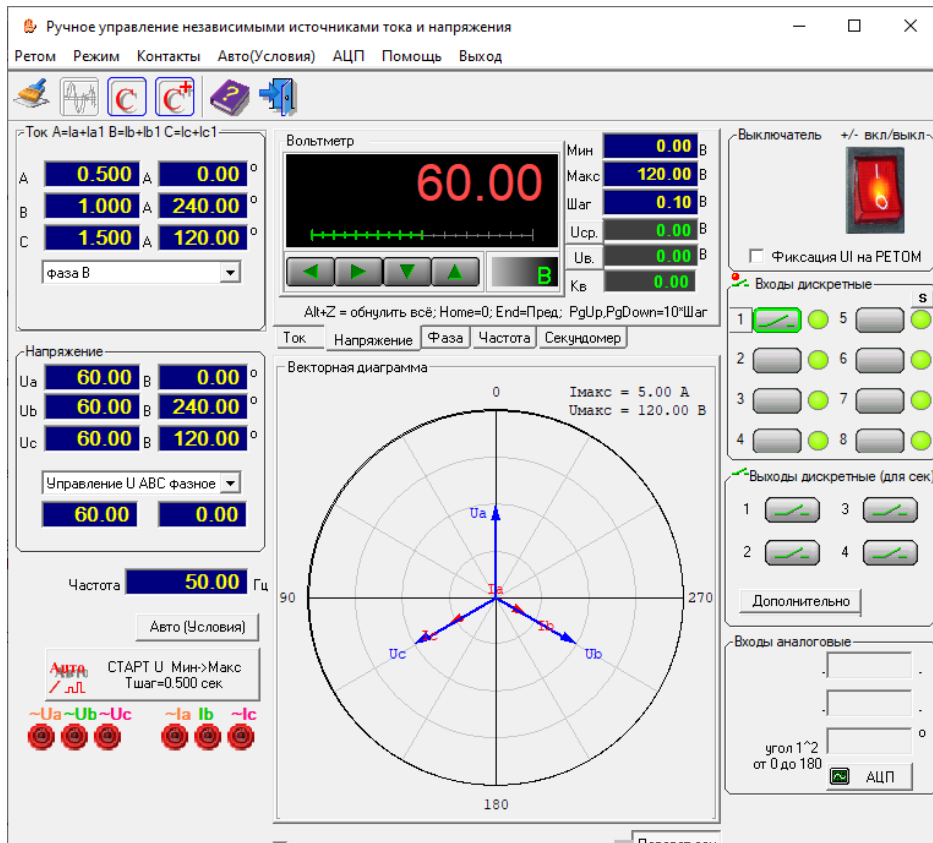


Рис. 45. Ручное управление независимыми источниками тока

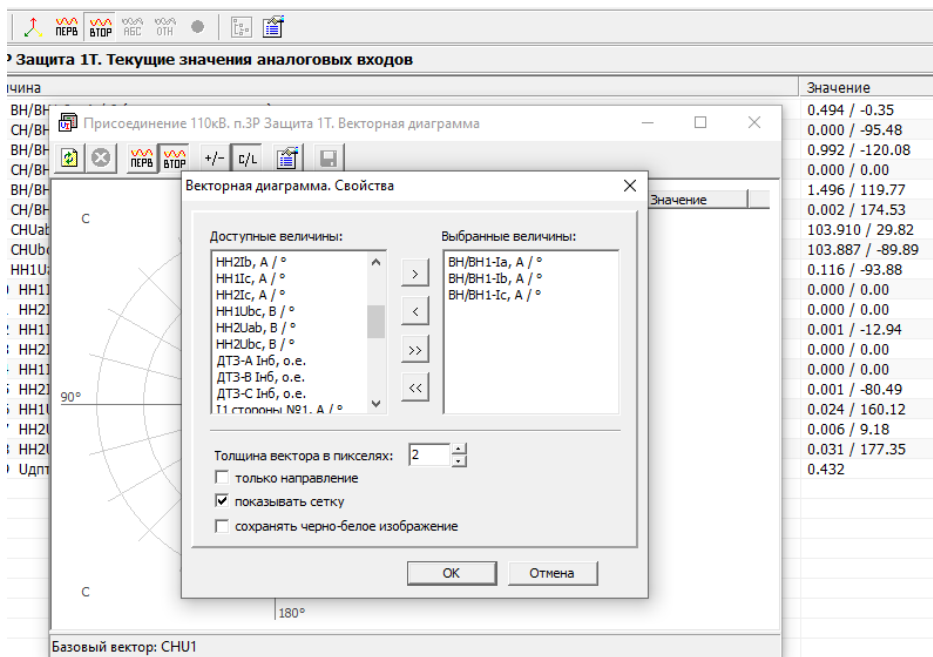


Рис. 46. Векторная диаграмма. Свойства

Один из вариантов – это выбрать правило отсчета векторов: L/C или +/-.

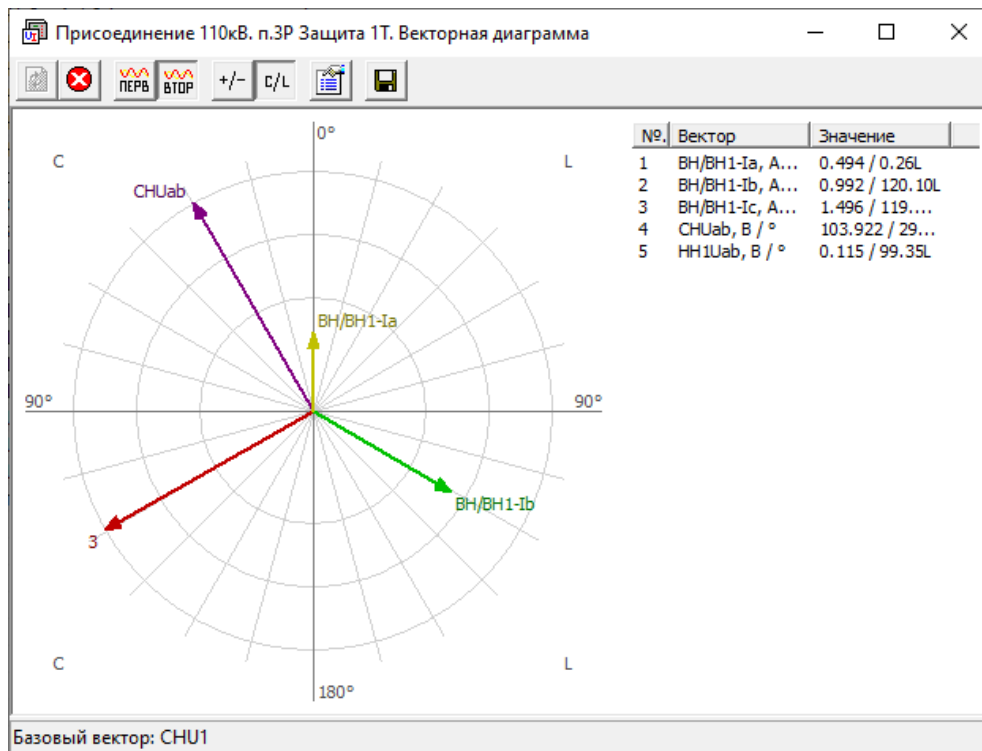


Рис. 47. Векторная диаграмма

За базовый вектор (*регулируемые параметры / служебные параметры*) выбрана величина прямой последовательности напряжения стороны СН трансформатора (рис. 47) [10]. Отображение терминалом фазы токов возможно при поданном напряжении (подача напряжения на сторону СН). Сравнить величины токов, напряжений и углы поданные с РЕТОМ-61 с отображаемыми в программе мониторинга и дисплее терминала (рис. 48).



Рис. 48. Параметр тока фазы «В» ВН1

Проверить погрешность измерений необходимо на разной величине токов и напряжений (например, 0,5, 1, 2, 3, 4, 5 А; 10, 20, 30, 50, 60В), т. к. математическая обработка аналоговых величин терминалом может давать разную погрешность.

Одновременно с проверкой погрешности отображения величин, особое внимание необходимо уделить правильности выполненного монтажа токовых, напряженческих цепей.

Монтаж токовых цепей проверяется на начальном этапе измерительной установкой, подаются разные значения токов прямого чередования фаз.

Нужно учитывать, что подключение цепей напряжения осуществляется на линейное напряжение. Две обмотки в терминале, на которые подается напряжение (сторона СН),

соединены последовательно (рис. 50), по этой причине физически терминал не определяет фазные напряжения.

Подать с РЕТОМа-61 следующие величины: ф. А: 30В – 0°, ф. В: 60В – 240°, ф. С: 60В – 120° (рис. 49). Далее производить комбинацию по подаваемой величине напряжений.

Текущие значения аналоговых входов - Программа мониторинга

Осциллограммы Связь Вид ?

п.ЗР Защита 1Т. Текущие значения аналоговых входов

Величина	Значение
1 ВН/ВН1-1а, А / ° (вторичная величина)	0.493 / -0.22
2 СН/ВН2-1а, А / ° (вторичная величина)	0.000 / 0.00
3 ВН/ВН1-1б, А / ° (вторичная величина)	0.990 / -120.14
4 СН/ВН2-1б, А / ° (вторичная величина)	0.000 / 0.00
5 ВН/ВН1-1с, А / ° (вторичная величина)	1.497 / 119.73
6 СН/ВН2-1с, А / ° (вторичная величина)	0.002 / -169.40
7 СНUab, В / ° (вторичная величина)	79.375 / 40.74
8 СНUbc, В / ° (вторичная величина)	103.883 / -89.93
9 НН1Uab, В / ° (вторичная величина)	0.127 / -100.53
10 НН11а, А / ° (вторичная величина)	0.003 / -6.06
11 НН21а, А / ° (вторичная величина)	0.001 / 12.28
12 НН11б, А / ° (вторичная величина)	0.000 / 0.00
13 НН21б, А / ° (вторичная величина)	0.000 / 0.00
14 НН11с, А / ° (вторичная величина)	0.000 / 0.00
15 НН21с, А / ° (вторичная величина)	0.000 / 0.00
16 НН1Ubc, В / ° (вторичная величина)	0.000 / 0.00
17 НН2Uab, В / ° (вторичная величина)	0.013 / -84.32
18 НН2Ubc, В / ° (вторичная величина)	0.007 / 6.33
19 Удпт, В (вторичная величина)	0.437

Рис. 49. Параметр напряжения СНUab, В

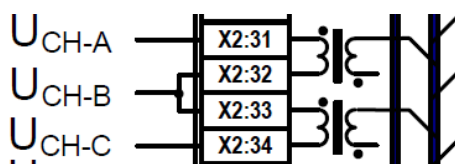


Рис. 50. Аналоговые входа

На рисунке 49 поданы величины ф. А: 30В - 0°, ф. В: 60В - 240°, ф. С: 60В - 120°. Величина СН Uab понизилась до значения 79, 38 В, т.е. в плече обмотки АВ значение поменялось, т.к. снизили подаваемое фазное напряжение ф. А: 30В. Следующие шаги:

- снизить подаваемое фазное напряжение ф. В до 30В (рис. 51);
- снизить подаваемое фазное напряжение ф. С до 30В (рис. 52);

Полигон, Присоединение 110кВ, п.ЗР Защита 1Т, Текущие значения аналоговых входов - Программа мониторинга

Объект Устройство Текущие величины Параметры Осциллограммы Связь Вид ?

Полигон

Присоединение 110кВ

- п.ЗР Защита 1Т
 - Текущие величины
 - Текущие значения аналоговых
 - Текущие значения аналоговых величин
 - Текущие значения дискретных
 - Текущие измерения по фазам
 - Ошибки связи протокола МЭ
 - Количество ошибок связи протокола МЭ
 - Регулируемые параметры
 - Общая логика
 - ДТЗ
 - УРОВ ВН
 - ТЭП
 - ЭП
 - Автоматика охлаждения
 - Блокировка РПН
 - МТЗ ВН
 - МТЗ СН
 - МТЗ НН1
 - МТЗ НН2
 - ЛЗШ СН
 - ЛЗШ НН1

п.ЗР Защита 1Т. Текущие значения аналоговых входов

Величина	Значение
1 ВН/ВН1-1а, А / ° (вторичная величина)	0.495 / -0.42
2 СН/ВН2-1а, А / ° (вторичная величина)	0.001 / 102.20
3 ВН/ВН1-1б, А / ° (вторичная величина)	0.991 / -120.11
4 СН/ВН2-1б, А / ° (вторичная величина)	0.000 / 0.00
5 ВН/ВН1-1с, А / ° (вторичная величина)	1.496 / 119.76
6 СН/ВН2-1с, А / ° (вторичная величина)	0.000 / 0.00
7 СНUab, В / ° (вторичная величина)	79.352 / 18.95
8 СНUbc, В / ° (вторичная величина)	79.367 / -79.03
9 НН1Uab, В / ° (вторичная величина)	0.090 / -82.86
10 НН11а, А / ° (вторичная величина)	0.000 / 0.00
11 НН21а, А / ° (вторичная величина)	0.000 / 0.00
12 НН11б, А / ° (вторичная величина)	0.004 / 147.12
13 НН21б, А / ° (вторичная величина)	0.000 / 0.00
14 НН11с, А / ° (вторичная величина)	0.000 / 0.00
15 НН21с, А / ° (вторичная величина)	0.000 / 121.96
16 НН1Ubc, В / ° (вторичная величина)	0.024 / 125.28
17 НН2Uab, В / ° (вторичная величина)	0.017 / -13.16
18 НН2Ubc, В / ° (вторичная величина)	0.006 / 136.60
19 Удпт, В (вторичная величина)	0.435

Рис. 51. Параметр напряжения СН Uab, В, СН Ubc, В

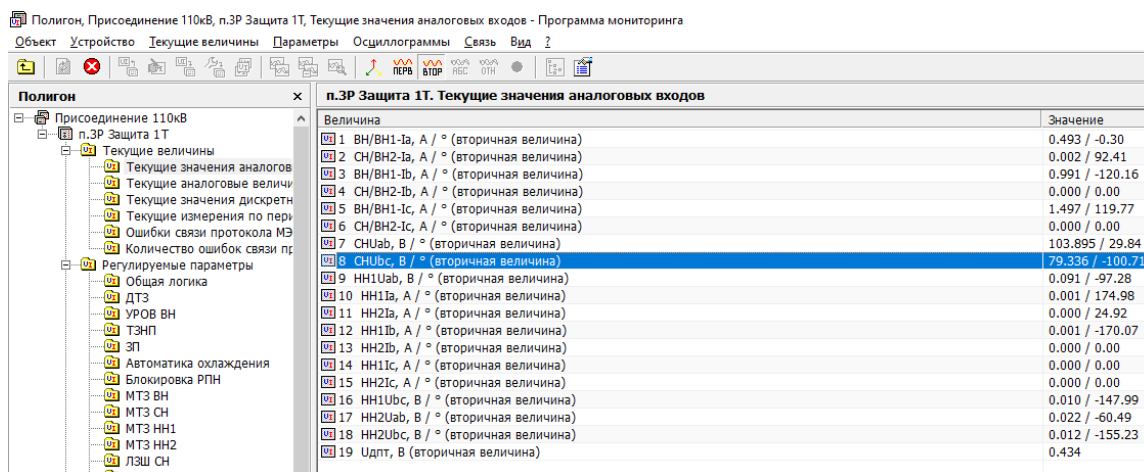


Рис. 52. Параметр напряжения СН Ubc, С

14) В процессе наладки, если подстроечные коэффициенты не заданы заводом или погрешность измерений больше допустимых (не забыть про погрешность РЕТОМа), необходимо произвести калибровку аналоговых входов. Зайти во вкладку *регулируемые параметры / заводские настройки/ подстройка аналоговых входов* (рис. 53).

**ПЕРЕД ИЗМЕНЕНИЕМ ПОДСТРОЕЧНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ
НЕОБХОДИМО СОХРАНИТЬ ОБРАЗ ТЕРМИНАЛА!**

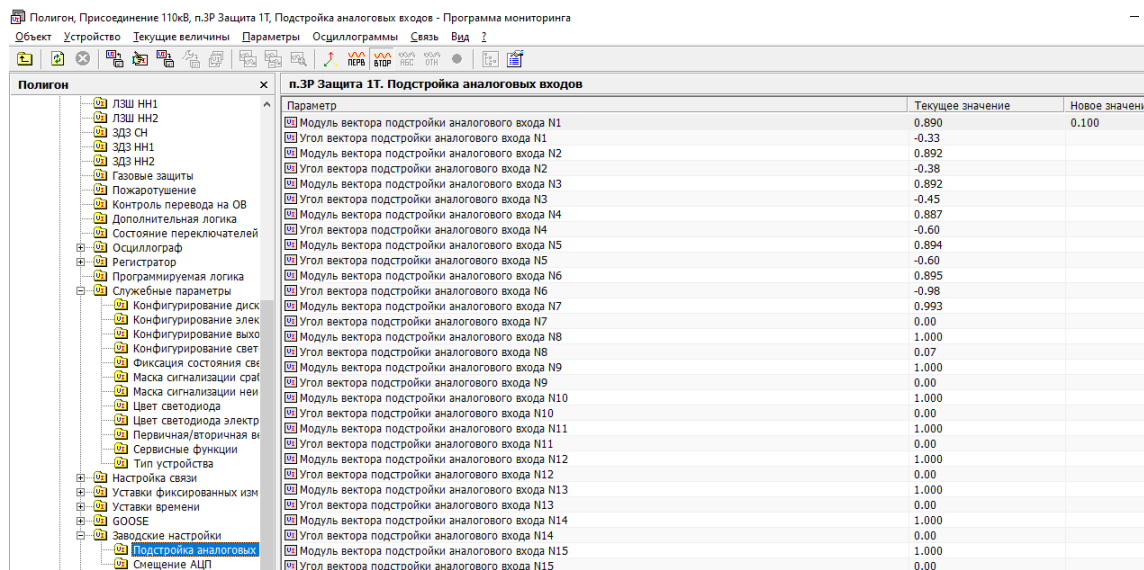


Рис. 53. Подстройка аналоговых входов

15) После проверки правильности отображения аналоговых величин и правильности выполнения монтажа токовых цепей, цепей напряжения, перейти к проверке выставленных уставок и логике терминала. Так как режим тестирования на блоке включен, то возможно назначить на «контрольный выход» любой доступный логический элемент из всплывающего списка (рис. 54).

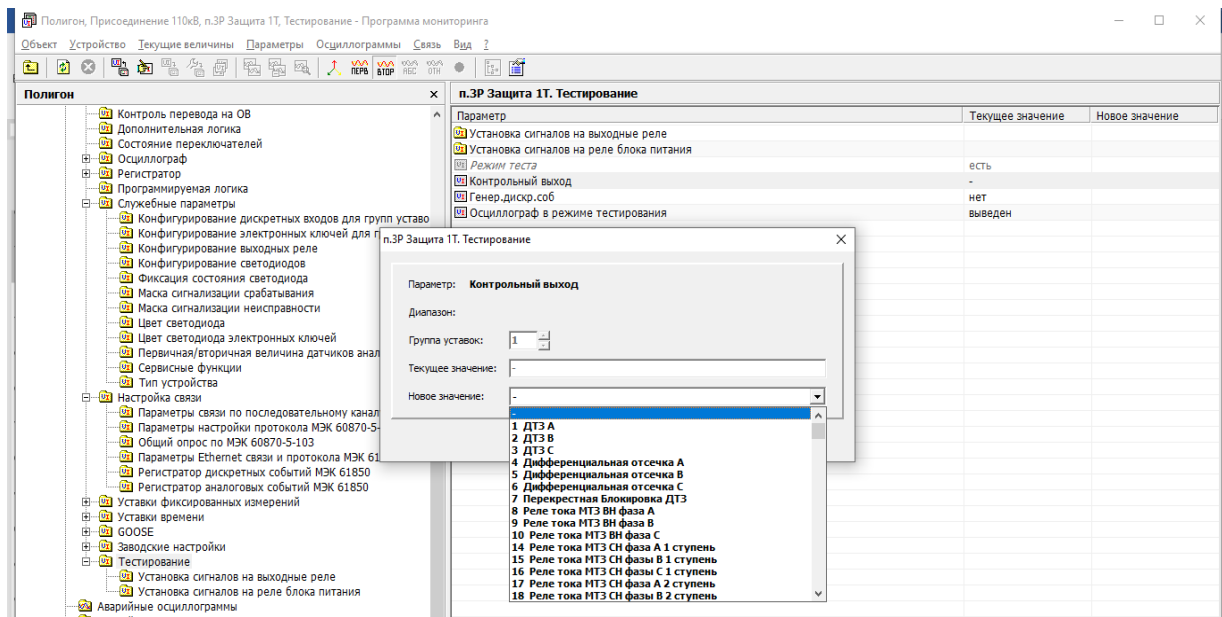


Рис. 54. Назначение логического элемента на контрольный выход

4.3. Контрольные вопросы

1. Каково назначение программно-технического комплекса РЕТОМ-61?
2. Перечислите основные функции РЕТОМ-61.
3. Какие токи можно получить на токовых аналоговых входах при подключении РЕТОМ-61?
4. Какие уровни напряжений можно получить на аналоговых входах напряжения при подключении РЕТОМ-61?
5. Как определяется погрешность измерений?

4.4. Содержание отчета

В отчете по лабораторной работе необходимо указать цель, описать свои действия, используя скриншоты экрана компьютера при работе в программах в соответствии с экспериментальной частью, начиная с 12 пункта. А также ответить на вопросы и сделать выводы.

Лабораторная работа № 5 «Добавление исходящего GOOSE – сообщения в РЕТОМ-61850»

Задание: Знакомство с ПО РЕТОМ-61850, добавление исходящего GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event) - сообщения в таблице дискретных сигналов.

5.1. Теоретическая часть

Конструкция РЕТОМ-61850:

Внешний вид устройства приведен на рисунке 55.



Рис. 55. Внешний вид РЕТОМ-61850

а – лицевая панель устройства; б – задняя панель устройства

На лицевой панели расположены:

- кнопка «ВКЛ / ВЫКЛ» включения/выключения питания;
- индикаторы «ГОТОВ» и «АВАРИЯ»;
- основной разъем «Ethernet» для подключения к сети Ethernet;
- четыре дополнительных разъема «1», «2», «3», «4» для подключения к сети Ethernet;
- разъем «USB» для подключения USB-накопителя (flash-карты);
- разъем «РЕТОМ-51/61» для совместной работы с РЕТОМ-51/61/71;

- два дискретных входа;
- разъем РТР для синхронизации времени по протоколу IEEE 1588;
- 2 дискретных выхода (транзисторные выходы).

На задней панели расположены разъем для подключения к сети ~220 В, выключатель блока питания, кнопка привязки устройства к компьютеру, дискретные выходы 3 и 4 (электромеханических реле), клемма заземления и вентилятор.

При подключенном сетевом кабеле ~220 В, включенном блоке питания и нажатии кнопки «ВКЛ / ВЫКЛ» подается питание на РЕТОМ-61850 и начинает мигать индикатор «ГОТОВ», через несколько секунд он загорается, информируя о готовности устройства к работе. Свечение индикатора «АВАРИЯ» информирует об ошибочном состоянии РЕТОМ-61850.

Дискретные входы/выходы служат для дополнительных возможностей коммутации и анализа при испытаниях устройств, имеющих в своем составе, в том числе, и обычные дискретные входы/выходы. Также дискретные входы могут быть настроены для синхронизации времени по PPS сигналу.

Разъем «USB» может использоваться только для подключения USB-накопителя (flash-карты).

Разъем «РЕТОМ-51/61» предназначен для присоединения к устройствам РЕТОМ-51/61/71 при необходимости их совместной работы. В этом режиме токи и напряжения в аналоговом виде через РЕТОМ-51/61/71 выдаются на проверяемое оборудование. Реакция проверяемого оборудования в виде GOOSE-сообщений в РЕТОМ-61850 преобразуется в виртуальные контакты и через соответствующий кабель передается в РЕТОМ-51/61/71.

Включение/выключение устройства

Для включения РЕТОМ-61850 необходимо включить тумблер питания на задней панели устройства над сетевым шнуром ~220 В, а затем кратковременно нажать кнопку «ВКЛ / ВЫКЛ» на передней панели устройства (начнет мигать зеленый светодиод «ГОТОВ», который через ~60 секунд перейдет в режим постоянного свечения, что информирует о готовности устройства к работе).

Для выключения РЕТОМ-61850 кратковременно нажать кнопку «ВКЛ / ВЫКЛ» на передней панели устройства и дождаться (около 20 секунд) выключения устройства. Выключение устройства также возможно через пункт меню программы управления РЕТОМ-61850: «Служебные → Выключить РЕТОМ-61850».

ВНИМАНИЕ! Устройство необходимо выключать путем кратковременного нажатия кнопки «ВКЛ / ВЫКЛ» на лицевой панели устройства. При выключении РЕТОМ-61850 тумблером питания, расположенным на задней панели устройства, заданные настройки не сохраняются.

Основные функциональные возможности РЕТОМ-61850:

- обмен в реальном времени логическими сигналами с проверяемым устройством в виде GOOSE-сообщений, позволяющий пользователю получать и передавать выбранные логические сигналы для анализа;

- выдача токов и напряжений в цифровом виде (Sampled Values);
- обработка входящих и исходящих GOOSE-сообщений с одновременной выдачей и анализом входных SV-потоков (Sampled Values);
- синхронизация по протоколам SNTP(NTP), PTP (IEEE 1588 v2), PPS;
- регистрация входных SV-потоков (Sampled Values) с отображением их на осциллограмме;
- совместная работа с испытательным устройством РЕТОМ-51/61/71;
- 5 Ethernet портов, каждый из которых может настраиваться на прием и передачу соответствующих GOOSE-сообщений или SV-потоков [15].

В заголовке окна программы управления РЕТОМ-61850 отображаются название программы, серийный номер РЕТОМ-61850 и версия программы управления РЕТОМ-61850.

В окне программы отображаются две панели статусной информации:

- Основная панель статуса;
- Статусная панель активного устройства;

Основная панель статуса

Основная панель статуса отображается в нижней части окна (рисунок 56):

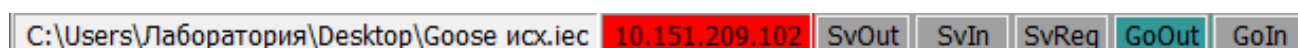


Рис. 56. Основная панель статуса

На панели отображается следующая информация:




- путь к последнему архиву;
- IP-адрес устройства;
- индикатор исходящих GOOSE-сообщений GoOut;
- индикатор входящих GOOSE-сообщений GoIn;
- индикатор исходящих SV-потоков SvOut;
- индикатор входящих SV-потоков SvIn;
- индикатор регистрации SV-потоков SvReg;
- индикатор состояний дискретных входов на лицевой панели [15].

Цвет фона IP - адреса устройства позволяет контролировать соединение с выбранным устройством. При наличии соединения – цвет серый, а при его отсутствии – красный **10.151.209.102**.

Цветовая гамма панелей GOOSE-сообщений и SV-потоков тоже изменяется, в зависимости от следующих условий (табл. 4):

Таблица 4

Цветовая индикация

Цвет	Состояние
 Серый	пункт неактивен
 Зеленый	пункт активен
 Оранжевый	предупреждение

Статусная панель активного устройства располагается в правой части окна и ее примерный вид представлен на рисунке 57.



Рис. 57. Статусная панель активного устройства

На панели отображается следующая информация:

- привязка к компьютеру;
- синхронизация – индикатор отображает состояние синхронизации по времени: 1 - синхронизирован, 0 – нет;
- версия программного обеспечения внутри РЕТОМ-61850 (прошивка);
- состояния сетевых интерфейсов.

Под привязкой подразумевается возможность компьютера управлять текущим устройством. Привязка компьютера и устройства производится с целью обеспечения монопольного доступа к РЕТОМ-61850. Процесс привязки описывается ниже.

При несоответствии версий программы управления РЕТОМ-61850 и программы внутри РЕТОМ-61850 (прошивки), при запуске тестов выдается сообщение о необходимости обновления ПО. Под несоответствием версий ПО подразумевается различие любых старших трех цифр в версиях программ. При несоответствии версий фон панели с версией ПО имеет оранжевый цвет, в противном случае – зеленый.

Перед началом испытаний необходимо выбрать активное устройство и привязаться к нему.

Порядок выбора активного устройства:

1. Нажать ссылку «Поиск устройств» и в появившемся окне выбора устройства нажать кнопку «Поиск», при обнаружении активных устройств РЕТОМ-61850 заполнится список.
2. Нажатием левой кнопки мыши выбрать активное устройство из списка найденных.
3. Для дальнейшей работы, если устройство не привязано к компьютеру, необходимо выполнить привязку, нажав кнопку «Привязка», а затем нажать одноименную кнопку на задней панели устройства.

В окне поиска отображается таблица с устройствами РЕТОМ-61850, подключенными в Ethernet-сеть. Каждое найденное устройство отображается в виде отдельной строки таблицы. В строчках отображается следующая информация:

- IP-адрес,
- MAC-адрес,
- версия ПО внутри РЕТОМ-61850 (прошивка),
- серийный номер,
- привязка к данному компьютеру,
- состояние устройства,

- наличие в устройстве платы захвата Ethernet-трафика с аппаратными метками времени.

Порядок привязки:

1. Нажать ссылку «Поиск устройств» и в появившемся окне выбора устройства нажать кнопку «Поиск». При этом заполняется список обнаруженных в сети устройств РЕТОМ-61850.
2. Выбрать нажатием левой кнопки мыши нужное устройство из списка найденных.
3. Нажать кнопку «Привязка», появится окно запроса (рис. 58).

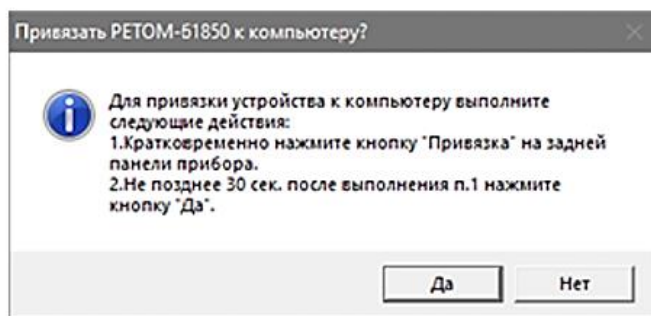


Рис. 58. Запрос на привязку РЕТОМ-61850 к компьютеру

4. Однократно нажать кнопку «Привязка», расположенную на задней панели РЕТОМ-61850.

5. Нажать кнопку «Да» в окне запроса (рисунок 58), при этом начнется повторный поиск устройств. В случае успешной привязки в столбце «Привязка» состояние привязки изменится на «да».

6. Выбрать строку с номером своего РЕТОМ-61850, и нажав иконку «ОК», закрыть текущее окно.

Порядок настройки сетевых параметров порта связи:

1. В окне программы управления РЕТОМ-61850 (рисунок 59) нажать кнопку «Поиск устройств».

2. В появившемся окне (рис. 59) нажать кнопку «Поиск».

3. Выбрать строку с нужным устройством в появившемся списке найденных РЕТОМ-61850.

4. Если устройство не привязано, выполнить привязку (описано выше).

5. Нажать кнопку «Смена IP», в появившемся окне в качестве новых будут предложены сетевые параметры из подсети, в которой находится управляющий компьютер.

6. При необходимости скорректировать данные в окне «Смена IP» и нажать ОК, при этом начинается повторный поиск, и в случае успешных действий, РЕТОМ-61850 отобразится в таблице обнаруженных устройств с заданным IP-адресом.

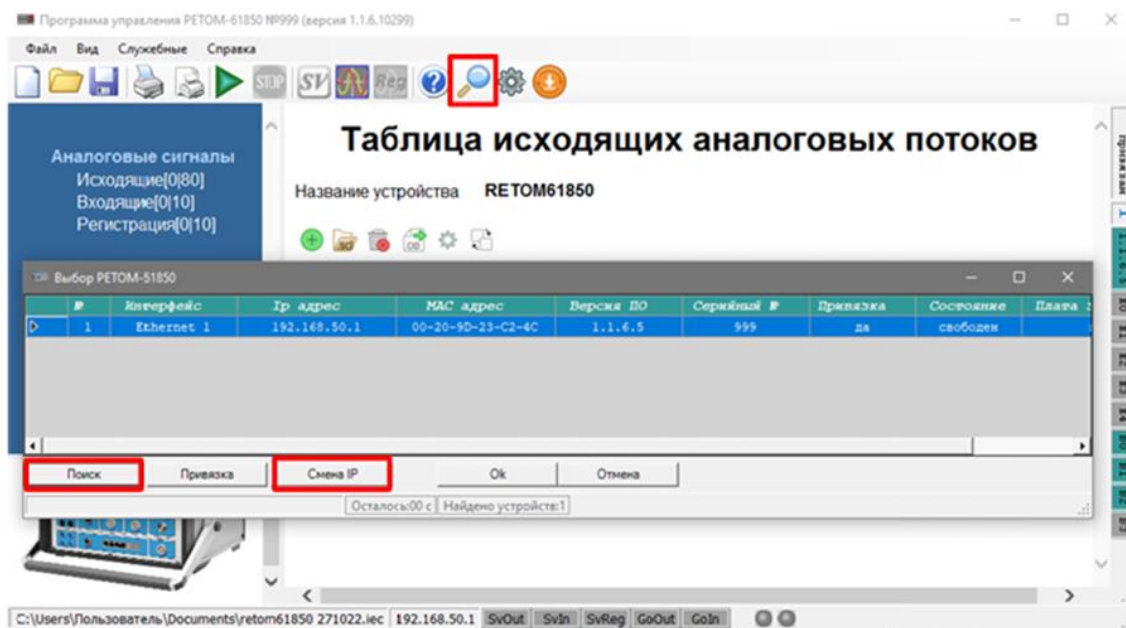



Рис. 59. Смена IP адреса

Порядок настройки сетевых параметров устройства:

1. В окне программы управления РЕТОМ-61850 нажать иконку  «Настройка».

2. В появившемся окне ввести логин и пароль. И логин, и пароль по умолчанию – **admin** [15].

Хост – устройство, работающее в режиме сервера и предоставляющее сервисы формата «клиент – сервер». Клиент запрашивает у TCP открытие соединения с сервером по указанному IP – адресу и порту.

Выбор типа подключения зависит от того, какой используется протокол (TCP или UDP) и как настроен удаленный хост. В режиме TCP в Сервере связи выбирается TCP клиент и указывается адрес удаленного хоста. Не обязательно задавать фиксированный номер локального порта.

Если удаленный хост находится в режиме TCP клиент, то в Сервере связи должен быть выбран режим TCP сервер и должен быть указан фиксированный номер локального порта. В режиме TCP сервер адрес удаленного хоста не задается [12].

Если сетевое соединение используется для подключения непосредственно к терминалам БЭ2704/БЭ2502, то следует использовать команды *Добавить* и *Найти* из секции *К устройствам*.

По команде *Добавить* появляется новое подключение, для которого нужно выбрать тип подключения – UDP для терминалов БЭ2704V750 и БЭ2704V751 и TCP клиент для всех остальных терминалов БЭ2704 и БЭ2502, у которых есть LAN порты. Так же для нового подключения нужно задать IP-адрес терминала.

5.2. Экспериментальная часть

1) Проверить состояние защитного заземления стенда, РЕТОМ-61850.

2) Соединить кабелем информационным (Ethernet патч-корд) РЕТОМ-61850 и управляющий компьютер через коммутатор МОХА, в котором задействовать порт №1 к ПК, порт №2 к РЕТОМ-61850.

3) Соединить кабелем информационным (Ethernet патч-корд) РЕТОМ-61850 (порт – 1) и проверяемое устройство РЗА (блок ЭКРА 041 – к LAN 1) через коммутатор МОХА, в котором задействовать порт №3 к РЕТОМу-61850, порт №4 к терминалу защит.

4) Соединить кабелем информационным (Ethernet патч-корд) управляющий компьютер и блок ЭКРА 041 (к LAN 2) через коммутатор МОХА, в котором задействовать порт №5 к терминалу защит.

5) Подать питание на стенд включив АВ-0,22 SF1 «Автомат питания терминала», убедиться в наличии питания по индикации блока ЭКРА 041.

6) Дождаться полной загрузки ЭКРА 041.

7) Включить персональный компьютер, с установленным ПО «ЕКРАSMS» [12].

8) Запустить сервер связи.

В области уведомлений должен появиться значок программы

9) Узнать параметры подключения в терминале для выставления их в сервере связи.

Для этого, перейти в меню *настройки связи/ Параметры Ethernet связи и протокола МЭК 61850*.

Выставить значение в строке «IP адрес» (рис. 60) 10.151.209.20 (держат левую кнопку «изменить» 3 сек). После изменения любых параметров через лицевую панель терминала срабатывает светодиод «неисправность терминала».

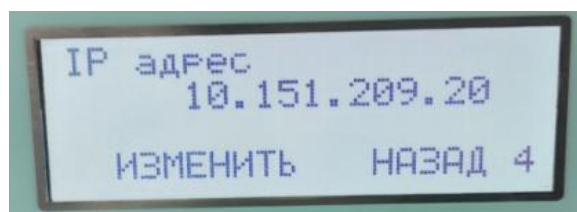


Рис. 60. IP адрес

В этом же разделе узнать «Адрес терминала для связи по SPA_bus по Ethernet порту» для дальнейшего подключения «Сервера связи». Далее выставить в строке «Режим работы по Ethernet» протокол PRP.

Возвратиться в главное меню и произвести запись уставок. По умолчанию пароль «1» (рис. 61, 62).



Рис. 61. Запись уставок



Рис. 62. Запись уставок

10) Нажать правой кнопкой по значку «сервера связи» (рис. 63), перейти в настройки (рис. 64).



Рис. 63. Область уведомлений

11) Выбрать сетевое соединение/ свойства (рис. 64).

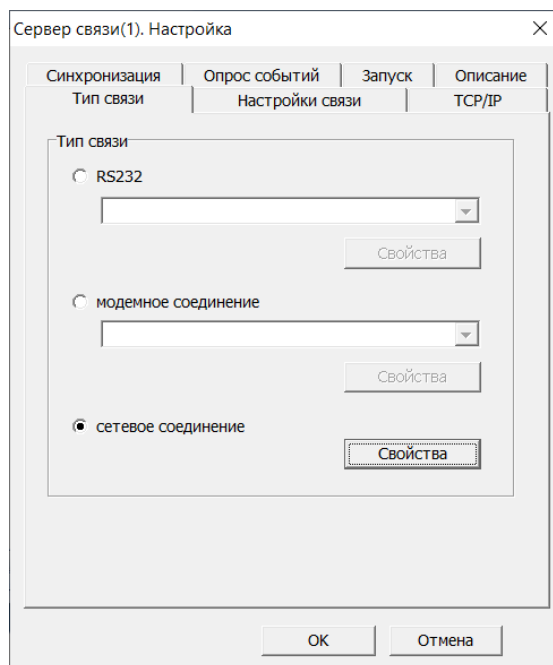


Рис. 64. Сервер связи. Настройка

12) К устройствам / добавить. В окне: «Сервер связи. Сетевое соединение» выбрать TCP клиент, IP адрес: 10.151.209.20 (рис. 65).

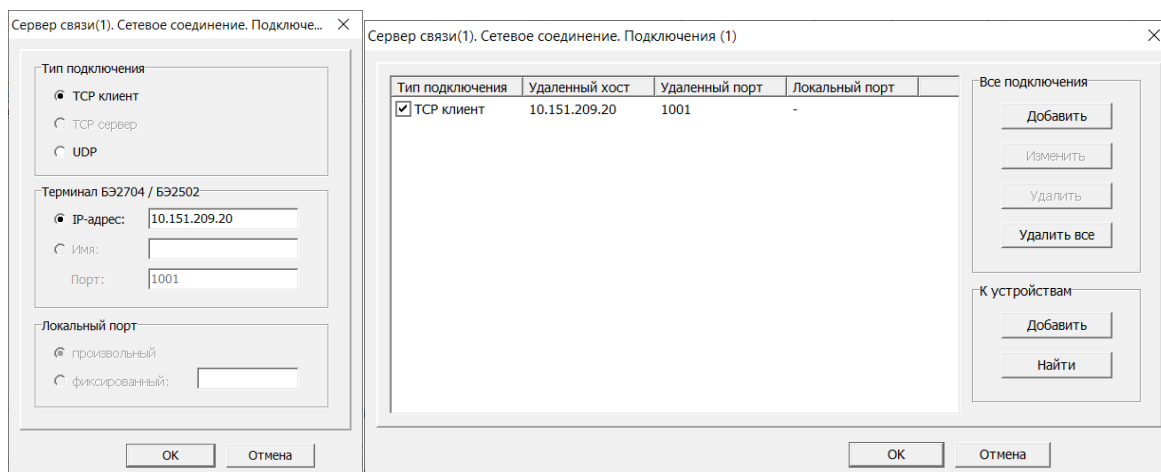


Рис. 65. Сервер связи. Сетевое соединение

13) В «сервере связи» открыть «устройства».

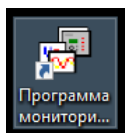
14) Нажать сканировать, в открывшемся окне перейти во свойства, создать новый объект, например, ПС Полигон (рис. 20).

15) Выставить диапазон адресов, в котором находится терминал (лабораторная № 5, п.9, «Адрес терминала для связи по SPA_bus по Ethernet порту»).

16) После нахождения терминала с серийным номером 15353, поставить галочку в столбце чтение.

17) Дождаться окончания скачивания файла описания устройства РЗА.

18) Закрывать окно «Сервер связи. Устройства».



19) Открыть программу мониторинга

20) Найти подключенный терминал (лабораторная № 1, п.20-22).

21) Включить РЕТОМ-61850. Программа управления РЕТОМ-61850 входит в стандартное ПО РЕТОМ-51/61/71. Вначале необходимо запустить стандартное ПО РЕТОМ-51/61/71, выбрать РЕТОМ 61850 (рис. 66), при нажатии на «IEC 61850 +SV» (рис. 67), откроется окно РЕТОМ-61850 (рис. 68).

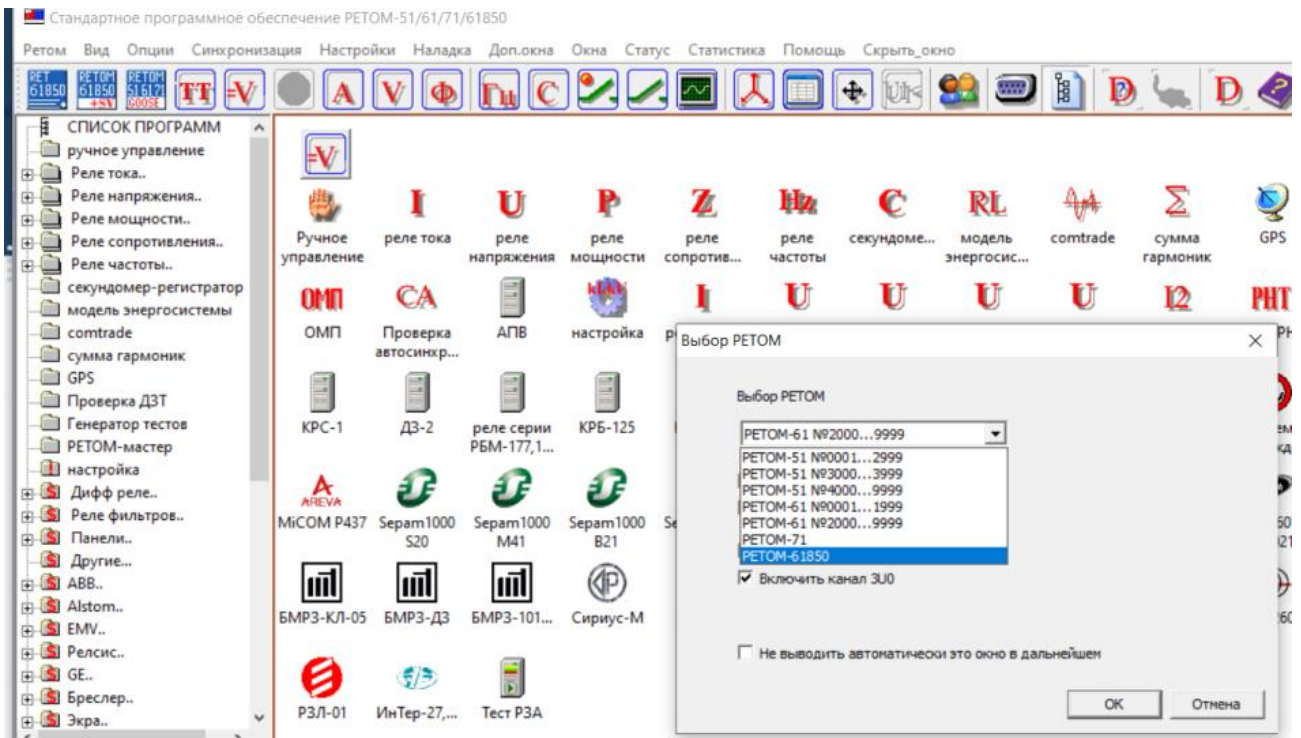


Рис. 66. Выбор PETOM-61850

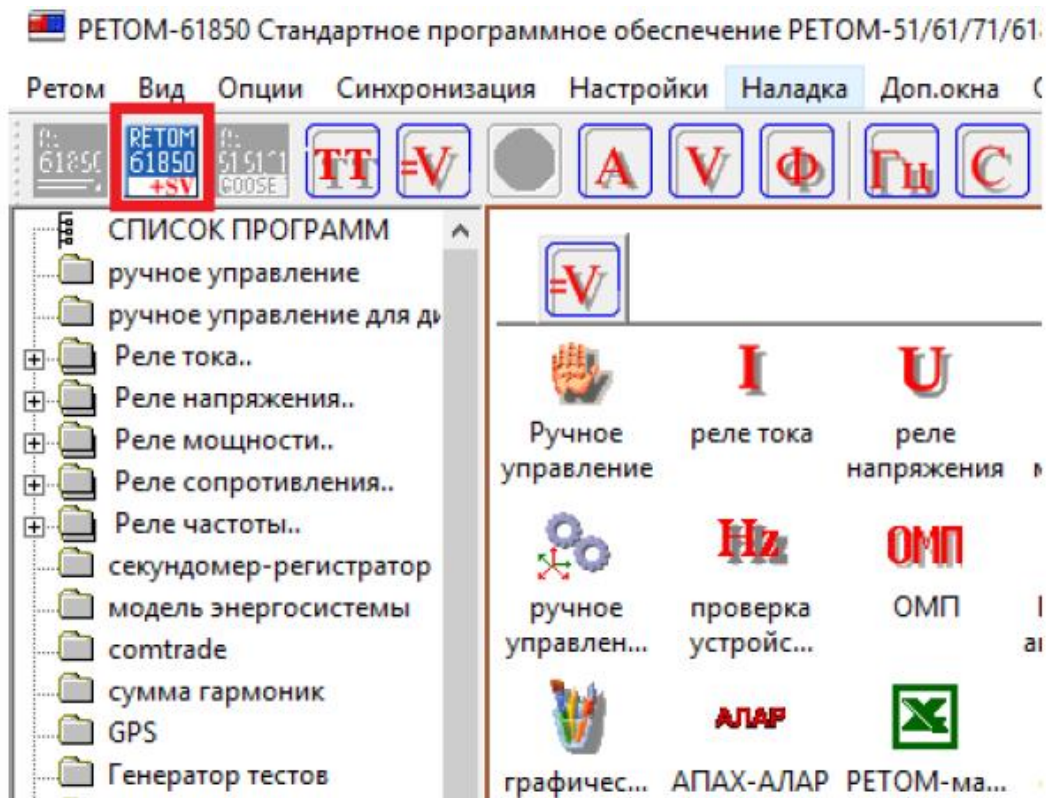


Рис. 67. Окно стандартного ПО РЕТОМ-51/61/71

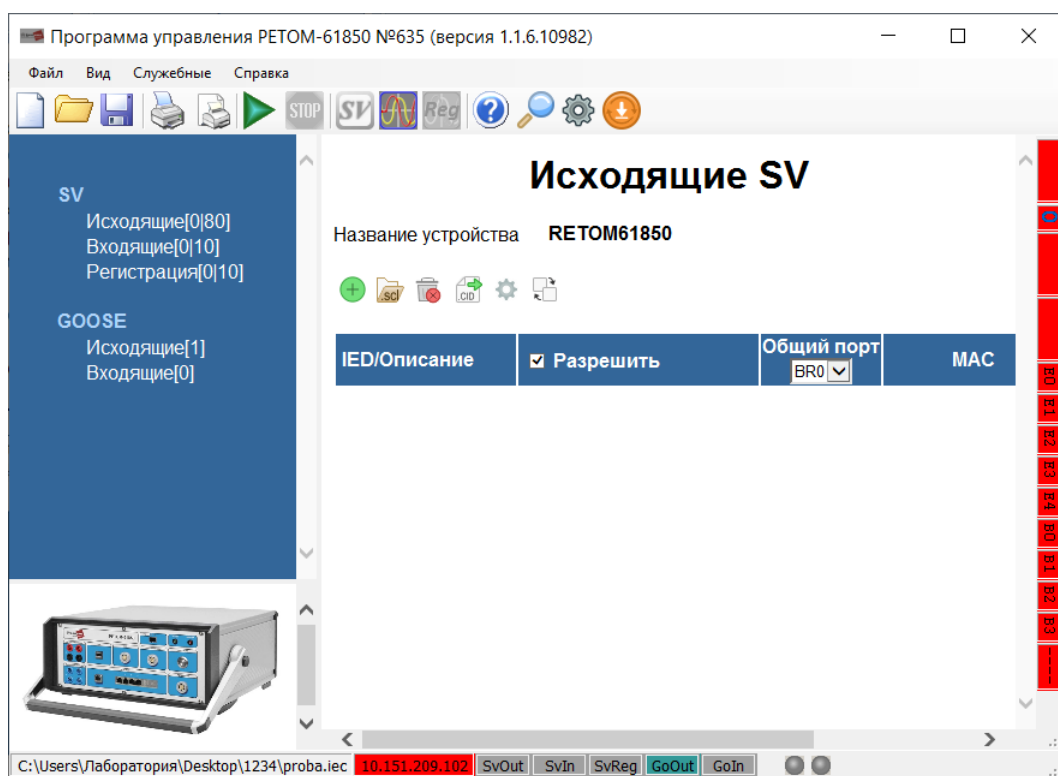


Рис. 68. Окно программы управления РЕТОМ-61850

22) Для управления РЕТОМ-61850 достаточно подключиться к Ethernet (порт 0). Для работы РЕТОМ-61850 должен находиться в той же подсети, что и компьютер, и должен быть привязан к компьютеру. *Привязка и смена адреса может осуществляться даже при работе в разных подсетях* [15]. В окне программы РЕТОМ-61850 выбрать кнопку «Поиск устройств» (рис. 71). В появившемся окне нажать кнопку «Поиск».

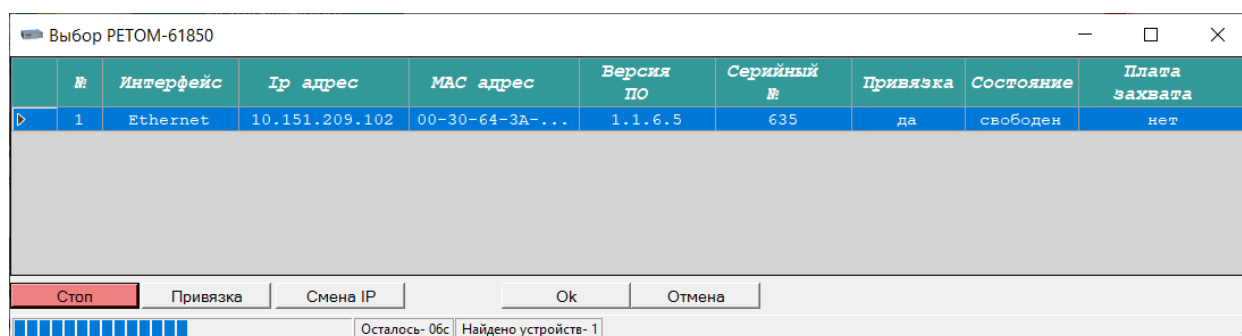


Рис. 71. Выбор РЕТОМ-61850

23) Так как подключение происходит напрямую к устройству, то в списке будет найдено одно устройство.

24) Привязку перед началом работы необходимо выполнять только в том случае, если в предыдущем сеансе работы с устройством управление производилось с другого компьютера [15]. Если привязка устройства к ПК не осуществлена, то после нажатия кнопки «Ок», на статусной панели в окне программы управления РЕТОМ-61850 отобразится информация «не привязан» (рис. 72).

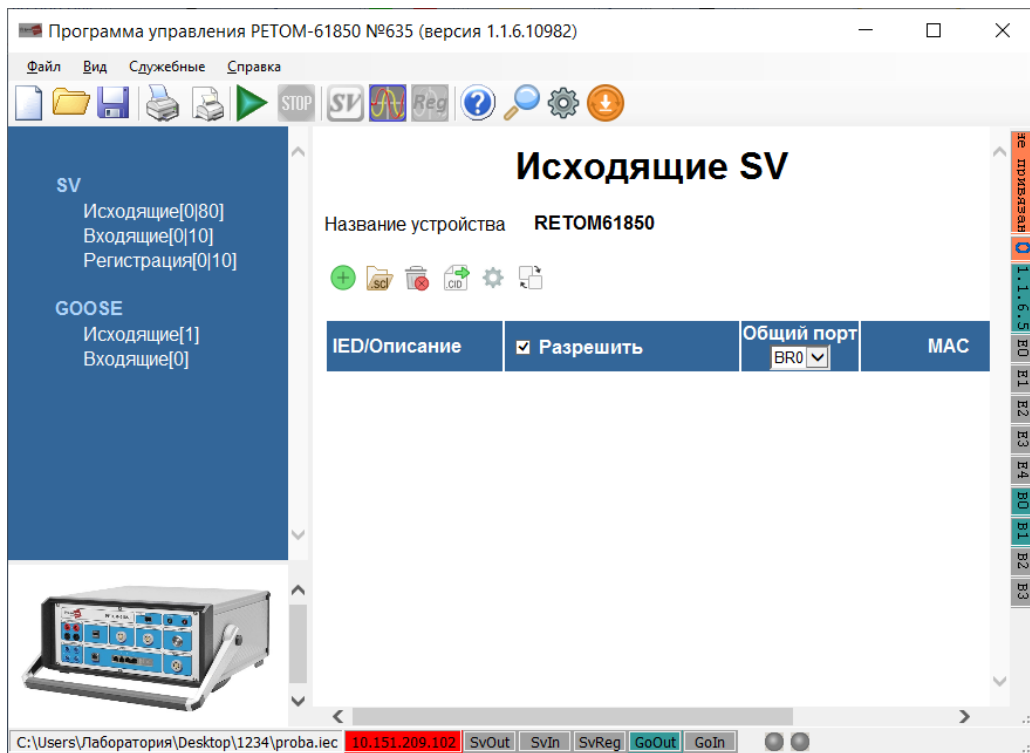


Рис. 72. Окно программы управления РЕТОМ-61850

25) Нажать кнопку «Привязка» в окне выбора РЕТОМ-61850. Далее появится окно, где будет предложено нажать кнопку привязка на задней панели устройства (рис. 55 - б).

26) Убедиться, чтобы устройство и ПК находятся в одной подсети. Если компьютеру назначен другой IP-адрес, то необходимо выполнить одно из действий:

– открыть: настройки параметров адаптера / подключение по локальной сети (выход сетевой карты, задействованный в подключении к устройству) / свойства / «Протокол Интернета версии 4 (TCP/IPv4)» и нажать кнопку «Свойства».

Необходимо ввести IP-адрес из той же подсети, в которой находится устройство РЕТОМ-61850. Если при поиске адрес устройства 10.151.209.102, то нужно выбрать адрес, начинающийся на 10.151.209.xxx, где xxx любая цифра, не совпадающая с адресом устройства, например, 10.151.209.101. Маска подсети: 255.255.255.0. Остальные параметры заполнять не обязательно. Сохранить настройки [15].

– второй вариант изменения сетевых параметров – это нажать кнопку «Смена IP» (рисунок 71), после чего будут предложены сетевые параметры из подсети, в которой находится управляющий компьютер (произойдет смена адреса в РЕТОМе-61850).

27) Повторить поиск (рис. 71).

Если при попытке поиска РЕТОМ-61850 из программы управления устройство не отвечает, необходимо при включении питания удерживать кнопку «Привязка» на задней панели устройства до момента кратковременного включения светодиода «Авария» (примерно 15 секунд). Выставится IP-адрес 192.168.0.150 и маска 255.255.255.0 [15].

28) Наличие связи с РЕТОМ-61850 подтверждается на основной панели статуса, где красный цвет «IP-адрес устройства» изменился на серо-зеленый (рис. 73).

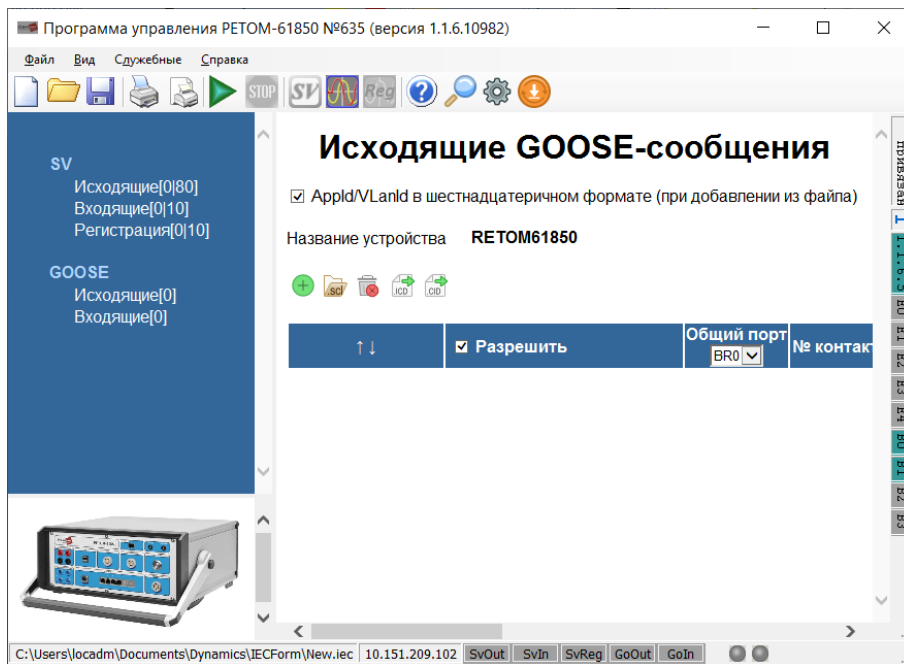



Рис. 73. Окно программы управления RETOM-61850

- 29) Перейти в настройки  или через браузер, введя в поле адреса IP-адрес устройства RETOM-61850.
- 30) Логин и пароль по умолчанию admin.
- 31) Перейти на страницу: Настройки → Сеть (рис. 74).

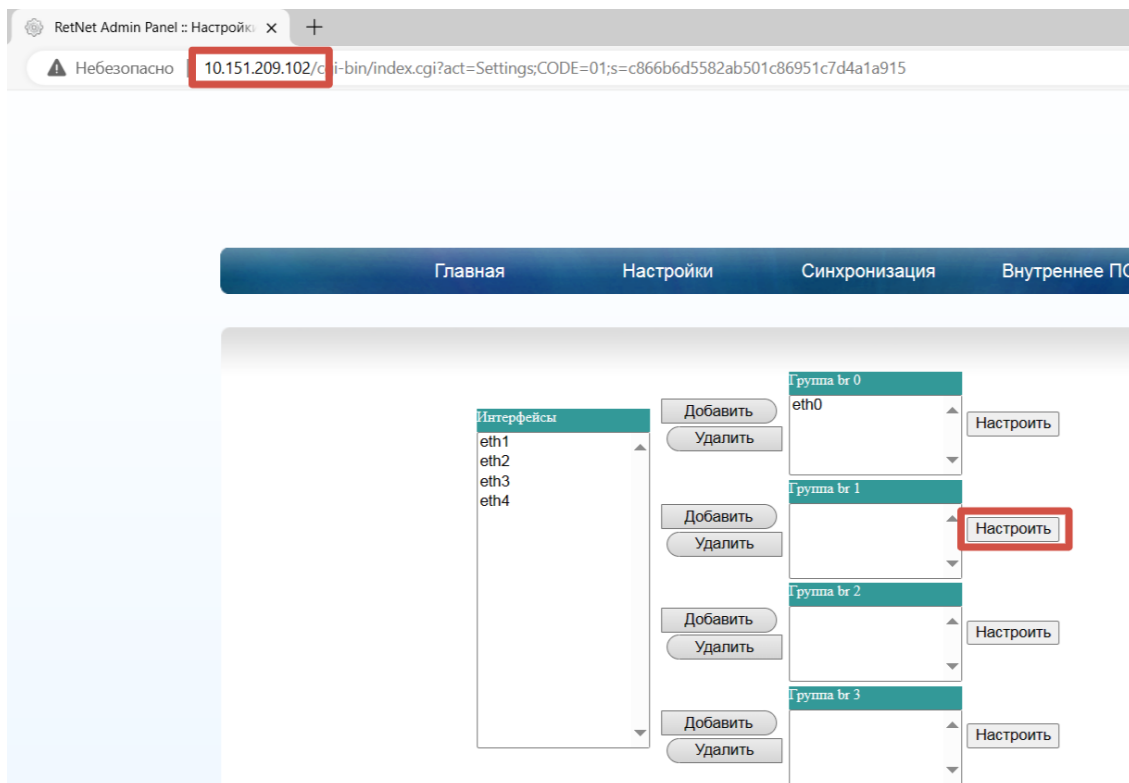


Рис. 74. Настройка сетевых параметров

В поле «Интерфейсы» показываются ненастроенные Ethernet-порты, которые не используются. Чтобы перевести их в группу, выберите нужный интерфейс и нажать кнопку «Добавить» напротив нужной группы.

Чтобы удалить интерфейс из группы, выделить интерфейс в группе и нажать кнопку «Удалить» напротив этой группы [15].

32) Для отделения управляющего порта от шины процесса в окне «Настройка сетевых параметров» производится распределение портов по «мостам».

Vr0 – связь с устройством (адрес 10.151.209.102);

Vr1, br2, br3 – мост 1, 2, 3;

По правилам маршрутизации: мосты для SV потоков и GOOSE – сообщений должны быть в разных подсетях. Назначить на Vr1 – порт eth1, на Vr2 – порт eth2.

Мост или бридж (англ. bridge) – это способ соединения двух сегментов Ethernet на канальном уровне, т.е. без использования протоколов более высокого уровня, таких как IP. Пакеты передаются на основе Ethernet-адресов (физический адрес сетевого оборудования, MAC - адрес), а не IP-адресов (как в маршрутизаторе). Поскольку передача выполняется на канальном уровне (уровень 2 модели OSI), все протоколы более высокого уровня прозрачно проходят через мост [3].

33) Для настройки группы, нажать кнопку «Настроить» напротив этой группы br1. (рисунок 74).

34) В окне «параметры группы br1» (рис. 75) для статического адреса ввести

IP Адрес: 10.151.209.22 (у терминала ЭКРА 10.151.209.20);

Маска: 255.255.255.0.

Применить настройки.

Настройка: x +

10.151.209.102/cgi-bin/index.cgi?act=Settings;CODE=01;s=c866b6d5582ab501c86951c7d4a1a915

Главная Настройки Синхронизация Внутреннее ПО

IP Настройки

Не используется

Получать IP адрес автоматически

IP Адрес: 10.151.209.22

Маска: 255.255.255.0

Шлюз:

Использовать статический адрес

IP Адрес:

Маска:

Шлюз:

Хост:

Домен:

Рис. 75. Параметры группы br1

35) Окно «Синхронизация», выставить настройки, показанные на рисунке 76. Применить внесенные изменения.

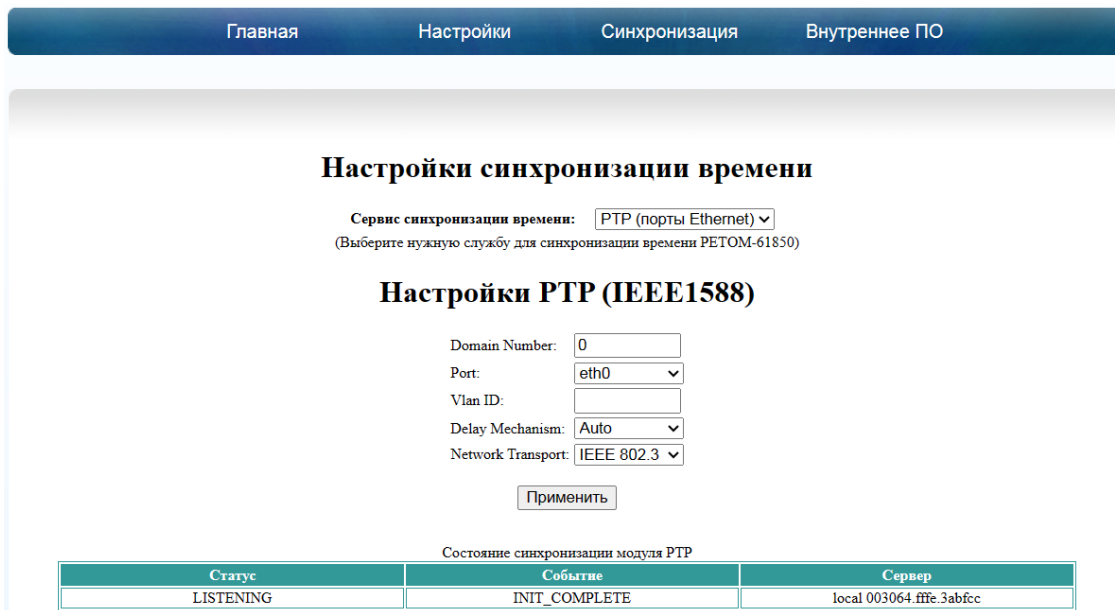


Рис. 76. Синхронизация времени PTP (порты Ethernet)

36) На вкладке главная (рис. 77) в результате будут отображены введенные настройки по мостам, тип синхронизации и наличие источников синхронизации. Расшифровка статуса синхронизации (синхронизированные источники) по цвету (рис. 78):

Зеленый – синхронизирован;

Красный – не синхронизирован;

Желтый – синхронизация локальная без внешних источников, источник – РЕТОМ-61850.

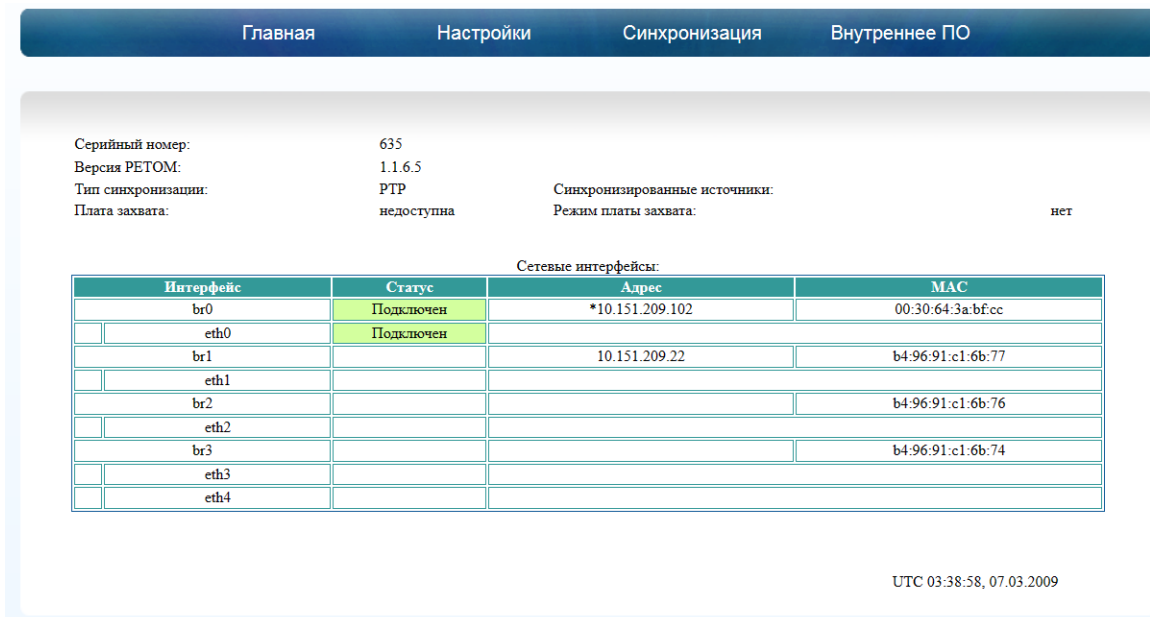


Рис. 77. Главное окно настроек

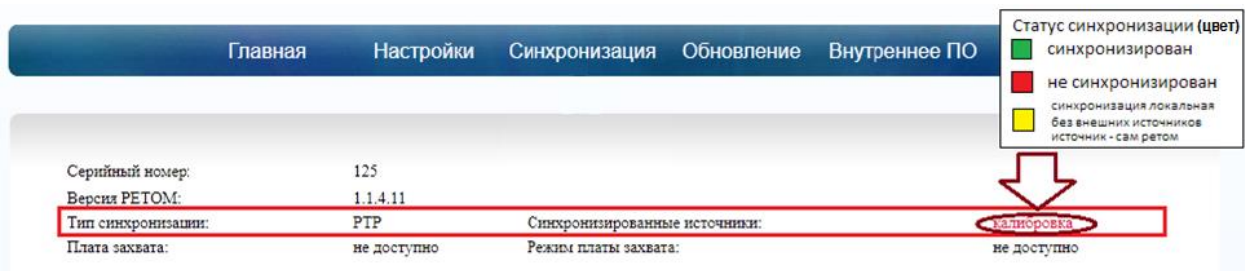


Рис. 78. Состояние синхронизации в главном окне настроек

37) Перейти во вкладку «исходящие GOOSE – сообщения». Общий порт выбрать «BR1».

В данной вкладке настраиваются таблицы соответствий между логическими сигналами (виртуальных дискретных выходов) в «Стандартном ПО РЕТОМ-51/61/71» и логическими сигналами в исходящих GOOSE-сообщениях [15].

38) Во вкладке «Служебные» выбрать «изменение флага симуляции» т.к. терминал не реагирует на входящие GOOSE сообщения с меткой «Тест».

39) Нажать кнопку «Добавить новое GOOSE сообщение». В результате появляется возможность редактировать параметры сообщения (рис. 79).

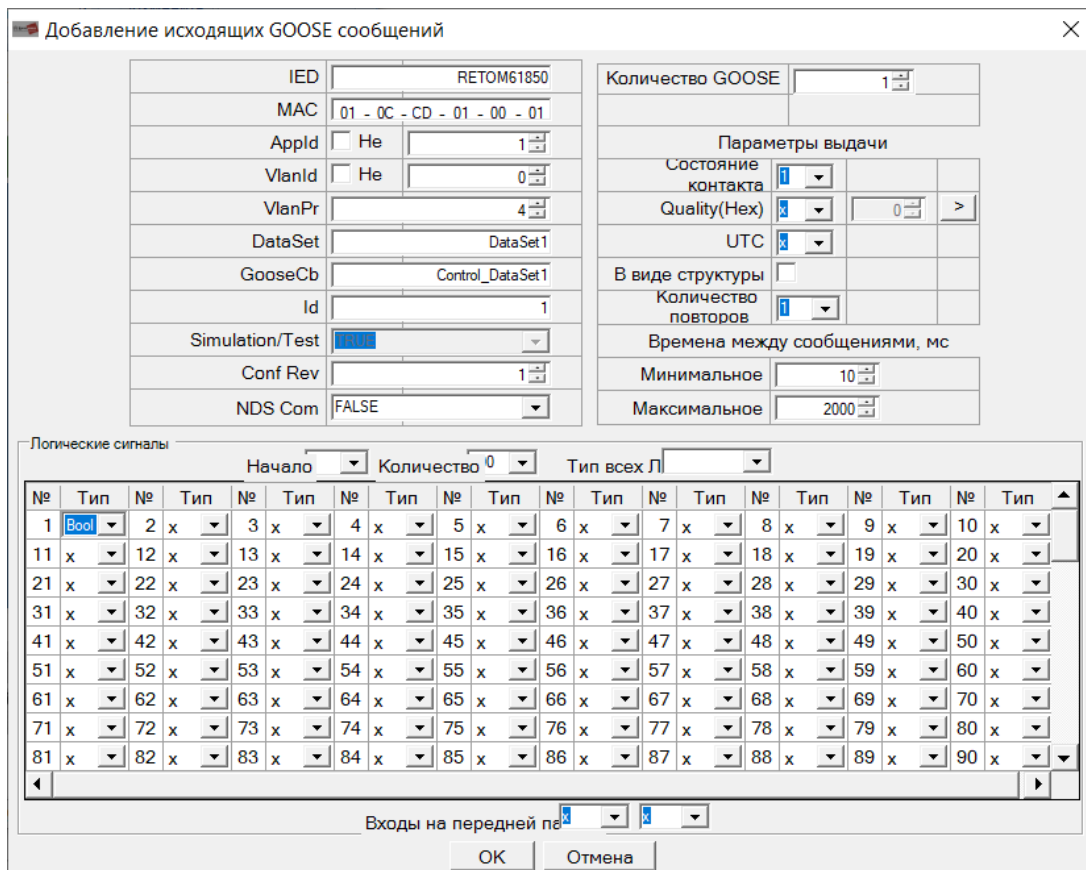


Рис. 79. Добавление исходящих GOOSE сообщений

Редактировать параметры сообщения можно нажатием на изображение «Карандаш» в заголовке таблицы GOOSE-сообщения (рис. 80).

↑↓	<input checked="" type="checkbox"/> Разрешить	Общий порт BR0	№ контакт
RETOM61850↑	<input checked="" type="checkbox"/> Control_DataSet1	Порт BR1	№
1	Control_DataSet1/CTRL/TEST GGIO1/SPCSO1		1

Рис. 80. Добавление исходящего GOOSE сообщения

Для каждого сообщения задаются следующие параметры (табл. 5):

Таблица 5

Параметры исходящего сообщения

Параметр	Описание	
IED	Название устройства	
MAC	Адрес сообщения	
AppId	Числовой идентификатор	
VlanId	Идентификатор виртуальной сети	Данные параметры предназначены для распределения информационных потоков в сети
VlanPr	Приоритет в виртуальной сети	
DataSet	Название набора данных	
GooseCb	Название блока данных GOOSE	
GoId	Строковый идентификатор сообщения	
Test	Флаг тестового сообщения	
Conf Rev	Счетчик изменений в структуре данных GOOSE-сообщения (DataSet)	
Nds Com	(needs commissioning) – задается TRUE, если не сконфигурированы данные в GOOSE-сообщении (DataSet = NULL)	
Quality	Параметр качества	

40) Изменить тип сигнала №1 на Bool.

Логический тип данных (bool) может иметь одно из двух значений, true (истина) или false (ложь).

41) В строке «simulation / test» выбрать «false». Закрыть окно настройки сообщения. По итогу добавится один логический сигнал.

42) Экспортировать файл в *.cid.  , задав ему любое имя.

5.3. Контрольные вопросы

1. Назовите основные функции РЕТОМ-61850.
2. Что переключает флаг симуляции?
3. Что определяет фон IP-адреса?
4. Что понимается под привязкой к компьютеру?
5. Как осуществить привязку устройства к ПК?
6. Какие индикаторы состояния синхронизация по времени существуют? Что они означают?
7. Дайте определение мосту (*bridge*).

5.4. Содержание отчета

В отчете по лабораторной работе необходимо указать цель, описать свои действия, используя скриншоты экрана компьютера при работе в программах в соответствии с экспериментальной частью, начиная с 12 пункта. А также ответить на вопросы и сделать выводы.

Лабораторная работа № 6 «Подписка терминала БЭ2704 041 на прием GOOSE – сообщения от РЕТОМ-61850»

Задание: Знакомство с ПО ЭКРА «Конфигуратор МЭК 61850», добавление входящего GOOSE - сообщения в терминал БЭ2704 041, конфигурирование светодиода в терминале 041 на прием goose – сообщения.

6.1. Теоретическая часть

Программа Cfg61850 для настройки по стандарту МЭК 61850 предназначена для работы с устройствами релейной защиты серий БЭ2704 и БЭ2502 ООО НПП «ЭКРА» (далее – устройства или терминалы) и предоставляет следующие возможности:

- просмотр и изменение параметров настройки терминалов, относящихся к МЭК 61850;
- конфигурирование входящих и исходящих сообщений GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event), SV (Sampled Values), отчетов (Report);
- генерация файлов SCL (Substation Configuration Language) (ICD и т. п.) для предоставления описания возможностей терминалов в сторонние средства конфигурирования;
- генерация текстовых файлов и файлов *.xlsx со списками дискретных сигналов и измерений; генерация файлов *.docx со списками параметров и их значениями;
- загрузка данных о выходах GOOSE-сообщений и SV из файлов SCL других производителей для настройки входов GOOSE-сообщений и SV;
- загрузка данных из файлов SCL (SCD и т. п.) сторонних средств конфигурирования [4].



Для добавления устройств в программе используется меню *Файл / Добавить устройство*.


Для подключения через Ethernet по протоколу TCP необходимо указать IP-адрес устройства. При заданном IP-адресе имеется возможность предварительно прочитать из устройства значения параметров идентификации устройства. IP-адрес может быть выбран из списка IP-адресов, по которым ранее успешно проводилось чтение.

Устройство можно добавить при помощи файла конфигурации и файла SCL для конфигурирования без непосредственного подключения к устройству. Устройства, добавленные из файлов SCL, считаются устройствами сторонних производителей.

В левой части главного окна программы располагается список устройств в текущем проекте.

Графическое обозначение устройств:

1.  – успешная попытка связи (при этом постоянная связь не поддерживается);
2.  – устройство, все данные для работы с которым загружены из файлов;

3.  – устройство, добавленное из SCL- файла, сторонних производителями, данные используются только для настройки входов GOOSE и SV других устройств, с самим устройством операции недопустимы;

4. * – устройство, информация о котором сохранилась с предыдущего сеанса работы программы; после успешной загрузки данных из файлов обозначение сменится на 2 или 3.

Параметры текущего устройства отображаются в правой части главного окна программы на многостраничной панели в табличной форме. Наличие тех или иных панелей зависит от программы в терминале.

При настройке исходящих GOOSE-сообщений необходимо перейти на вкладку *GOOSE исх.*

В верхней части вкладки GOOSE исх. в главном окне отображается список GSE Control Block (исходящих GOOSE-сообщений) текущего устройства с указанием соответствующих наборов передаваемых данных DataSet, в нижней части – список DataSet. Оба эти списка фиксированные, их нельзя изменить.

При выполнении двойного щелчка мыши над именем GSE Control Block происходит открытие окна *Исходящее GOOSE-сообщение*. В нем отображаются доступные для редактирования параметры GOOSE-сообщения.

При выполнении двойного щелчка левой кнопкой мыши над именем DataSet осуществляется открытие окна *Исходящее GOOSE-сообщение – редактирование выходов*. В левой части окна располагается список выходов. В правой части окна отображаются дискретные сигналы устройства.

Дискретные сигналы имеют следующие обозначения:

◆ – сигнал, не назначенный ни на один из выходов; можно выбрать;

◆ – сигнал, уже назначенный хотя бы на один из выходов; можно выбрать повторно;

Сигналы можно перетаскивать при помощи мыши [22].

6.2. Экспериментальная часть

1) Проверить состояние защитного заземления стенда, РЕТОМ-61850.

2) Соединить кабелем информационным (Ethernet патч-корд) РЕТОМ-61850 и управляющий компьютер (рисунок 81) через коммутатор МОХА, в котором задействовать порт №1 к ПК, порт №2 к РЕТОМ-61850 (рис. 56 – б).

3) Соединить кабелем информационным (Ethernet патч-корд) РЕТОМ-61850 (порт – 1, рис. 82) и проверяемое устройство РЗА (блок ЭКРА 041 – к LAN 1, рис. 83) через коммутатор МОХА, в котором задействовать порт №3 к РЕТОМу-61850, порт №4 к терминалу защит (рис. 56 – б).



Рис. 81. Порт 0, РЕТОМ-61850



Рис. 82. Порт 1, РЕТОМ-61850

4) Соединить кабелем информационным (Ethernet патч-корд) управляющий компьютер и блок ЭКРА 041 (к LAN 2) (рис. 83) через коммутатор МОХА, в котором задействовать порт №5 к терминалу защит (рис. 56 – б).



Рис. 83. LAN1, 2 терминал 2704 051 (041)

5) Подать питание на стенд включив АВ-0,22 SF1 «Автомат питания терминала», убедиться в наличии питания по индикации блока ЭКРА 041.

6) Дождаться полной загрузки ЭКРА 041.

7) Включить персональный компьютер, с установленным ПО «EKRASMS» [12].

8) Включить РЕТОМ-61850. Открыть ПО РЕТОМ, выбрать РЕТОМ-61850.

9) Нажать кнопку поиск .

10) Убедиться в наличии связи с РЕТОМ-61850 (рис. 73).

11) Открыть программу «Конфигуратор МЭК 61850» .

Программы cfg61850 и сервер связи (программа EKRASMS) одновременно не могут подключиться к одному и тому же устройству по протоколу TCP через Ethernet. Узнать наличие подключенного клиента по TCP через Ethernet в текущий момент возможно через веб-интерфейс терминала (в разделе «Клиенты», последний клиент). Отобразится IP – адрес компьютера, на котором запущена программа – клиент. Если нет подключения клиента, то отобразится значение «0.0.0.0».

12) Пройти: *файл / добавить устройство / добавить устройство*. В строке «IP адрес» указать 10.151.209.20 (рис. 84), тип связи: «TCP (Ethernet)». Нажать «прочитать адрес» и «прочитать параметры идентификации».

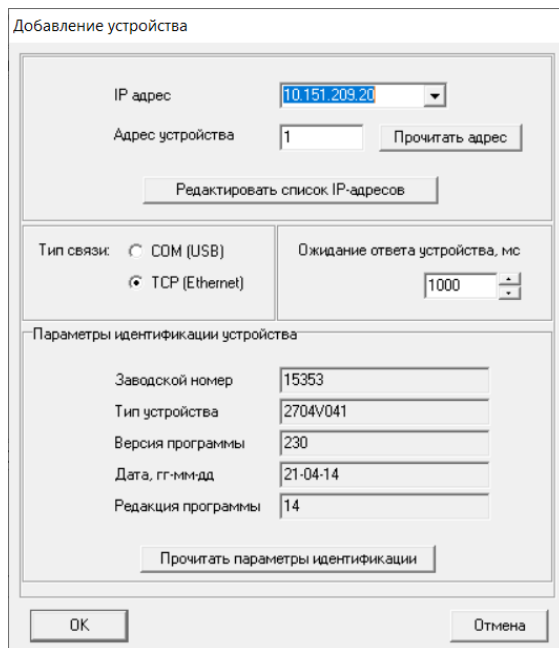


Рис. 84. Добавление устройства

Терминал добавится в столбец «список устройств» (рис. 85). Для каждого устройства отображается комбинация параметров Имя устройства по протоколу 61850 и IP адрес (при наличии).

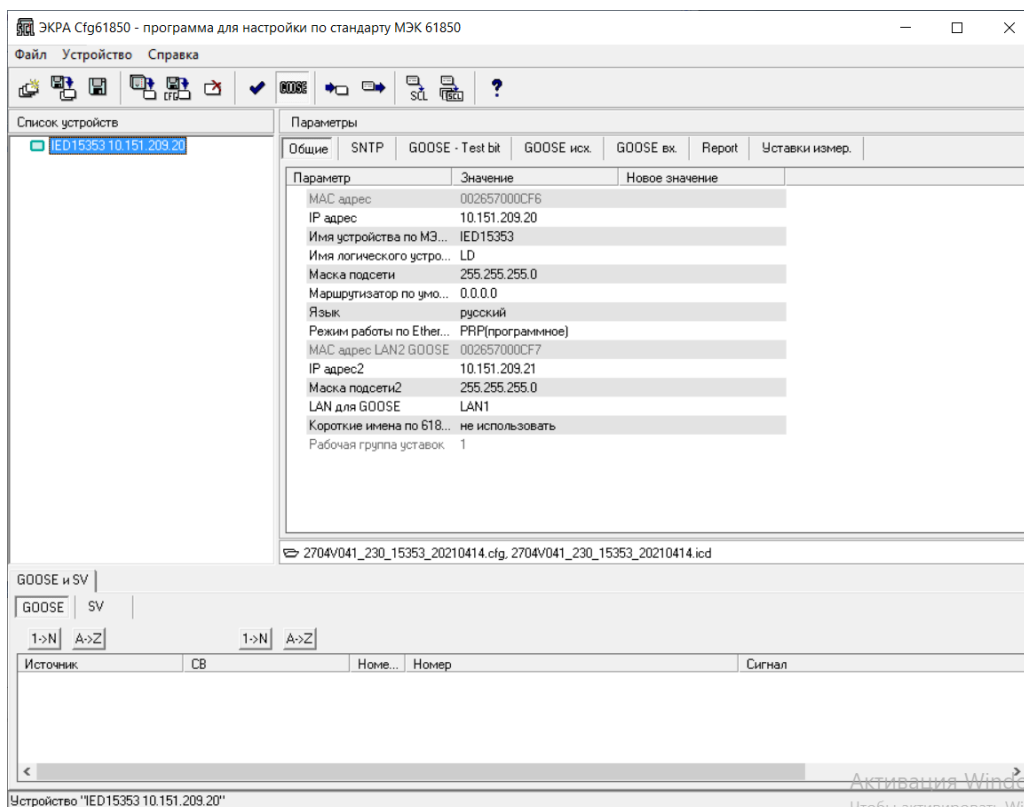


Рис. 85. Главное окно конфигуратора

13) Необходимо назначить исходящий GOOSE PETOM-61850 на входящий goosein_1 устройства IED15353. Добавить PETOM 61850 в список устройств. Для этого открываем сохраненный SCL файл с расширением *.cid (рис. 86), созданный в PETOM-61850 (лабораторная № 5, п.42).

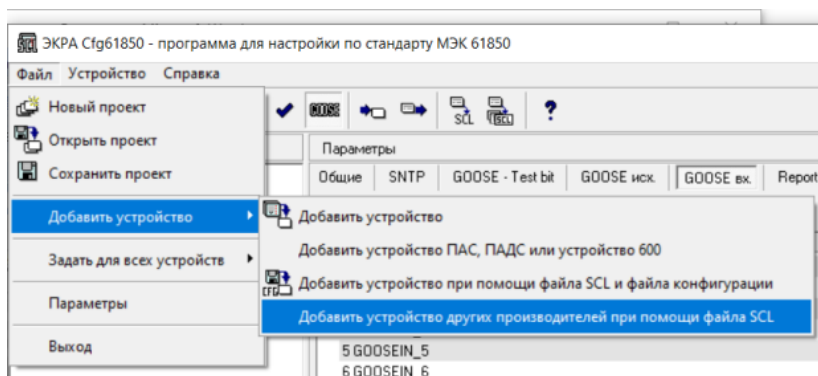


Рис. 86. Добавить устройство других производителей при помощи файла SCL

14) Перейти во вкладку GOOSE вх. терминала ЭКРА (рис. 87). Дважды нажать по «1 GOOSEIN_1».

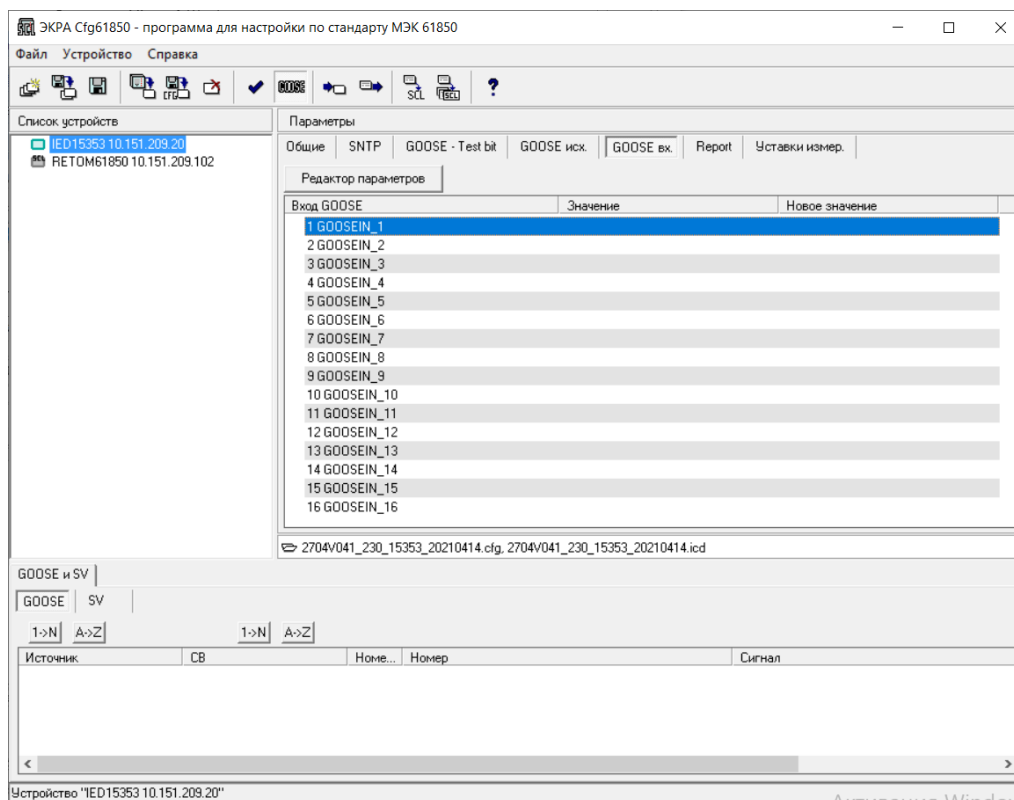


Рис. 87. GOOSE вх. терминала ЭКРА

15) Назначить исходящее goose – сообщение, настроенное в PETOMe, перетащить CTRL.Testggio01.SPCS01.sTVa1 на соответствующий «1 GOOSEIN_1» (рис. 88).

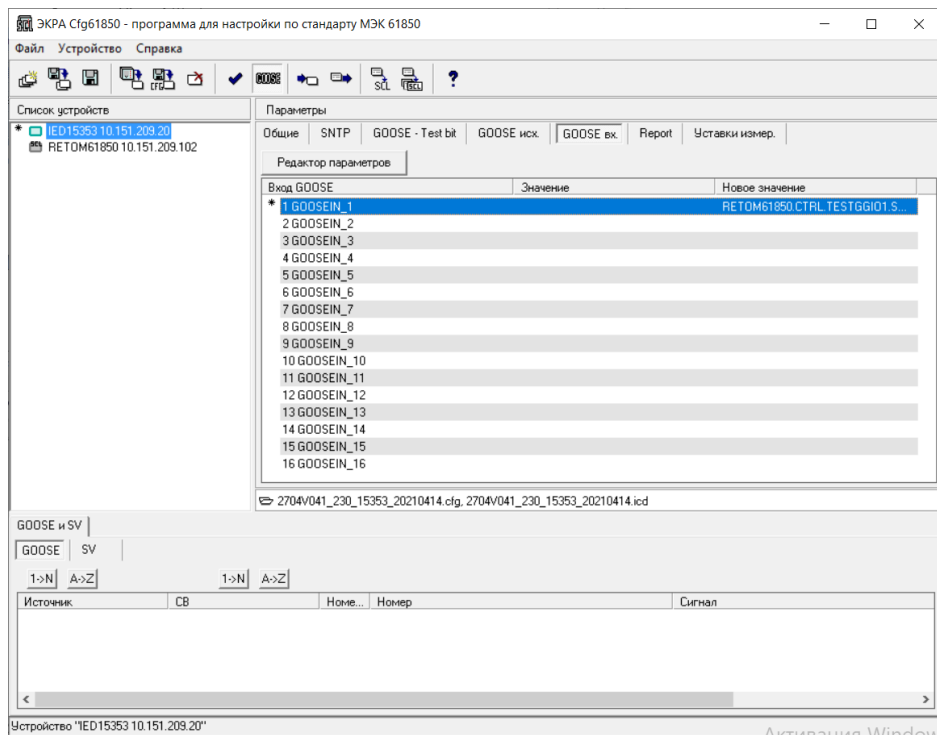


Рис. 88. GOOSE вх. терминала ЭКРА. 1 GOOSEIN_1

16) Перейти во вкладку «Общее» (рис. 89), в строке «Режим работы по Ethernet» выбрать протокол PRP. Если выбран протокол резервирования PRP, то параметры связи (IP-адрес и шлюз) для Ethernet 1 и Ethernet 2 одинаковы.

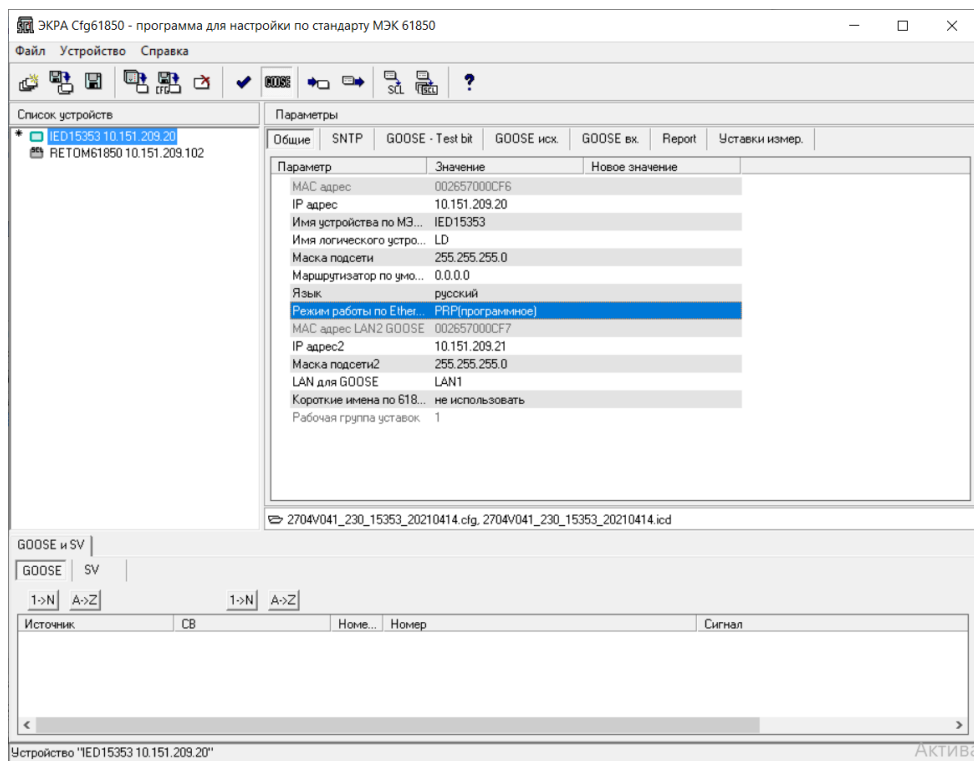

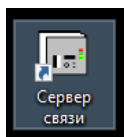


Рис. 89. Главное окно конфигуратора. Вкладка общие

17) Чтобы записать новые значения параметров в устройство, выбрать меню Устройства / Записать параметры (кнопка  или клавиша F2). Ввести пароль от терминала. Если какие-то параметры не записались, то его новое значение останется в программе, а параметр и само устройство в списке будут все еще помечены символом «*».

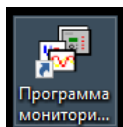
18) Нажать клавишу «сохранить проект». Создается файл с расширением [.List.dl] (структура проекта CFG61850), файлы конфигурации устройств (*.cfg, *.dcf, *.ccf) и файл SCL (*.icd, *.iid, *.cid).

19) Закрыть «Конфигуратор МЭК 61850»



20) Запустить сервер связи

21) Выполнить пункты 9-20 лабораторной работы № 5.



22) В программе мониторинга перейти в раздел служебные параметры / конфигурирование светодиодов, назначить на 31 светодиод дискретный сигнал № 225 GOOSEIN_1 (рис. 90).

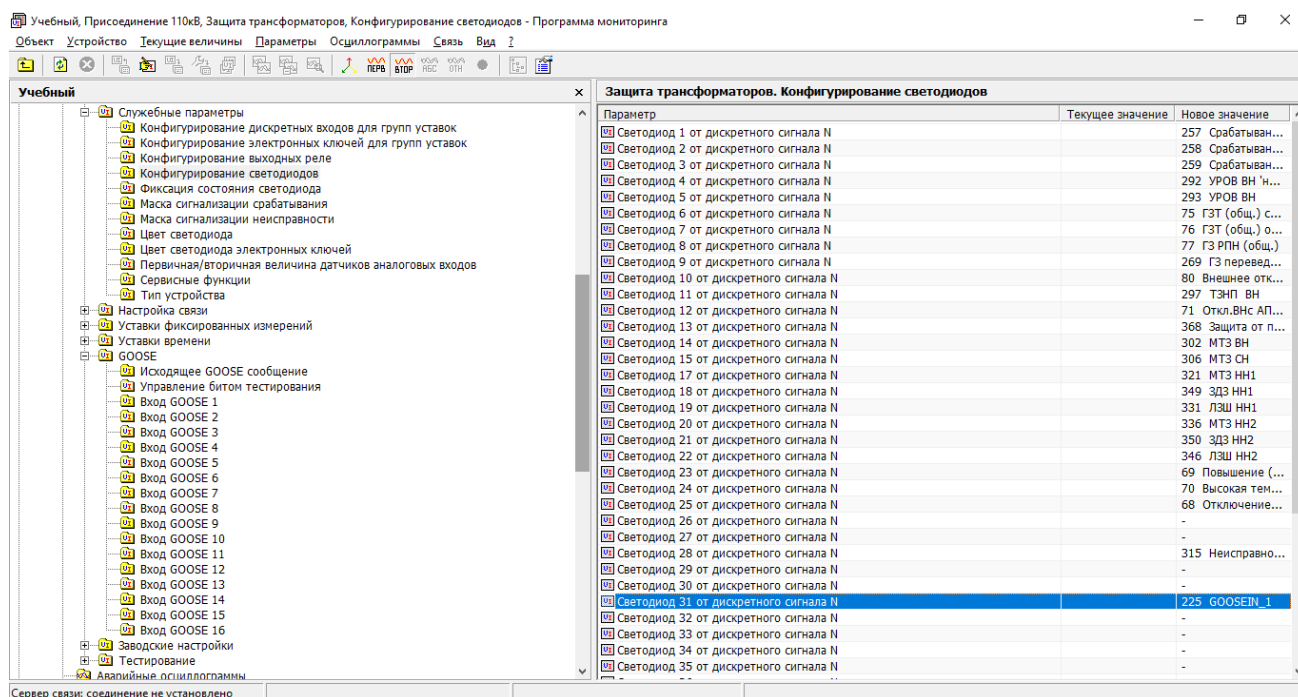



Рис. 90. Главное окно программы мониторинга. Конфигурирование светодиода

23) Записать изменения в терминал, нажать F2.

24) В таблице исходящих GOOSE – сообщений программы управления (ПУ) РЕТОМ-61850 добавить GOOSE – сообщение из SCL – файла  (рис. 91), который был сформирован в конце лабораторной работы № 5.

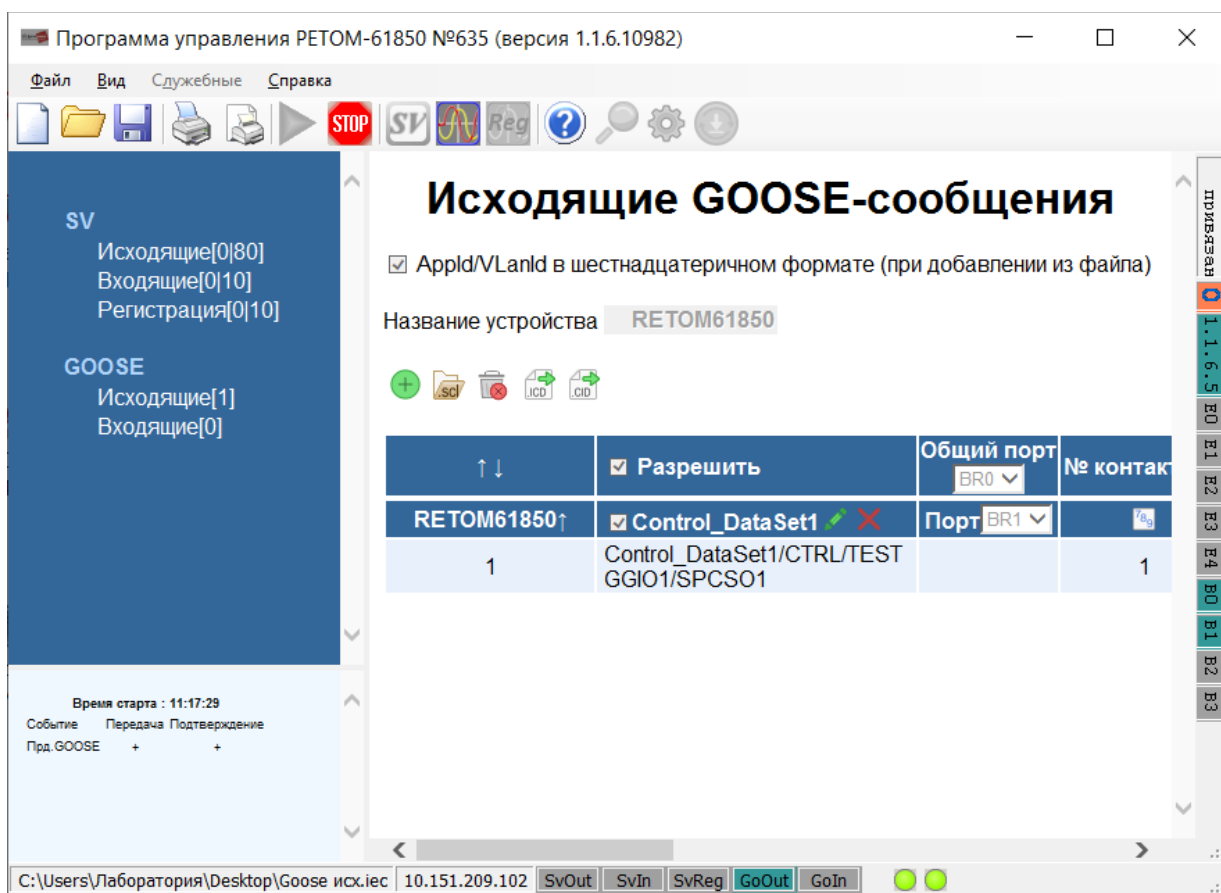

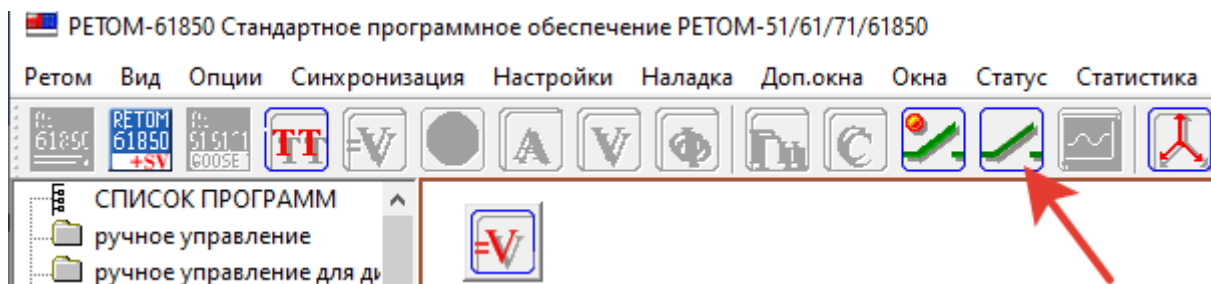


Рис. 91. Выдача GOOSE-сообщения

25) Нажать кнопку  старт, РЕТОМ-61850 выдает сообщение до подписчиков, подписчик на сообщение – терминал ЭКРА 041. Чтобы на терминале сработал светодиод, необходимо перейти в панель инструментов окна стандартного ПО РЕТОМ-51/61/71, нажать на кнопку дискретных выходов (рис. 92).



**Рис. 92. Панель инструментов окна стандартного ПО РЕТОМ-51/61/71.
Выход дискретный**

26) На логический сигнал назначен контакт № 1 (рис. 91), поэтому в окне «выходы дискретные» замкнуть контакт № 1.

27) Загорится светодиод № 31 по терминалу или в отдельном окне программы мониторинга (рис. 93, раздел аварийная сигнализация).

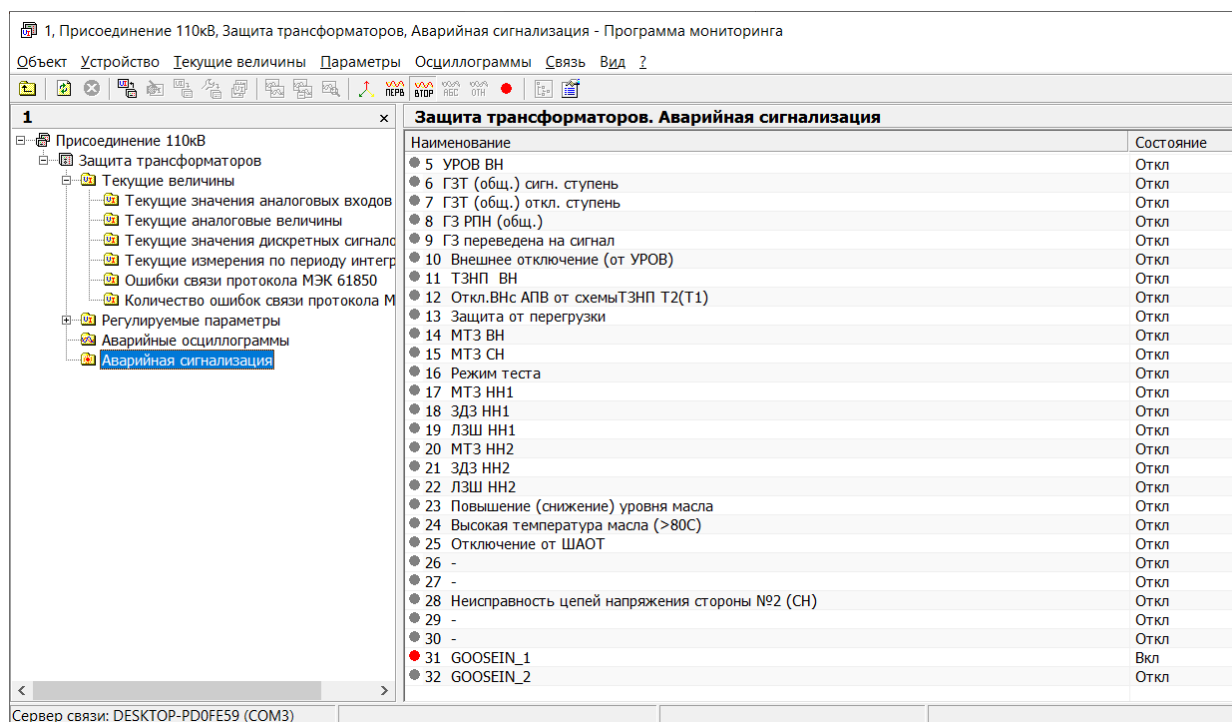


Рис. 93. Аварийная сигнализация

6.3. Контрольные вопросы

- 1 Назовите основные функции программы «Конфигуратор МЭК 61850».
- 2 Каким образом можно добавить устройство в программу «Конфигуратор МЭК 61850»?
- 3 Как настраивается исходящее GOOSE-сообщение?
- 4 Какие обозначения имеют дискретные сигналы?
- 5 С каким расширением создается файл конфигурации устройств?

6.4. Содержание отчета

В отчете по лабораторной работе необходимо указать цель, описать свои действия, используя скриншоты экрана компьютера при работе в программах в соответствии с экспериментальной частью, начиная с 12 пункта. А также ответить на вопросы и сделать выводы.

Лабораторная работа № 7

«Настройка устройства релейной защиты и автоматики БЭ2704 041 на прием-передачу GOOSE-сообщений»

Задание: Подписать терминал ЭКРА на прием GOOSE-сообщения от РЕТОМ-61850, законфигурировать срабатывание светодиода на выходное GOOSE-сообщение, проанализировать данные сетевым анализатором «Wireshark».

7.1. Теоретическая часть

Сетевой анализатор (сниффер) – сетевой анализатор трафика, программа или программно-аппаратное устройство, предназначенное для перехвата и последующего анализа сетевого трафика, предназначенного для других узлов. Для работы с сетевым трафиком на цифровой подстанции распространенным инструментом является сетевой анализатор WireShark, который позволяет анализировать передаваемые пакеты данных, например, GOOSE или SV (Sampled Values).

Основной функционал:

- Захват сетевых пакетов в реальном времени;
- Сохранение захваченных пакетов;
- Открытие файлов, содержащих данные пакетов, захваченных с помощью других аналогичных программ;
- Фильтрация пакетов на основе заданных условий;
- Поиск пакетов на основе заданных условий.

Сетевой интерфейс – программное обеспечение, которое обеспечивает уровень IP доступ ко всем сетевым адаптерам в сети, трафик которых можно захватить. В программе Wireshark возможен беспроводной (Wi-Fi) и кабельный (Ethernet) интерфейс.

Основные панели WireShark: фильтров, захвата трафика, пакетов, уровней OSI, метаданных.

Исходящее GOOSE- сообщение LD.GSEOut.

– «Разрешение на передачу GOOSE» - вводит в работу и выводит из работы передачу GOOSE-сообщения.

– «Групповой MAC-адрес» – определяет MAC-адрес назначения для GOOSE-сообщения. Расшифровка MAC-адреса представлена на рисунке 94. Идентификатор протокола для GOOSE – 01, SV – 04.

– «Приоритет VLAN» – определяет значение приоритета, устанавливаемого для сообщения МЭК 61850-9-2. Числовое значение в диапазоне от 0 до 7. По умолчанию, уставка имеет значение 4. Уставка имеет значение, только, при условии выставленного значения «есть» для уставки «Наличие VLAN».

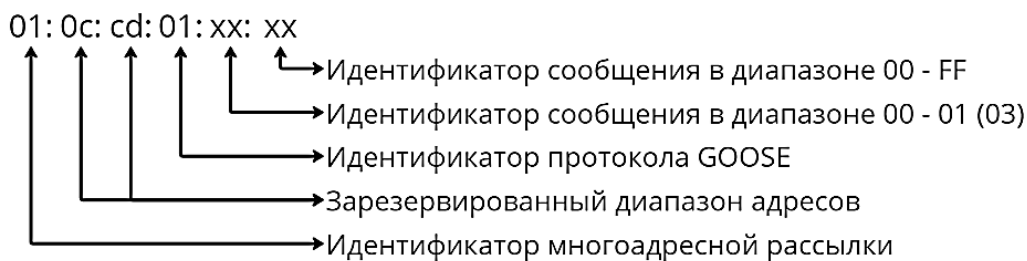


Рис. 94. Структура MAC-адреса

– «Номер VLAN» – определяет виртуальную локальную сеть, к которой относится сообщение МЭК 61850-9-2. Числовое значение, согласованное с настройками коммутатора. По умолчанию, уставка имеет значение 0. Уставка имеет значение только при условии выставленного значения «есть» для уставки «Наличие VLAN».

– «Числовой идентификатор GOOSE-сообщения AppId» – определяет прикладной идентификатор, передаваемый в сообщении GOOSE. Значение должно быть в пределах от 0 до 16383. Диапазон задается согласно методических указаний по проектированию ЦПС [16].

– «Строковый идентификатор GOOSE-сообщения Gold» – определяет параметр Gold для GOOSE - сообщений.

Расшифровка: **1_W1K_PA_S001_01_PS**

а) 1 – порядковый номер в пределах набора исходящих GOOSE-сообщений, генерируемых устройством IED (Intelligent Electronic Device);

б) W1K – буквенное обозначение присоединения, к которому относится IED. Если устройство IED относится к общеподстанционному оборудованию, указать ALL (максимальное кол-во символов 10);

в) PA – общая функциональная принадлежность устройства IED (PA – релейная защита);

г) S001 – место размещения и номер шкафа (S – ОПУ);

д) 01 – номер устройства IED в составе шкафа;

е) PS – перечисление функций, передаваемых в GOOSE-сообщении (PS – сигналы РЗА);

– confRew – номер версии конфигурации, который фиксирует изменение или удаление члена набора данных, порядка элементов, ссылки на dataSet. Число показывает количество изменений конфигурации набора данных (dataSet) [31]. Текущее значение – 6 (рисунок 95).

– «Период передачи GOOSE-сообщений при отсутствии изменений» – интервал между сообщениями в нормальном режиме работы энергосистемы, в условиях отсутствия изменений положения коммутационных устройств.

– «Добавление поля качества q к выходным сигналам» – определяет будет ли добавляться атрибут q к значению сигнала и в каком месте относительно основного сигнала он будет расположен в сообщении: перед сигналом (вперед) или за сигналом (назад).

На рисунке 96 показан анализ сети с фильтрацией по goose.

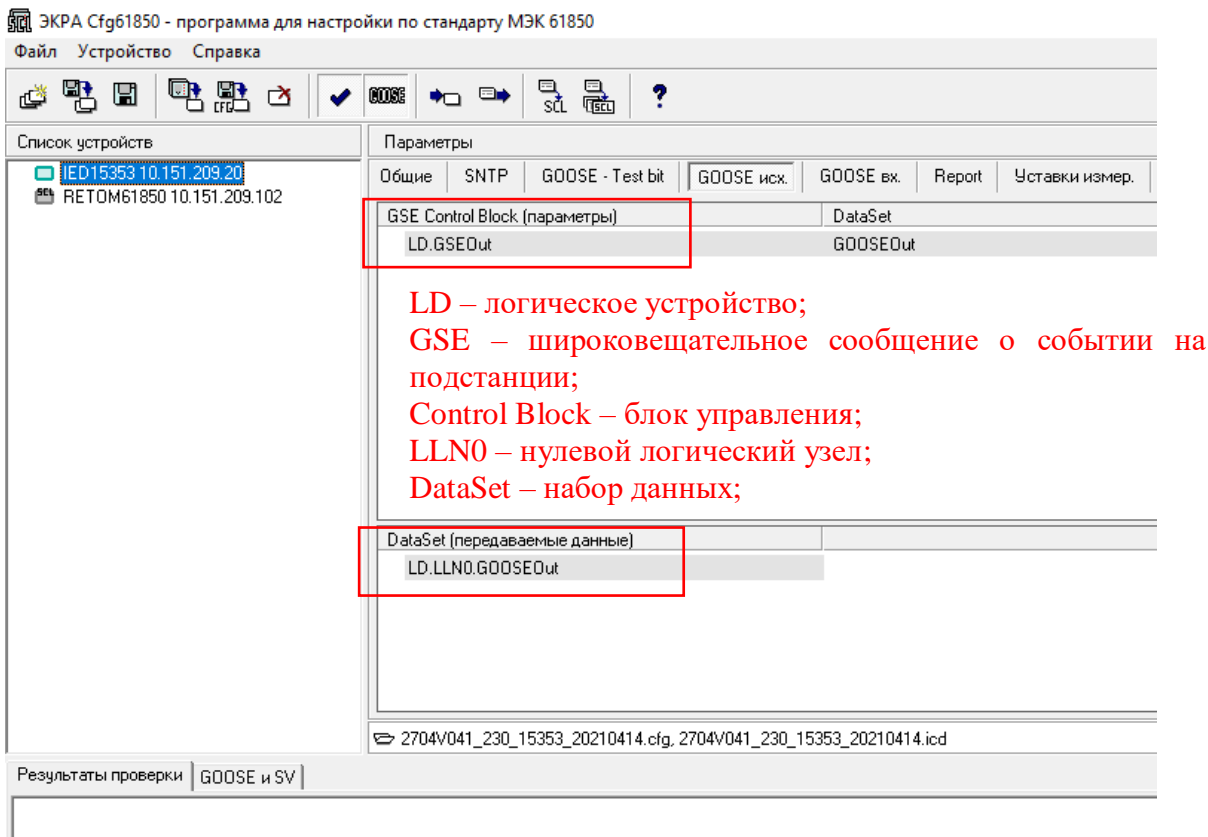


Рис. 95. GOOSE иск.

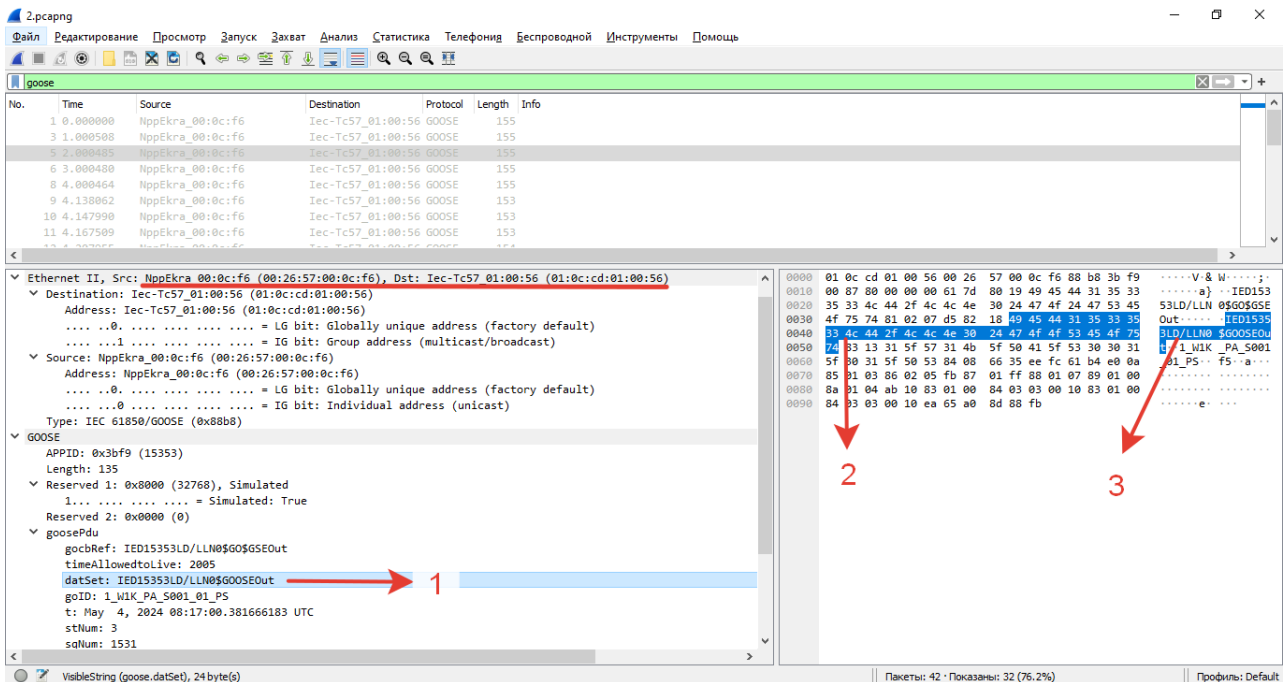


Рис. 96. Фрагмент анализа трафика сети

- Столбец «Time» – временной интервал между сообщениями;
- Source – MAC-адрес источника сообщения, всегда unicast. Указывается адрес карты сетевого интерфейса, который прописывается на заводе (рис. 97); Первых три октета 00:26:57 скрыто за «NppEkra», т. к. определенный диапазон адресов закрепили за производителем оборудования.

– Destination – MAC-адрес исходящего сообщения (групповой MAC-адрес, рис. 94), на которое подписано устройство (подписчик).

– IecTc57 – за «техническим комитетом 57 МЭК» зарезервирован диапазон 01-0C-CD-xx-xx-xx. Младший бит первого октета равен «1», что указывает на многоадресную рассылку (Multicast).

- Protocol – протокол передачи сообщения;
- Length – длина сообщения;

Три области данных для отображения информации в различной форме, на примере строки datSet:

- 1 – имя набора GOOSE-сообщения в текстовой форме;
- 2 – состав одного GOOSE-сообщения в шестнадцатеричной форме;
- 3 – текстовая интерпретация GOOSE-сообщения программой.

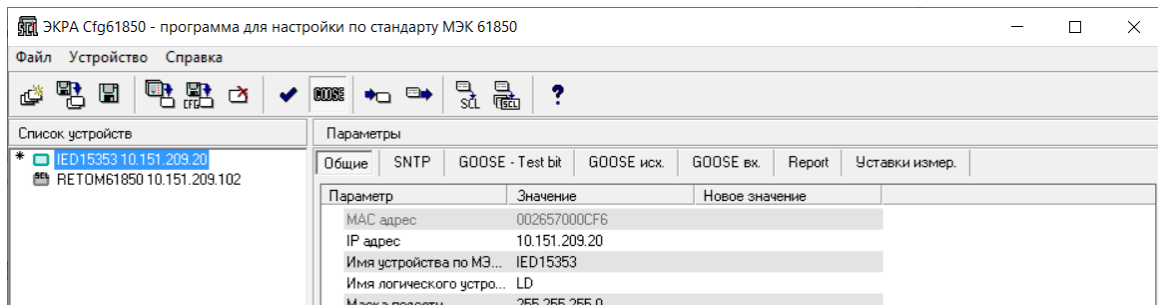


Рис. 97. MAC-адрес

Основные элементы, которые необходимы при анализе трафика изображены на рисунке 98. Для передачи GOOSE-сообщений применяют формат фрейма Ethernet II.

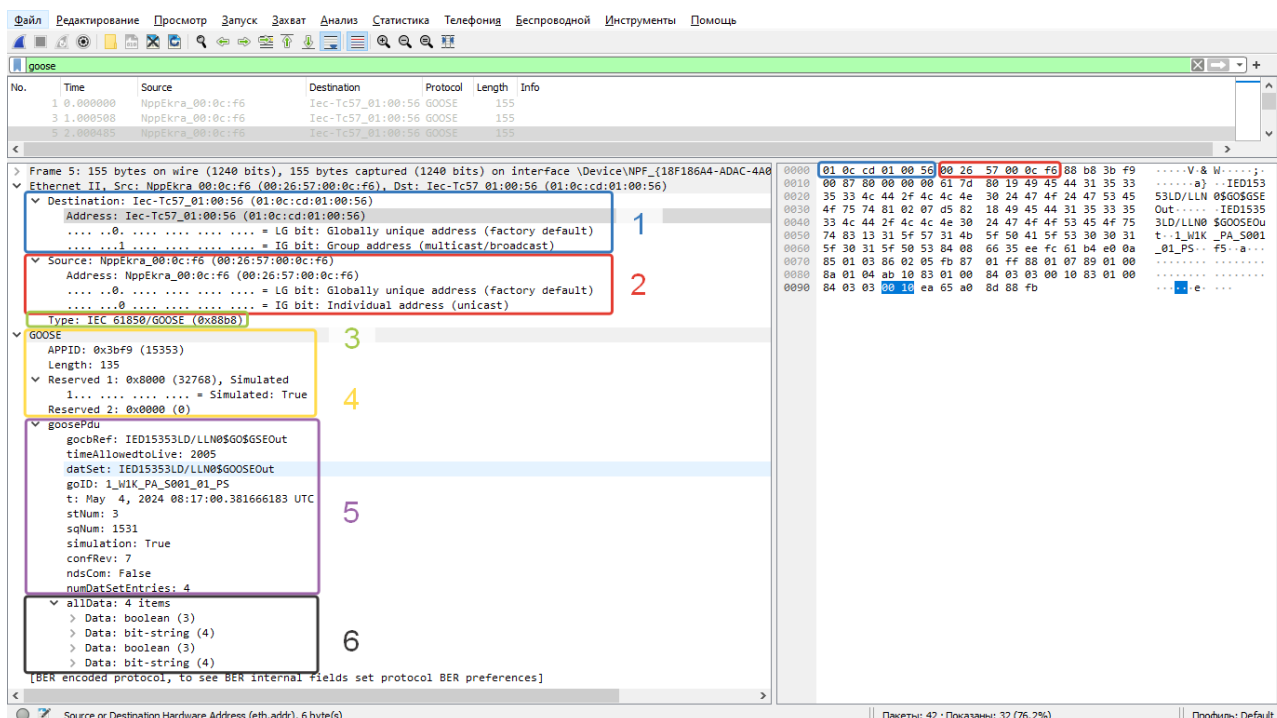


Рис. 98. Кадр GOOSE

1. Широковещательный MAC-адрес потока.
2. MAC-адрес источника.
3. Протокол передачи данных. В структуре кадра Ethernet присутствует «ethertype», где указан тип вложенного протокола.
4. APPID – числовой идентификатор, как и MAC, уникален для отправляемого сообщения, возможно по нему делать фильтрацию при прослушивании трафика.
- Reserved 1 – поле контрольной суммы. Несет информацию о состоянии сообщения: simulated (тестовое)
5. Модуль данных протокола (Pdu) (рис. 99).

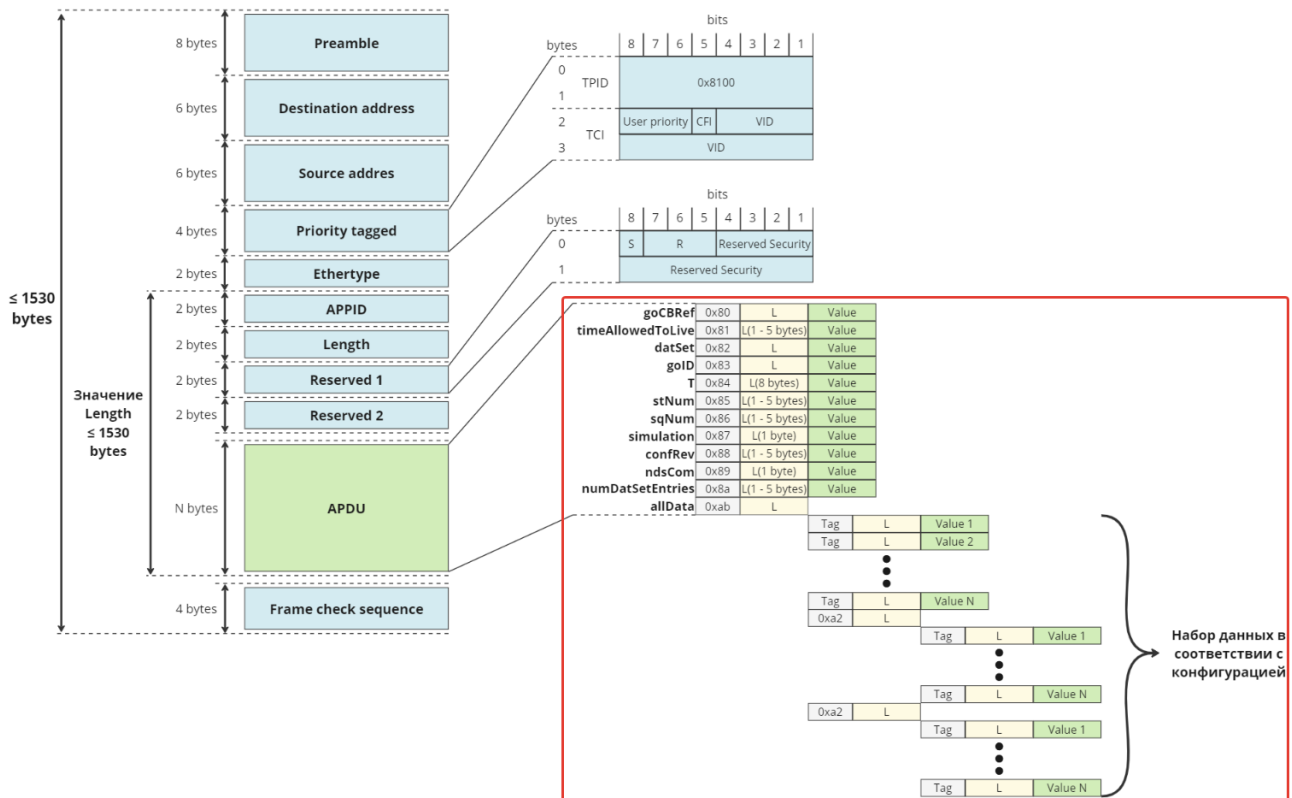


Рис. 99. Структура кадра. Поля в APDU

5.1. goCBRef – это имя (ссылка) пути к экземпляру блока управления GOOSE (goCB) в узле LLN0.

Формат –IED15353LD/LLN0\$GO\$GSEOut,

где LD (логическое устройство) – IED15353LD;

класс LN — LLN0 (нулевой логический узел);

функциональное ограничение – GO (управление GOOSE);

экземпляр goCB – GSEOut (имя контрольного блока в логическом узле LLN0).

5.2. time Allowed to Live – предельное время ожидания приема сообщения. Превышение времени ожидания, указывает на пропажу GOOSE-сообщений. При исчезновении GOOSE-сообщения, после интервала ожидания прихода сообщения, устройство-приемник формирует сигнал о неисправности.

5.3. datSet: IED15353LD/LLN0\$GOOSEOut – ссылка на наборы данных, которые необходимо передать.

5.4. goID (GOOSE ID): 1_W1K_PA_S001_01_PS – строковый идентификатор.

5.5. t: May 4, 2024 08:17:00.381666183 UTC – время первой публикации сообщения в сеть (каждое последующие изменение в сообщении набора данных обновит время прихода).

5.6. stNum: 3 – номер состояния, счетчик. Этот инструмент увеличивается при каждом изменении значения в наборе данных DatSet. При этом начальное значение должно быть равно 1, а значение 0 зарезервировано.

5.7. sqNum: 1533 – циклический счетчик публикации сообщений. Увеличивается при приеме GOOSE. Изначальное значение sqNum при передаче – 1. После изменения переменной stNum счетчик sqNum сбрасывается на 0.

5.8. simulation: True – режим тестирования.

5.9. confRev: 7 – Счетчик конфигурации. После изменения порядка элементов, изменения ссылки на datSet или удаления элемента набора данных – счетчик увеличивается на «+1».

5.10. ndsCom: False. Необходимость конфигурирования сообщения.

5.11. numDatSetEntries: 4 – количество элементов в наборе данных.

6. allData: 4 items – указана информация, которая передается в сообщении в соответствии с конфигурацией. Всего 4 элемента.

– Data: boolean (3) – тип данных;

– boolean: False – значение булево, говорит о несрабатывании (логический ноль или «false»). Срабатывание: true или логическая «1».

– Data: bit-string (4) – атрибут «качество» дискретного сигнала.

Информация, передаваемая устройством-отправителем в сети Ethernet, является широкоэмиттерным сообщением. В сообщении указывается адреса отправителя и получателя, а также значения сигналов. Подписанное устройство получает сообщение, а остальные устройства его игнорируют. Возможность передачи GOOSE-сообщений нескольким адресатам, исключает подтверждение факта получения сообщения. Поэтому для повышения надежности передачи сообщений, принято их повторное отправление с определенной частотой.

При внесении изменений в любой из атрибутов данных передаваемого набора формируется новый GOOSE-сообщение, независимо от времени, прошедшего с отправки предыдущего сообщения. После этого сообщение отправляется 4 раза с минимальной задержкой по времени, а если данные остаются неизменными, задержка увеличивается в геометрической прогрессии до максимальной. (рис. 100) [31]. Далее сообщение отправляется с максимальным временем интервала (табл. 6).

Интервалы между GOOSE-сообщениями

Номер GOOSE-сообщения в момент возникновения события		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Интервал передачи, мс	Класс сообщения I	0	4	4	4	4	8	16	32	1000
	Класс сообщения II	0	100	100	100	100	200	400	800	10000

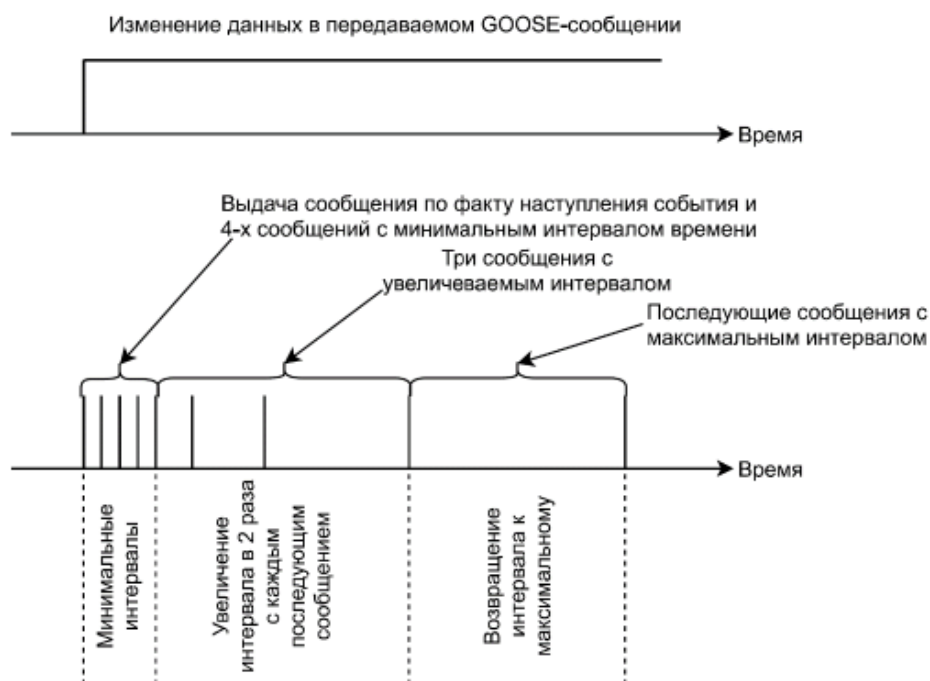


Рис. 100. Закономерность изменения интервалов GOOSE-сообщения по событию

7.2. Экспериментальная часть

- 1) Проверить состояние защитного заземления стенда.
- 2) Соединить кабелем информационным (Ethernet патч-корд) РЕТОМ-61850 и управляющий компьютер (рисунок 81) через коммутатор МОХА, в котором задействовать порт № 1 к ПК, порт № 2 к РЕТОМ-61850.
- 3) Соединить кабелем информационным (Ethernet патч-корд) РЕТОМ-61850 (порт – 1, рисунок 82) и проверяемое устройство РЗА (блок ЭКРА 041 – к LAN 1, рисунок 83) через коммутатор МОХА, в котором задействовать порт №3 к РЕТОМу-61850, порт № 4 к терминалу защит.
- 4) Соединить кабелем информационным (Ethernet патч-корд) управляющий компьютер и блок ЭКРА 041 (к LAN 2) (рис. 83) через коммутатор МОХА, в котором задействовать порт №5 к терминалу защит.
- 5) Подать питание на стенд включив АВ-0,22 SF1 «Автомат питания терминала», убедиться в наличии питания по индикации блока ЭКРА 041.
- 6) Дождаться полной загрузки ЭКРА 041.
- 7) Включить персональный компьютер, с установленным ПО «EKRASMS» [12].

8) Включить РЕТОМ-61850. Открыть ПО РЕТОМ, выбрать РЕТОМ-61850.

9) Нажать кнопку поиск  .

10) Убедиться в наличии связи с РЕТОМ-61850.

11) Выполнить пункты 11–16 лабораторной работы № 6.

12) Включить в набор данных для передачи GOOSE объект данных, соответствующий срабатыванию светодиода № 31 терминала защит.

13) Перейти во вкладку GOOSE исх. (рис. 95). В данной вкладке будут предоставлены наборы данных и блок управления GOOSE-сообщения.

14) Выбрать блок управления GOOSE – GSEOut, в котором отображаются параметры, определяющие GOOSE-сообщение, передаваемое терминалом защиты (рис. 101).

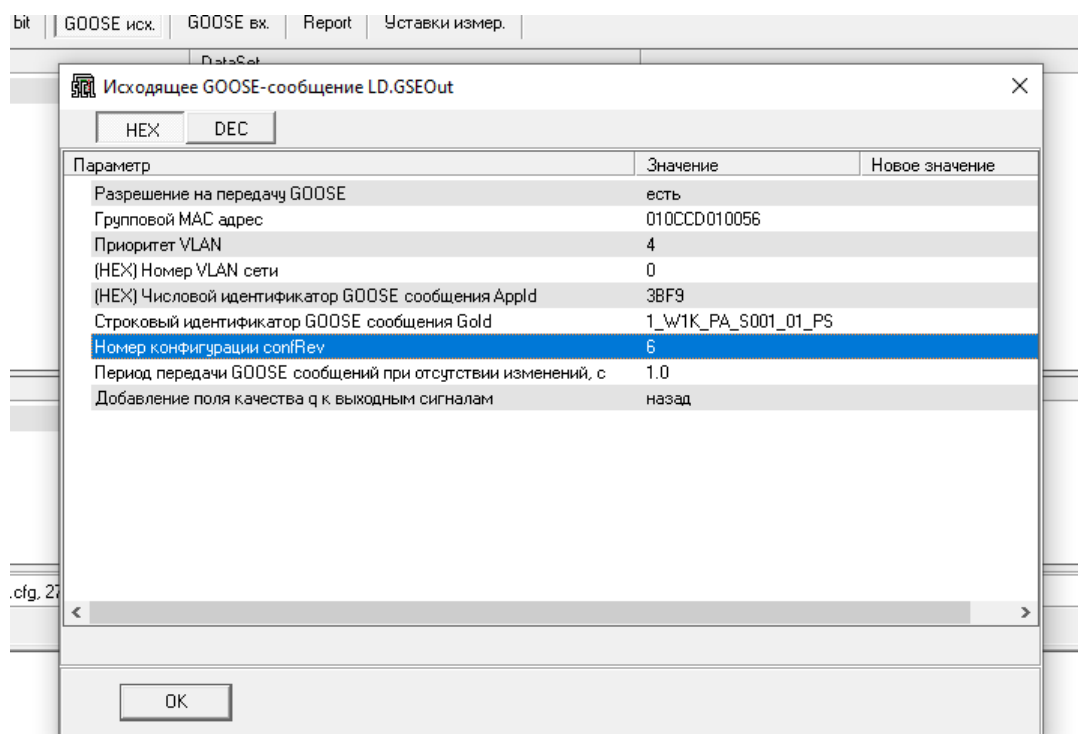


Рис. 101. Исходящее GOOSE – сообщение LD.GSEOut

15) Открыть набор данных (рис. 101) GOOSEOut.

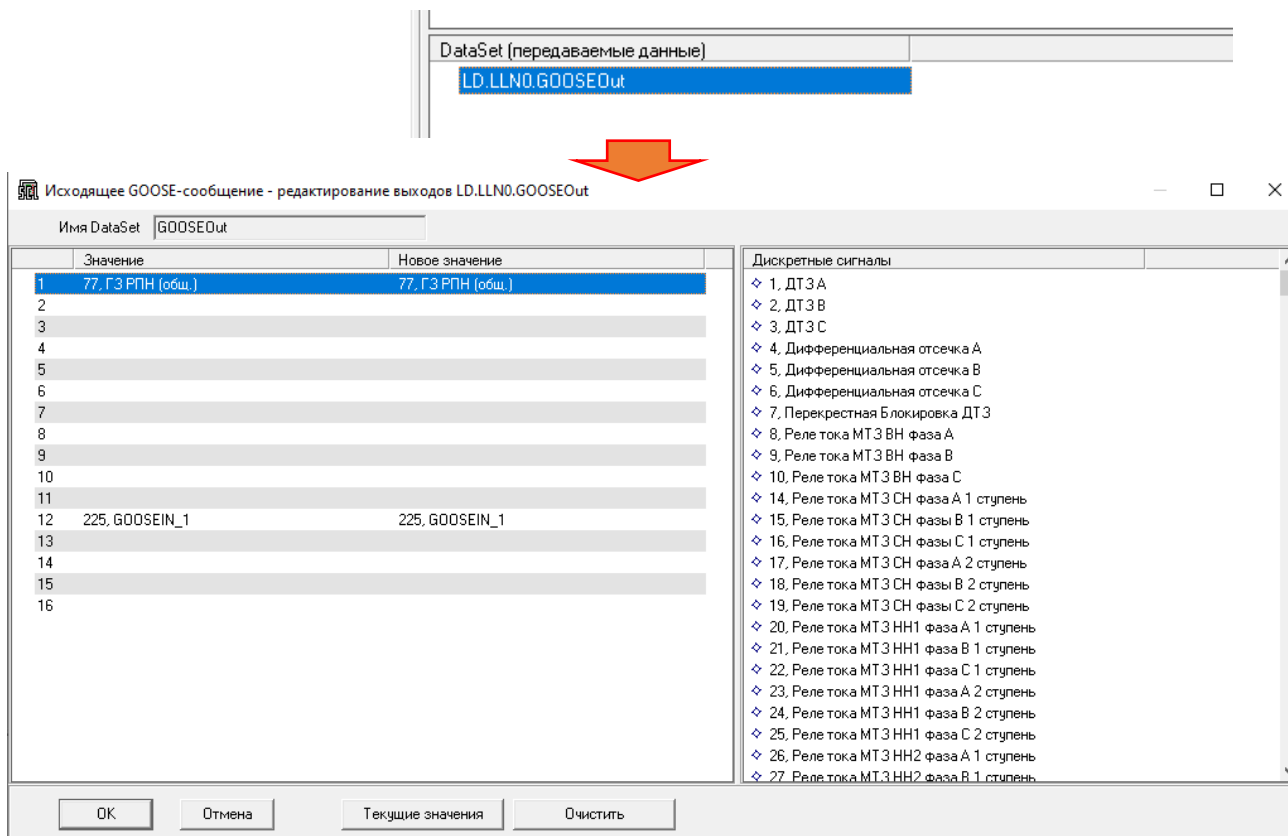


Рис. 101. Передаваемые данные

В открывшемся окне (рис. 101) могут быть выбраны, например, дискретные входы терминала, значения сигналов из принимаемых GOOSE-сообщений, сервисные сигналы терминала и т. д.

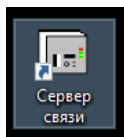
16) Назначить в логическом узле 225 сигнал «GOOSEIN_1 (рис. 101).

17) Записать изменения в терминал, нажать F2.

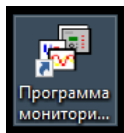
18) Закрыть «Конфигуратор МЭК 61850»



19) Запустить сервер связи



20) Выполнить пункты 9–20 лабораторной работы № 5.



21) В программе мониторинга перейти в раздел исходящего GOOSE – сообщения (рис. 102).

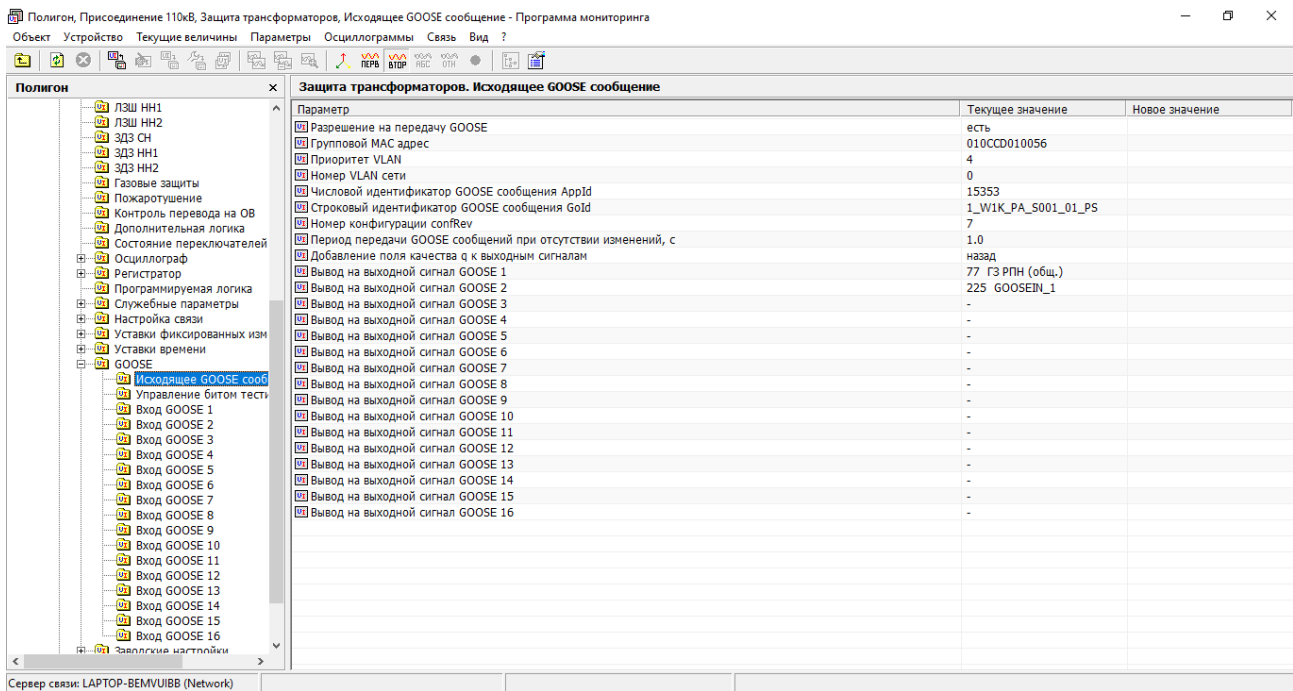




Рис. 102. Исходящее GOOSE – сообщение

Изменился confRev на «7», т. к. переназначили сигналы на GOOSE 1 и GOOSE 2.

22) Перейти во вкладку «тестирование» / режим теста / есть. Записать изменения.

23) В таблице исходящих GOOSE-сообщений программы управления (ПУ) РЕТОМ-61850 добавить GOOSE-сообщение из SCL – файла  (рис. 91), который был сформирован в конце лабораторной работы № 5.

24) Нажать кнопку  .

25) Открыть программу «Wireshark»  .

26) В главном окне выбрать сетевой интерфейс, который подключен к Моха (рис. 103).

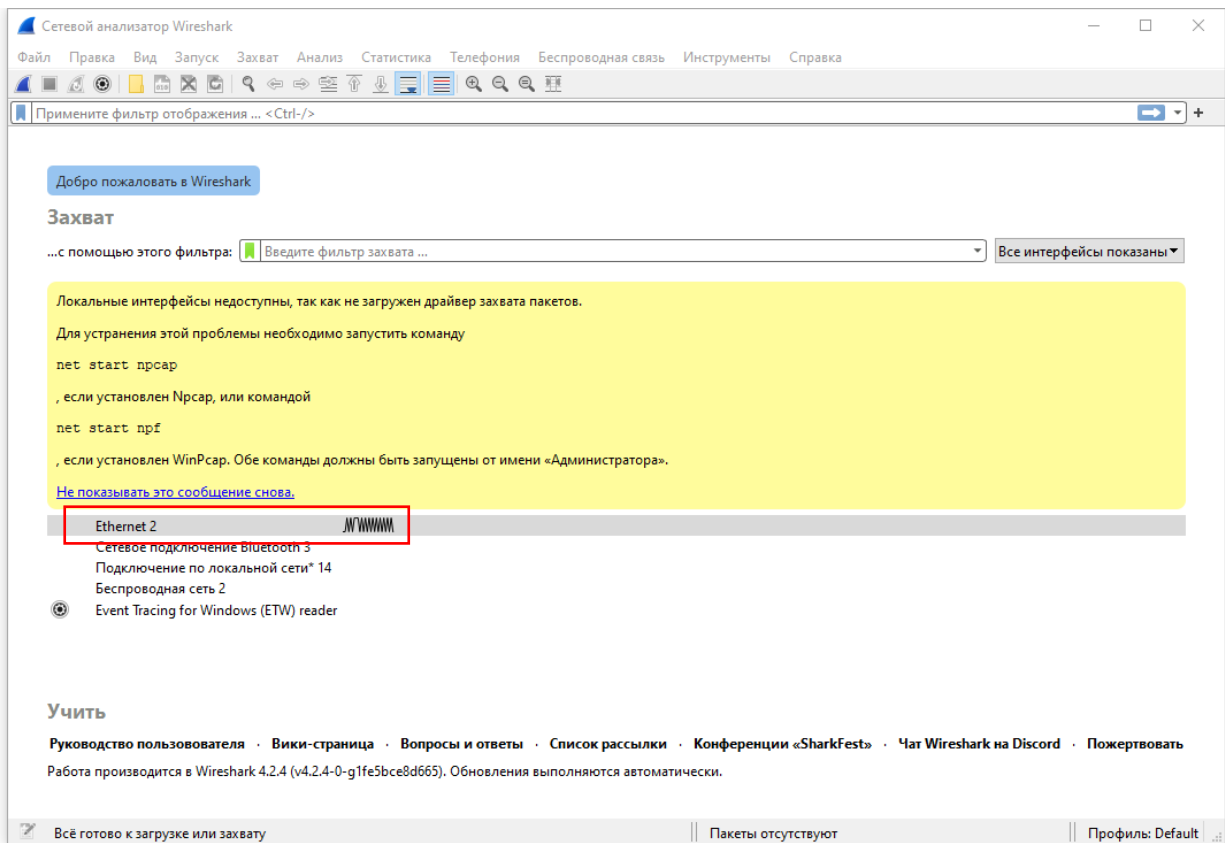


Рис. 103. Главное окно «Wireshark»

Анализ сети начать с фильтрации по GOOSE (рис. 104).

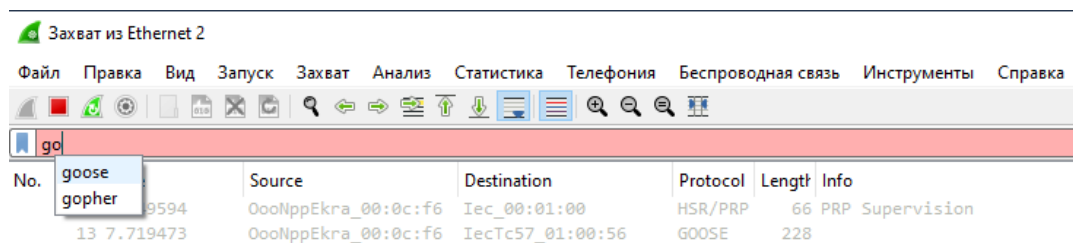


Рис. 104. Фильтрация по GOOSE

При передаче GOOSE-сообщений используется MAC-адресация (канальный уровень передачи данных по модели OSI), а не IP.

27) До изменений событий в allData, периодичность передачи сообщений составляет 1сек. (рис. 105).

2.рсарпг

Файл Редактирование Просмотр Запуск Захват Анализ Статистика Телефония Беспровод

goose

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	NppEkra_00:0c:f6	Iec-Tc57_01:00:56	GOOSE	155	
3	1.000508	NppEkra_00:0c:f6	Iec-Tc57_01:00:56	GOOSE	155	
5	2.000485	NppEkra_00:0c:f6	Iec-Tc57_01:00:56	GOOSE	155	
6	3.000480	NppEkra_00:0c:f6	Iec-Tc57_01:00:56	GOOSE	155	
8	4.000464	NppEkra_00:0c:f6	Iec-Tc57_01:00:56	GOOSE	155	
9	4.138062	NppEkra_00:0c:f6	Iec-Tc57_01:00:56	GOOSE	153	
10	4.147990	NppEkra_00:0c:f6	Iec-Tc57_01:00:56	GOOSE	153	
11	4.167509	NppEkra_00:0c:f6	Iec-Tc57_01:00:56	GOOSE	153	

```

1... .. = Simulated: True
Reserved 2: 0x0000 (0)
  ▾ goosePdu
    gocbRef: IED15353LD/LLN0$GO$GSEOut
    timeAllowedtoLive: 2005
    datSet: IED15353LD/LLN0$GOOSEOut
    goID: 1_W1K_PA_S001_01_PS
    t: May 4, 2024 08:17:00.381666183 UTC
    stNum: 3
    sqNum: 1533
    simulation: True
    confRev: 7
    ndsCom: False
    numDatSetEntries: 4
    ▾ allData: 4 items
      ▾ Data: boolean (3)
        boolean: False
      ▾ Data: bit-string (4)
        Padding: 3
        bit-string: 0010
      ▾ Data: boolean (3)
        boolean: False
      ▾ Data: bit-string (4)
        Padding: 3
        bit-string: 0010
  
```

Рис. 105. Прием GOOSE-сообщения до событий

t: время первой публикации сообщения в сети не связано с открытием программы wireshark;
 StNum: 3;
 sqNum: 1533;
 Boolean: false.

Расположение элементов в наборе данных соответствует их расположению сверху-вниз в таблице дискретных сигналов терминала (вкладка «исходящее GOOSE-сообщение», рис. 98).

28) Замкнуть дискретный выход в РЕТОМ-61850 (лабораторная № 6, п.25). В терминале защит, подписанного на входное сообщение от РЕТОМа, сработает светодиод

№31 и в выходном сообщении смена значения атрибута данных с 0 на 1 будет зафиксировано в программе wireshark (рис. 106).

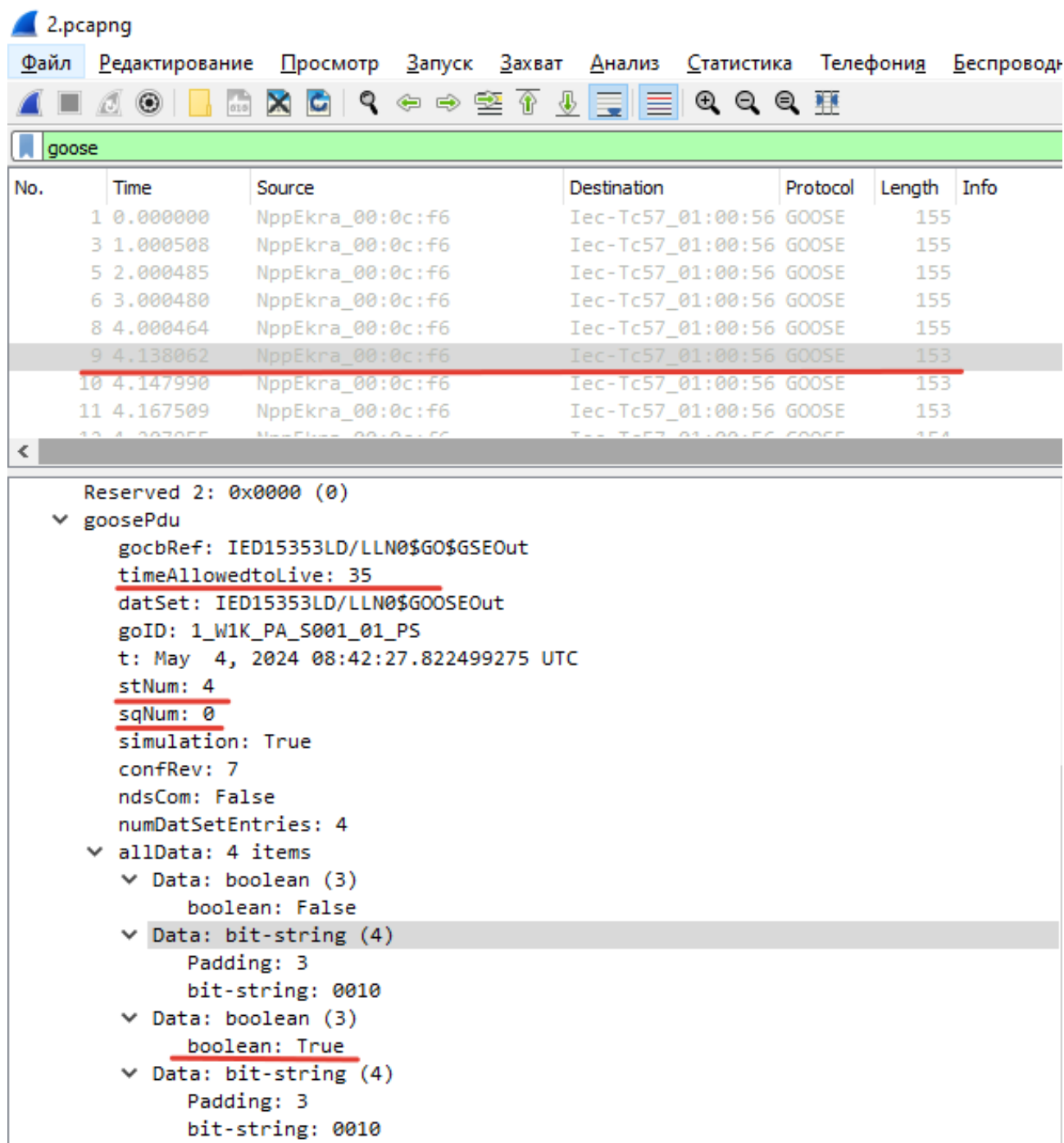


Рис. 106. Прием GOOSE-сообщения после события

t: время публикации сообщения в сети через 25 мин.;

StNum: 4;

sqNum: 0;

Boolean: true (срабатывание дискрета №225 GOOSEIN_1 в терминале).

До событий промежуток передачи соответствовал максимальному времени между кадрами: 1 сек.

После изменения состояния сигнала (рис. 107), передача кадров должна соответствовать стандарту (табл. 6) [16].

The screenshot shows a Wireshark interface with a packet list table and a packet details pane. The packet list table contains the following data:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
6	3.000480	NppEkra_00:0c:f6	Iec-Tc57_01:00:56	GOOSE	155	
8	4.000464	NppEkra_00:0c:f6	Iec-Tc57_01:00:56	GOOSE	155	
9	4.138062	NppEkra_00:0c:f6	Iec-Tc57_01:00:56	GOOSE	153	
10	4.147990	NppEkra_00:0c:f6	Iec-Tc57_01:00:56	GOOSE	153	
11	4.167509	NppEkra_00:0c:f6	Iec-Tc57_01:00:56	GOOSE	153	
12	4.207955	NppEkra_00:0c:f6	Iec-Tc57_01:00:56	GOOSE	154	
13	4.287517	NppEkra_00:0c:f6	Iec-Tc57_01:00:56	GOOSE	154	
14	4.447967	NppEkra_00:0c:f6	Iec-Tc57_01:00:56	GOOSE	154	
15	4.767772	NppEkra_00:0c:f6	Iec-Tc57_01:00:56	GOOSE	154	
17	5.407948	NppEkra_00:0c:f6	Iec-Tc57_01:00:56	GOOSE	154	
18	6.407473	NppEkra_00:0c:f6	Iec-Tc57_01:00:56	GOOSE	154	
20	7.407456	NppEkra_00:0c:f6	Iec-Tc57_01:00:56	GOOSE	154	
21	8.407934	NppEkra_00:0c:f6	Iec-Tc57_01:00:56	GOOSE	154	
23	9.407905	NppEkra_00:0c:f6	Iec-Tc57_01:00:56	GOOSE	154	

The packet details pane for the selected packet (No. 15) shows the following structure:

```

1... .... = Simulated: True
Reserved 2: 0x0000 (0)
  ▾ goosePdu
    gocbRef: IED15353LD/LLN0$GO$GSEOut
    timeAllowedtoLive: 35
    datSet: IED15353LD/LLN0$GOOSEOut
    goID: 1_WIK_PA_S001_01_PS
    t: May 4, 2024 08:42:27.822499275 UTC
    stNum: 4
    sqNum: 0
    simulation: True
    confRev: 7
    ndsCom: False
    numDatSetEntries: 4
    ▾ allData: 4 items
      ▾ Data: boolean (3)
        boolean: False
      ▾ Data: bit-string (4)
        Padding: 3
        bit-string: 0010
  
```

Рис. 107. Прием GOOSE-сообщения после события

29) Внести результаты интервалов между GOOSE-сообщениями в таблицу 7, начинать с кадра, в котором sqNum – 0.

Таблица 7

Результаты измерений интервалов между GOOSE-сообщениями

Номер GOOSE-сообщения в момент возникновения события	9–10	10–11	11–12	12–13	13–14	14–15	15–17
Интервал передачи, мс	9,9	19,5	40,0	79,5	160,0	319,8	640,1

Согласно РЭ к терминалу БЭ2704, интервал передачи составляет 10 мс после изменения значений, после события. Затем интервал между сообщениями увеличивается в 2 раза, в геометрической прогрессии, до уставки «Период GOOSE» [2].

7.3. Контрольные вопросы

- 1 Назовите основные функции сетевого анализатора.
- 2 Какие панели содержит Окно WireShark?
- 3 Какой номер зарезервирован за GOOSE-сообщением и SV -поток в групповом MAC – адресе?
- 4 Перечислите основные составляющие MAC – адреса.
- 5 Расшифруйте GoID: 1_T1H_PA_S001_01_PS.
- 6 Как изменяются интервалы передачи данных по GOOSE?

7.4. Содержание отчета

В отчете по лабораторной работе необходимо указать цель, описать свои действия, используя скриншоты экрана компьютера при работе в программах в соответствии с экспериментальной частью, начиная с 12 пункта. А также ответить на вопросы и сделать выводы.

Лабораторная работа № 8 «Проверка тормозной характеристики ДТЗ»

Задание: Построить тормозную характеристику ДТЗ. Проверить срабатывание защиты с помощью РЕТОМа-61.

8.1. Теоретическая часть

Дифференциальная токовая защита (ДТЗ) состоит дифференциальной защиты с торможением (чувствительная зона уставок) и отсечки. Тормозная характеристика в относительных единицах изображена на рисунке 104. [26].

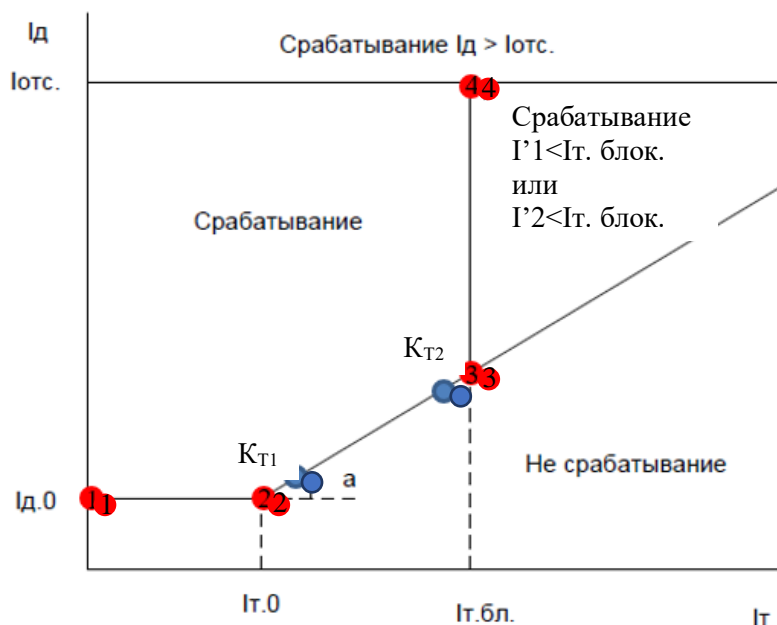


Рис. 108. Тормозная характеристика ДТЗ

где $I_{д.0}$ – начальный ток срабатывания ДТЗ;

$I_{т.0}$ – ток начала торможения ДТЗ;

$I_{т.бл.}$ – ток торможение блокировки ДТЗ;

$K_t = \operatorname{tg} \alpha$ – коэффициент торможения ДТЗ;

$I_{отс.}$ – ток срабатывания дифференциальной отсечки;

$K_{т1}, K_{т2}$ – контрольные точки.

$I'1$ – наибольший из токов сторон трансформатора;

$I'2 = I1 + I2 + I3 + I4 - I'1$ – вектор суммы всех токов без $I'1$.

При тормозном токе $I_t > I_{т.бл.}$ (ток торможения блокировки) характеристика срабатывания ДТЗ изменяется:

если $I'1 > I_{т.бл.}$ и $I'2 > I_{т.бл.}$ – ДТЗ блокируется,

если $I'1 > I_{т.бл.}$ или $I'2 > I_{т.бл.}$ наклон характеристики срабатывания ДТЗ определяется коэффициентом торможения [26].

Тормозная характеристика срабатывания дифференциальной защиты имеет три участка: горизонтальный до значения $I_{Т.0}$; наклонный, зависящий от коэффициента торможения; вертикальный – при значении $I_{Т.бл}$.

Горизонтальный участок позволяет обеспечить чувствительность дифференциальной защиты при минимальных токах повреждения, который рассчитывается по выражениям (8.1, 8.2):

$$I_{д} = I_{д.0}, \quad (8.1)$$

$$I_{Т} = [0; I_{Т.0}]; \quad (8.2)$$

Коэффициент торможения позволяет защите устойчиво срабатывать при внешних КЗ. Он равен отношению приращения дифференциального тока к приращению тормозного тока в момент срабатывания.

Значение дифференциального тока при токе торможения $I_{Т}$ определяется выражением (8.3):

$$I_{дj} = I_{д.0} + K_{Т} \cdot (I_{Т.j} - I_{Т.0}), \quad (8.3)$$

где $I_{дj}$ – ток срабатывания чувствительного реле ДТЗ при токе торможения $I_{Тj}$ в контрольных точках КТ1, КТ2;

$I_{д.0}$ – начальный ток срабатывания;

$I_{Т.j}$ – тормозной ток в контрольных точках КТ1, КТ2;

$I_{Т.0}$ – длина горизонтального участка тормозной характеристики;

$K_{Т}$ - коэффициент торможения [25].

Вертикальный участок соответствует току торможения блокировки при условии, что два тока $I'1$ и $I'2$ превышают значение тока торможения блокировки, что означает появление внешнего КЗ с большим сквозным током. В этом режиме ДТЗ блокируется.

Вертикальный отрезок определяется по выражениям (8.4, 8.5):

$$I_{д} = [I_{д}(I_{Т.бл.}); I_{отс}], \quad (8.4)$$

$$I_{Т} = I_{Т.бл.}; \quad (8.5)$$

Дифференциальная отсечка обеспечивает быстрое отключение трансформатора при внутренних КЗ. Уставка срабатывания дифференциальной отсечки должна быть отстроена по величине от броска намагничивающего тока.

Для исключения замедления работы ДТЗ Т(АТ) при больших токах внутреннего повреждения вследствие блокировки защиты из-за погрешности ТТ в переходном режиме предусмотрена вторая грубая ступень защиты без блокировки по второй гармонической составляющей тока. Дифференциальная отсечка предназначена для обеспечения надежной работы при больших токах повреждения в зоне действия защиты. Отсечка отстраивается от броска тока намагничивания по уставке [3].

8.2. Экспериментальная часть

- 1) Проверить состояние защитного заземления стенда.
- 2) Собрать схему подключения РЕТОМ-61 к «учебному стенду» (рис. 109).

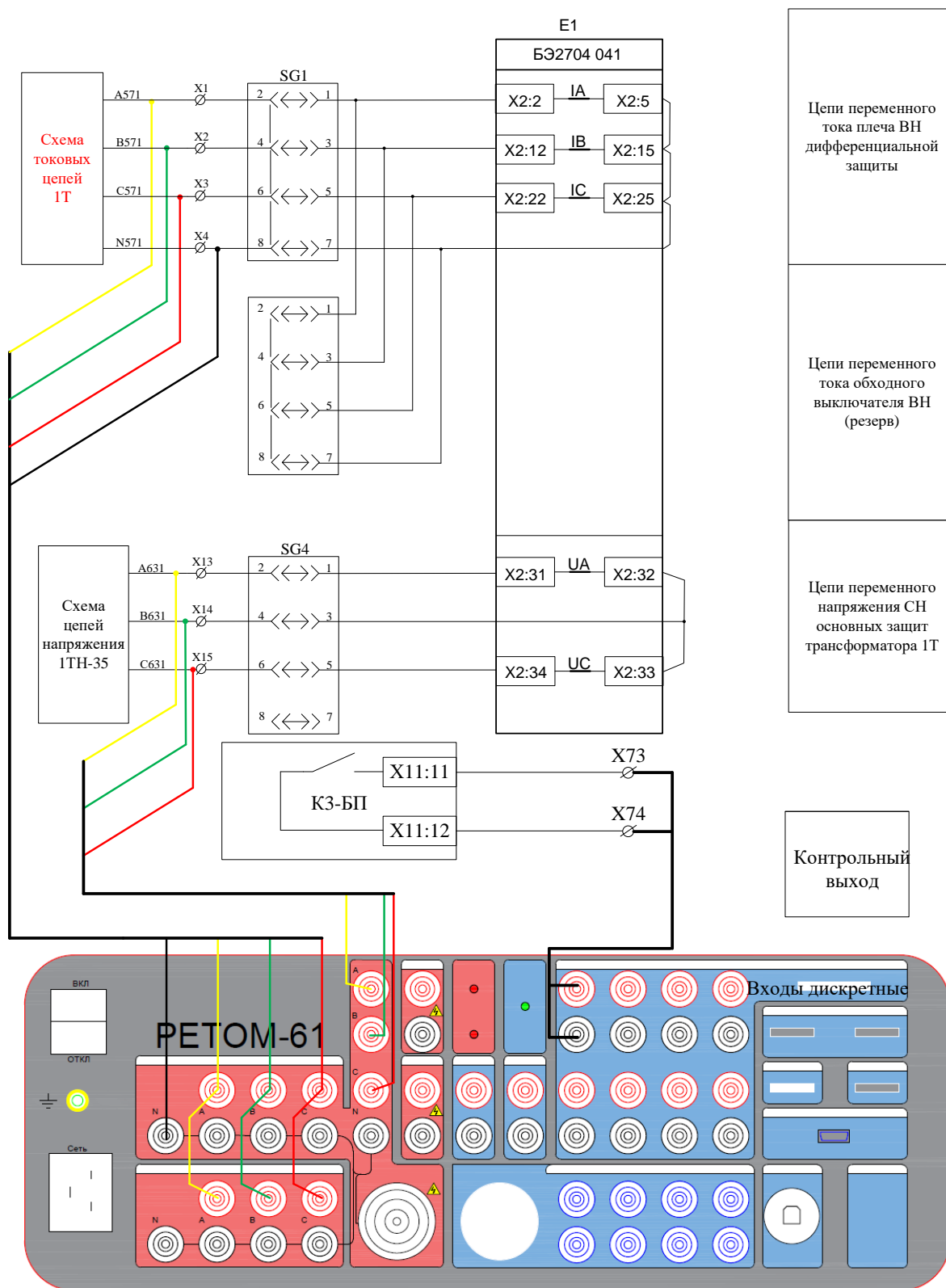


Рис. 109. Схема подключения токовых и дискретных цепей РЕТОМ-61 к блоку ЭКРА 041

3) Подать питание на стенд включив АВ-0,22 SF1 «Автомат питания терминала», убедиться в наличии питания по индикации блока ЭКРА 041.

4) Дождаться полной загрузки ЭКРА 041.

5) Включить персональный компьютер, с установленным ПО «EKRASMS» [12].

6) Подключиться к терминалу по кабелю USB, входящему в комплект к стенду.

7) Запустить сервер связи.

8) Выполнить пункты с «программой мониторинга» (лабораторная №1, п. 7-24).

9) Подключить РЕТОМ-61 к ПК, включить питание РЕТОМ-61.



10) Запустить программу «РЕТОМ» от имени администратора. На корпусе установки нанесен серийный номер, например, 0753. Выбрать «РЕТОМ» в диапазоне от 0000 до 2000.

11) Перевести терминал в режим «тест». Данный режим возможно включить с кнопок управления блока ЭКРА: *тестирование / режим теста / есть >>> запись уставок*; через программу мониторинга: *регулируемые параметры / тестирование / режим теста – есть / запись уставок*.

12) Переключатель SA5 «ДЗТ» установить в положение – ввод.

13) Назначить на «Контрольный выход» (лабораторная № 4, п. 14) дискретный сигнал «1_ДЗТ А».

14) Заполнить таблицу 8, используя формулы 8.1–8.5 и данные бланка уставок (табл. 5, б), по данным из таблицы построить тормозную характеристику.

Параметры для бланка защит трансформатора рассчитать по методике из РЭ к терминалу [4], исходные данные на силовой трансформатор запросить у преподавателя.

Характеристика дифференциальной защиты строится для трех контуров тока (ф. А, ф. В, ф. С).

Таблица 8

Данные для построения дифференциальной характеристики

Параметры	I_d	I_T	Точка характеристики (рисунок 104)
Расчетные значения, о.е.	$I_d = I_{d.o}$	0	1
	$I_d = I_{d.o}$	$I_T = I_{T.0}$	2
	$I_d = I_{d.o} + K_T \cdot (I_T - I_{T.0})$	$I_T = I_{T.бл.}$;	3
	$I_d = I_{d.o} + K_T \cdot (I_T - I_{T.0}) + 0,1 \cdot I_{отс}$	$I_T = I_{T.бл.}$;	4

15) Характеристику ДЗТ проверить по двум точкам КТ1, КТ2 (рисунок 104). В первой точке с током торможения равным (8.6):

$$I_{T1} = 1,1 \cdot I_{T.0}, \quad (8.6)$$

во второй точке с током торможения равным (8.7):

$$I_{T2} = 0,9 \cdot I_{T.бл.}; \quad (8.7)$$

Значение дифференциального тока в контрольных точках вычислить по формуле 8.3.

16) По формуле 8.8 вычислить значения токов, подаваемых в терминал (сторона ВН/НН1):

$$I_j = I_{Б.ј} \cdot K_{сх.ј} \cdot [\sqrt{(0,5 \cdot I_{Д.ј})^2 + I_{Т.ј}^2} - 0,5 \cdot I_{Д.ј}], \quad (8.8)$$

где $K_{сх.ј}$ – коэффициент схемы. $K_{сх.ј} = \sqrt{3}$, если схема соединения трансформатора, в которую подается ток «звезда», $K_{сх.ј} = 1$, если схема соединения трансформатора, в которую подается ток «треугольник».

$I_{Д.ј} = I_{Д.о} + K_T \cdot (I_{Т.ј} - I_{Т.о})$ – значение дифференциального тока при токе торможения $I_{Т.ј}$.

$I_{Б.ј}$ – базисный ток соответствующей стороны трансформатора, рассчитывается по формуле 8.8.1 методики из РЭ к терминалу [4]:

$$I_{БАЗ.СТОП} = \frac{K_{СХ_ТТ_СТОП} \cdot K_{ВКЛ_ТТ_СТОП} \cdot K_{АТ_СТОП}}{K_{ТТ_СТОП}} \cdot I_{НОМ.Т[стороны]}, \quad (8.8.1)$$

где $K_{ТТ_СТОП}$ – коэффициент трансформации главного ТТ соответствующей стороны;

$K_{СХ_ТТ_СТОП}$ – коэффициент, учитывающий схему соединения вторичных обмоток главных ТТ (для ТТ, соединенных в «звезду», $K_{СХ_ТТ_СТОП} = 1$; для ТТ, соединенных в "треугольник", $K_{СХ_ТТ_СТОП} = \sqrt{3}$);

$K_{ВКЛ_ТТ_СТОП}$ – коэффициент, учитывающий схему включения ТТ в зависимости от схемы соединения обмотки силового Т(АТ) данной стороны (табл. 9);

Таблица 9

Схема соединения обмотки силового Т(АТ)

Схема соединения обмотки силового Т(АТ)		
«Звезда»	«Треугольник»	
	Установка ТТ:	
	снаружи «треугольника»	внутри «треугольника»
$K_{ВКЛ_ТТ_СТОП} = 1$	$K_{ВКЛ_ТТ_СТОП} = 1$	$K_{ВКЛ_ТТ_СТОП} = 1 / \sqrt{3}$

$K_{АТ_СТОП}$ – коэффициент трансформации внешнего выравнивающего трансформатора или автотрансформатора (АТ31 или АТ32), используемого для выравнивания значения базисного тока соответствующей стороны, если он выходит за пределы диапазона 0,251 – 16,000 А. При первоначальном расчете базисного тока стороны принимается $K_{АТ_СТОП} = 1$ [4].

$I_{НОМ.Т[стороны]}$ – номинальный ток стороны силового трансформатора (формула 8.8.2);

$$I_{\text{ном.Т[стороны]}} = \frac{S_{\text{ном.Т}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.Т[стороны]}}}, \quad (8.8.2)$$

где $S_{\text{ном.Т}}$ – номинальная мощность трансформатора;

$U_{\text{ном.Т[стороны]}}$ – номинальное напряжение стороны в среднем положении РПН.

17) Затем ток в цепи переменного тока стороны, которая имеет меньшее действующее значение (рассчитанное по формуле 8.8), увеличить до срабатывания реле «Контрольный ВЫХОД».

Результаты измерений при $K_T = 0,45$ о.е., $I_{T0} = 1,0$ о.е., $I_{D0} = 0,43$ о.е. внести в таблицу 10.

Расчет производить по формулам (8.9–8.12):

$$I_T = \sqrt{\frac{I_{\text{ст.1}}}{I_{\text{БАЗ.СТОП.1}} \cdot K_{\text{сх.1}}} \cdot \frac{I_{\text{ст.2}}}{I_{\text{БАЗ.СТОП.2}} \cdot K_{\text{сх.2}}}}, \quad (8.9)$$

$$I_D = \left| \frac{I_{\text{ст.2}}}{I_{\text{БАЗ.СТОП.2}} \cdot K_{\text{сх.2}}} - \frac{I_{\text{ст.1}}}{I_{\text{БАЗ.СТОП.1}} \cdot K_{\text{сх.1}}} \right|, \quad (8.10)$$

$$K_T = \frac{I_{D2} - I_{D1}}{I_{T2} - I_{T1}}, \quad (8.11)$$

$$I_{T0} = I_{T2} - \frac{I_{D2} - I_{D0}}{K_T}; \quad (8.12)$$

При подаче токов большой кратности (более $2I_{\text{ном}}$) рекомендуется сократить время проверки (увеличить шаг тока) и добавить паузу между проверками. Цепи терминала длительно выдерживают величину тока не более $2I_{\text{ном}}$. И выдерживают без повреждения ток $40I_{\text{ном}}$ не более 1с [22; 33].

Таблица 10

Результаты проверки дифференциальных ИО фаз А, В, С

Результаты проверки тормозной характеристики дифф. ИО ДЗТ для сторон 1 и 3						
Параметры	ДЗТ А		ДЗТ В		ДЗТ С	
	(точка 1)	(точка 2)	(точка 1)	(точка 2)	(точка 1)	(точка 2)
$I_{\text{см1}}$, А (по формуле 8.8)						
$I_{\text{см2}}$, А (по формуле 8.8)						
I_T , о.е. (по формуле 8.9)						
I_D , о.е. (по формуле 8.10)						
Уставка K_T						
K_T (по формуле 8.11)						
Погрешность по K_T , %						

Уставка $I_{Д0}$, о.е.			
Уставка $I_{Т0}$, о.е.			
$I_{Т0}$, о.е. (по формуле 8.12)			
Погрешность по $I_{Т0}$, %			

Допустимые значения погрешностей не должны превышать 10%.

18) Пример расчета и построения характеристики ДЗТ (контур тока ф. А, сторона 110кВ (сторона 1) – 6кВ (сторона 3)). в соответствии с данными из таблицы 11:

Таблица 11

Исходные данные

№	Наименование параметра	Обозначение	Уставка
1	Ток срабатывания ДЗТ, о.е.	$I_{Д0}$	0,43
2	Ток начала торможения ДЗТ, о.е.	$I_{Т0}$	1,00
3	Ток торможения блокировки ДЗТ, о.е.	$I_{ТБЛ}$	2,00
4	Коэффициент торможения ДЗТ	K_T	0,45
5	Ток срабатывания диф. отсечки, о.е.	$I_{Д0Т}$	6,50
6	Тип силового трансформатора Т	ТДТН-40000/110/35/6	
Коэффициент трансформации измерительных ТТ			
Сторона трансформатора 1 (ВН)		$K_{ТТ_ВН}$	80
Сторона трансформатора 3 (НН)		$K_{ТТ_НН}$	600

В результате построить тормозную характеристику (рис. 106):

Точка характеристики 1:; $I_T = 0$ о.е.; $I_d = 0,43$ о.е.

Точка характеристики 2:; $I_T = 1,0$ о.е.; $I_d = 0,43$ о.е.

Точка характеристики 3: $I_T = 2,0$; $I_d = 0,43 + 0,45 \cdot (2,0 - 1,0) = 0,88$ о.е.

Точка характеристики 4: $I_T = 2,0$; $I_d = 0,43 + 0,45 \cdot (2,0 - 1,0) + 0,1 \cdot 6,5 = 1,53$ о.е.

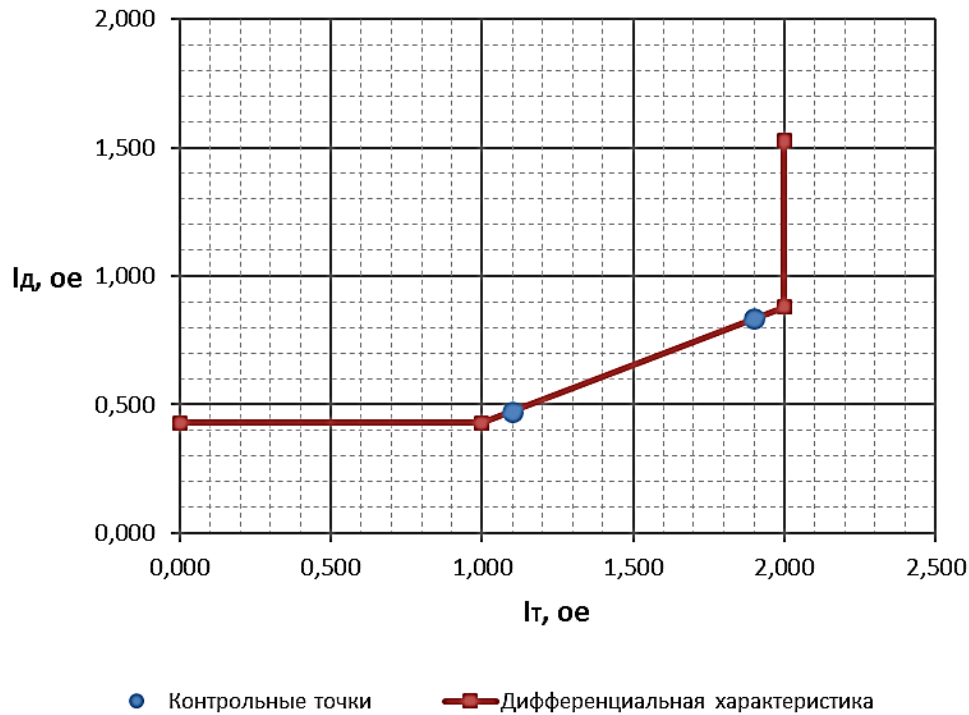


Рис. 110. Характеристика срабатывания ДТЗ

Рассчитать положение контрольных точек (КТ1, КТ2) по формулам 8.3, 8.6 – 8.7.

$$\text{КТ1: } I_{Т.1} = 1,1 \cdot 1,0 = 1,1; I_{д.1} = 0,43 + 0,45 \cdot (1,1 - 1,0) = 0,475 \text{ о.е.};$$

$$\text{КТ2: } I_{Т.2} = 0,9 \cdot 2,0 = 1,9; I_{д.2} = 0,43 + 0,45 \cdot (1,9 - 1,0) = 0,835 \text{ о.е.}$$

Занести результат расчета на характеристику (рисунок 110).

Расчет базисных токов сторон 1 и 3 трансформатора (формула 8.8.1):

$$I_{\text{БАЗ.ВН}} = \frac{K_{\text{СХ_ТТ_ВН}} \cdot K_{\text{ВКЛ_ВН}} \cdot K_{\text{АТ_ВН}}}{K_{\text{ТТ_ВН}}} \cdot I_{\text{НОМ.ВН}} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1}{80} \cdot 200,82 = 2,51 \text{ А,}$$

$$I_{\text{БАЗ.НН}} = \frac{K_{\text{СХ_ТТ_НН}} \cdot K_{\text{ВКЛ_ТТ_НН}} \cdot K_{\text{АТ_НН}}}{K_{\text{ТТ_НН}}} \cdot I_{\text{НОМ.НН}} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1}{600} \cdot 3665,72 = 6,11 \text{ А,}$$

Расчет номинального тока стороны 1 и 3 трансформатора (формула 8.8.2):

$$I_{\text{НОМ.Т}_{[110]}} = \frac{S_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМВН}}} = \frac{40 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 115 \cdot 10^3} = 200,82 \text{ А,}$$

$$I_{\text{НОМ.Т}_{[6,3]}} = \frac{S_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМВН}}} = \frac{40 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 6,3 \cdot 10^3} = 3665,72 \text{ А,}$$

По формулам 8.9 – 8.12 заполнить таблицу 12.

Таблица 12

Результаты проверки дифференциального ИО фазы А

Результаты проверки тормозной характеристики дифф. ИО ДЗТ для сторон 1 и 3		
Параметры	ДЗТ А	
	(точка 1)	(точка 2)

$I_{ст1}, A$	5,93	10,27
$I_{ст2}, A$ (по формуле 8.8)	5,42	9,34
$I_T, o.e.$ (по формуле 8.9)	1,1	1,9
$I_{д}, o.e.$ (по формуле 8.10)	0,47	0,84
Уставка K_T		0,45
K_T (по формуле 8.11)		0,45
Погрешность по $K_T, \%$		0,0
Уставка $I_{до}, o.e.$		0,43
Уставка $I_{то}, o.e.$		1,0
$I_{то}, o.e.$ (по формуле 8.12)		1,0
Погрешность по $I_{то}, \%$		0,0

Результаты проверки тормозной характеристики дифференциального ИО ДЗТ для сторон 1 и 3 трансформатора.

Точка 1 на рисунке 106.

$I_{ст.1}, A$ (по формуле 8.8):

$$I_{ст.1} = I_{Б.ВН} \cdot K_{сх.ВН} \cdot [\sqrt{(0,5 \cdot I_{д.1})^2 + I_{Т.1}^2} - 0,5 \cdot I_{д.1}] =$$

$$= 2,5 \cdot \sqrt{3} \cdot [\sqrt{(0,5 \cdot 0,475)^2 + 1,1^2} - 0,5 \cdot 0,475] = 3,86 A,$$

$I_{ст.2}, A$ (по формуле 8.8)

$$I_{ст.2} = I_{Б.НН} \cdot K_{сх.НН} \cdot [\sqrt{(0,5 \cdot I_{д.1})^2 + I_{Т.1}^2} - 0,5 \cdot I_{д.1}] =$$

$$= 6,11 \cdot 1 \cdot [\sqrt{(0,5 \cdot 0,475)^2 + 1,1^2} - 0,5 \cdot 0,475] = 5,42 A,$$

Из двух токов выбрать наименьший. Увеличить ток на стороне ВН до срабатывания реле «Контрольный выход». Записать результат в таблицу 25.

$I_T, o.e.$ (по формуле 8.9)

$$I_{T1} = \sqrt{\frac{I_{ст.1}}{I_{БАЗ.СТОП.1} \cdot K_{сх.1}} \cdot \frac{I_{ст.2}}{I_{БАЗ.СТОП.2} \cdot K_{сх.2}}} = \sqrt{\frac{5,93}{2,51 \cdot \sqrt{3}} \cdot \frac{5,42}{6,11 \cdot 1}} = 1,1 o.e.$$

$I_{д}, o.e.$ (по формуле 8.10)

$$I_{д1} = \left| \frac{I_{ст.2}}{I_{БАЗ.СТОП.2} \cdot K_{сх.2}} - \frac{I_{ст.1}}{I_{БАЗ.СТОП.1} \cdot K_{сх.1}} \right| = \left| \frac{5,42}{6,11 \cdot 1} - \frac{5,93}{2,51 \cdot \sqrt{3}} \right| = 0,47 o.e.$$

Точка 2 на рисунке 106.

$I_{ст.1}, A$ (по формуле 8.8):

$$I_{ст.1} = I_{Б.ВН} \cdot K_{сх.ВН} \cdot [\sqrt{(0,5 \cdot I_{д.2})^2 + I_{Т.2}^2} - 0,5 \cdot I_{д.2}] =$$

$$= 2,5 \cdot \sqrt{3} \cdot [\sqrt{(0,5 \cdot 0,835)^2 + 1,9^2} - 0,5 \cdot 0,835] = 6,64 A,$$

$I_{ст.2}, A$ (по формуле 8.8)

$$I_{ст.2} = I_{Б.НН} \cdot K_{сх.НН} \cdot [\sqrt{(0,5 \cdot I_{д.2})^2 + I_{Т.2}^2} - 0,5 \cdot I_{д.2}] =$$

$$= 6,11 \cdot 1 \cdot [\sqrt{(0,5 \cdot 0,835)^2 + 1,9^2} - 0,5 \cdot 0,835] = 9,34 A,$$

Из двух токов выбрать наименьший. Увеличить ток на стороне ВН до срабатывания реле «Контрольный выход». Записать результат в таблицу 25.

I_T , о.е. (по формуле 8.9)

$$I_{T2} = \sqrt{\frac{I_{ст.1}}{I_{БАЗ.СТОП.1} \cdot K_{сх.1}} \cdot \frac{I_{ст.2}}{I_{БАЗ.СТОП.2} \cdot K_{сх.2}}} = \sqrt{\frac{6,64}{2,51 \cdot \sqrt{3}} \cdot \frac{9,34}{6,11 \cdot 1}} = 1,9 \text{ о.е.}$$

$I_{Д}$, о.е. (по формуле 8.10)

$$I_{Д2} = \left| \frac{I_{ст.2}}{I_{БАЗ.СТОП.2} \cdot K_{сх.2}} - \frac{I_{ст.1}}{I_{БАЗ.СТОП.1} \cdot K_{сх.1}} \right| = \left| \frac{9,34}{6,11 \cdot 1} - \frac{6,64}{2,51 \cdot \sqrt{3}} \right| = 0,84 \text{ о.е.}$$

K_T (по формуле 8.11)

$$K_T = \frac{I_{Д2} - I_{Д1}}{I_{T2} - I_{T1}} = \frac{0,84 - 0,47}{1,9 - 1,1} = 0,45 \text{ о.е.}$$

Погрешность по $K_T=0\%$

I_{T0} , о.е. (по формуле 8.12)

$$I_{T0} = I_{T2} - \frac{I_{Д2} - I_{Д0}}{K_T} = 1,9 - \frac{0,84 - 0,43}{0,45} = 1,0 \text{ о.е.}$$

Погрешность по $I_{T0}=0\%$

8.3. Контрольные вопросы

- 1 Как определяется коэффициент торможения?
- 2 На что влияет коэффициент торможения?
- 3 При каких значениях тормозного тока рассчитываются K_{T1} , K_{T2} – контрольные точки?
- 4 Какие участки имеет характеристика срабатывания ДТЗ?
- 5 От какого тока отстраивается дифференциальная отсечка?

8.4. Содержание отчета

В отчете по лабораторной работе необходимо указать цель, описать свои действия, используя скриншоты экрана компьютера при работе в программах в соответствии с экспериментальной частью, начиная с 12 пункта. А также ответить на вопросы и сделать выводы.

Список литературы

- 1) Антюшин А.А. Справочник по наладке вторичных цепей электростанций и подстанций / А.А. Антюшин, А.Е. Гомберг, В.П. Караваяев и др.; Под ред. Э.С. Мусаэляна. – М.: RUGRAM, 2022. – 384 с.
- 2) Бирюлин В.И. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника" (квалификация (степень) "бакалавриат") / В.И. Бирюлин, А.Н. Горлов, Д. В. Куделина [и др.]. – М.: Инфра-М, 2020. – 197 с.
- 3) Блок микропроцессорной релейной защиты БЭ2704. Руководство по эксплуатации. ЭКРА.656132.091-08РЭ. – г. Чебоксары: ООО НПП «ЭКРА», 2023. – 118 с.
- 4) Блок микропроцессорной релейной защиты БЭ2704. Руководство по эксплуатации. ЭКРА.656132.265-03РЭ. – г. Чебоксары: ООО НПП «ЭКРА», 2024. – 192 с.
- 5) Глазырин В.Е. Микропроцессорные релейные защиты блока генератор – трансформатор: учеб. пособие / В.Е. Глазырин, А.А. Осинцев, О. В. Танфильев. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2015. – 138 с.
- 6) Ершевич В.В. Справочник по проектированию электроэнергетических систем / В.В. Ершевич М.: Энергоатомиздат, 1985. – 352 с.
- 7) Засыпкин А.С. Релейная защита трансформаторов / А.С. Засыпкин. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 240 с.
- 8) Захаров О.Г. Цифровые устройства релейной защиты электродвигателей. Алгоритмы и уставки. Часть 1 / О.Г. Захаров. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2012. – 82 с.
- 9) ГОСТ 8.217-2024 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Трансформаторы тока. Методика поверки. – Взамен ГОСТ 8.217 – 2003; введ. 30.09.24. – М.: Изд-во стандартов, 2024. – 24 с.
- 10) Киреева Э.А. Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем: Учебник / Э.А. Киреева. – М.: Academia, 2017. – 320 с.
- 11) Князевский Б.А. Монтаж и эксплуатация промышленных электроустановок / Б.А. Князевский, Л.Е. Трунковский. – М.: Высшая школа, 1984. – 423 с.
- 12) Комплекс программ ЕКРА SMS. Руководство по эксплуатации ЕКРА SMS, комплекс программ. ЭКРА.00002-01 90 01. – г. Чебоксары: ООО НПП «ЭКРА», 2023. – 86 с.
- 13) Комплекс программно-технический измерительного РЕТОМ-21. Руководство по эксплуатации. БРГА.441322.066 РЭ. – г. Чебоксары: ООО «Динамика», 2019. – 117 с.
- 14) Комплекс программно-технический измерительного РЕТОМ-61. Руководство по эксплуатации. БРГА.441323.028 РЭ. – г. Чебоксары: ООО «Динамика», 2018. – 55 с.

- 15) Комплекс программно-технический измерительного цифрового РЕТОМ-61850. Руководство по эксплуатации. БРГА.441461.014 РЭ. – г. Чебоксары: ООО «Динамика», 2020. – 86 с.
- 16) Корпоративный профиль МЭК 61850 ПАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007 - 25.040.30.309-2020 – М.: АО «НТЦ ФСК ЕЭС, 2020. – 257 с.
- 17) Малышева Н.Н. Микропроцессорные релейные защиты: Учебное пособие / Н.Н. Малышева. Том Часть 1. – Нижневартовск : Нижневартовский государственный университет, 2019. – 95 с.
- 18) Никитин В.В. Автоматизация проверок устройств РЗА 6-35 кВ / В.В. Никитин // Релейная защита и автоматизация: журнал – г. Чебоксары: Изд-во ООО "Рекламно-издательский центр "Содействие развитию релейной защиты, автоматики и управления в электроэнергетике", 2013. – Вып. 02 – С. 58 – 60.
- 19) Никитин К.И. Релейная защита систем электроснабжения: текст лекций / К.И. Никитин – Омск.: Изд-во ОмГТУ, 2006. – 113 с.
- 20) Правила технического обслуживания устройств релейной защиты, электроавтоматики, дистанционного управления и сигнализации электростанций и подстанций 110-750 кВ. – М.: Открытое акционерное общество «Фирма по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электростанций и сетей ОРГРЭС», 2001. – 107 с.
- 21) Правила устройства электроустановок. – 7 изд. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2015. – 647 с.
- 22) Программное обеспечение для настройки терминалов серий БЭ2704 и БЭ2502 по стандарту МЭК 61850. Руководство по эксплуатации. ЭКРА.00016-01 90 01. – г. Чебоксары: ООО НПП «ЭКРА», 2023. – 31 с.
- 23) Распределительные электрические сети напряжением 0,4-110 кВ требования к технологическому проектированию СТО 34.01-21.1-001-2017 – М.: АО «Институт Энергосетьпроект» при участии ПАО «Россети» и ДЗО, 2017. – 242 с.
- 24) РД 34.35.305 Инструкция по проверке трансформаторов напряжения и их вторичных цепей. – М.: Министерство энергетики и электрификации СССР. Главное техническое управление по эксплуатации энергосистем, 1979. – 148 с.
- 25) Рекомендации по расчету уставок резервных защит автотрансформаторов напряжением 220-500 кВ на базе шкафов серий ШЭ2607, ШЭ2710. – г. Чебоксары: ООО НПП «ЭКРА», 2014. – 90 с.
- 26) Руководящие указания по релейной защите. Выпуск 13Б. Релейная защита понижающих трансформаторов и автотрансформаторов 110 – 500 кВ: Расчёты. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 96 с.
- 27) Техническое описание. Цифровые защиты генераторов, трансформаторов и блоков генератор–трансформатор электростанций. – Чебоксары: НПП «Экра», 2009. – 56 с.
- 28) Федосеев А.М. Релейная защита электроэнергетических систем / А.М. Федосеев, М.А. Федосеев. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 528 с.
- 29) Циглер Г. Цифровая дистанционная защита: принципы и применение: пер. с англ. / Г. Циглер; под ред. А.Ф. Дьякова. – М.: Энергоиздат, 2005. – 322 с.

30) Циглер Г. Цифровая дифференциальная защита. Принципы и область применения: пер. с англ. / Г. Циглер; под ред. А.Ф. Дьякова. – М.: Знак, 2008. – 216 с.

31) Цифровая подстанция. Методические указания по проектированию ЦПС СТО 56947007 – 29.240.10.299-2020 – М.: ООО «ТЕКВЕЛ», 2020. – 125 с.

32) Чернобровов Н.В. Релейная защита энергетических систем / Н.В. Чернобровов, В.А. Семенов. – М.: Энергоатомиздат, 2007. – 800 с.

33) Шкаф микропроцессорной релейной защиты ШЭ2607 041. Руководство по эксплуатации. ЭКРА.656453.031 РЭ. – г. Чебоксары: ООО НПП «ЭКРА», 2021. – 129 с.

34) Шнеерсон Э.М. Цифровая релейная защита / Э.М.Шнеерсон. – М.: Энергоатомиздат, 2007. – 549 с.

35) Яблоков А.А. Основы цифровой релейной защиты [Текст]: учеб. - метод. пособие для вузов по направлению 13.03.02 " Релейная защита и автоматизация электроэнергетич. систем"; Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Иван. гос. энерг. ун-т им. / В.И. Ленина". А.А. Яблоков, В.Д. Лебедев, Г.А. Филатова и др. – г Иваново: Ивановский государственный энергетический университет, 2021. – 135 с.

Приложение А

Комплект схем учебного стенда: защита трансформатора ТДТН-40000/110/35/6 в схеме «110-5Н» на базе терминала БЭ2704 041

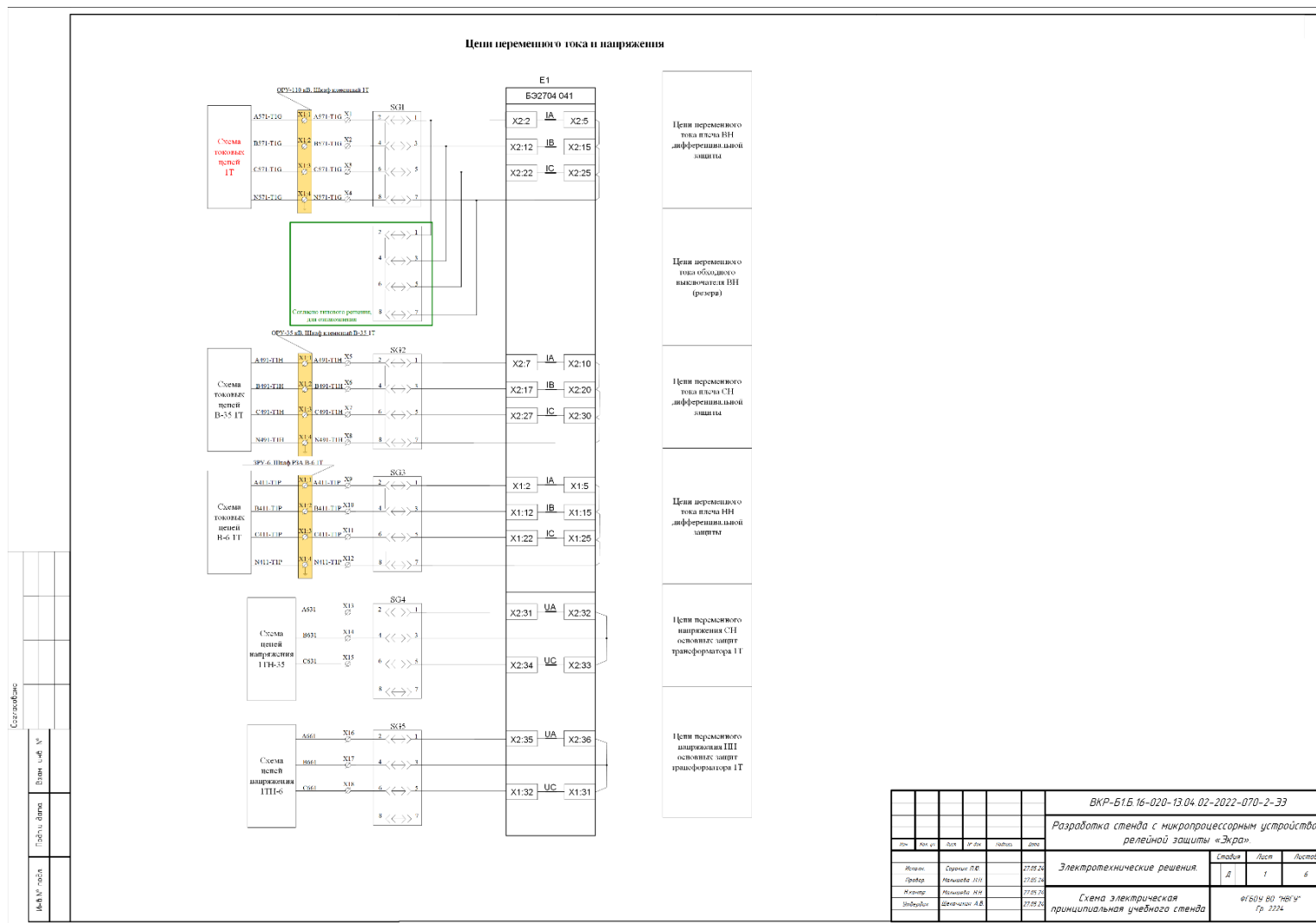


Рис. А1. Цепи тока, напряжения

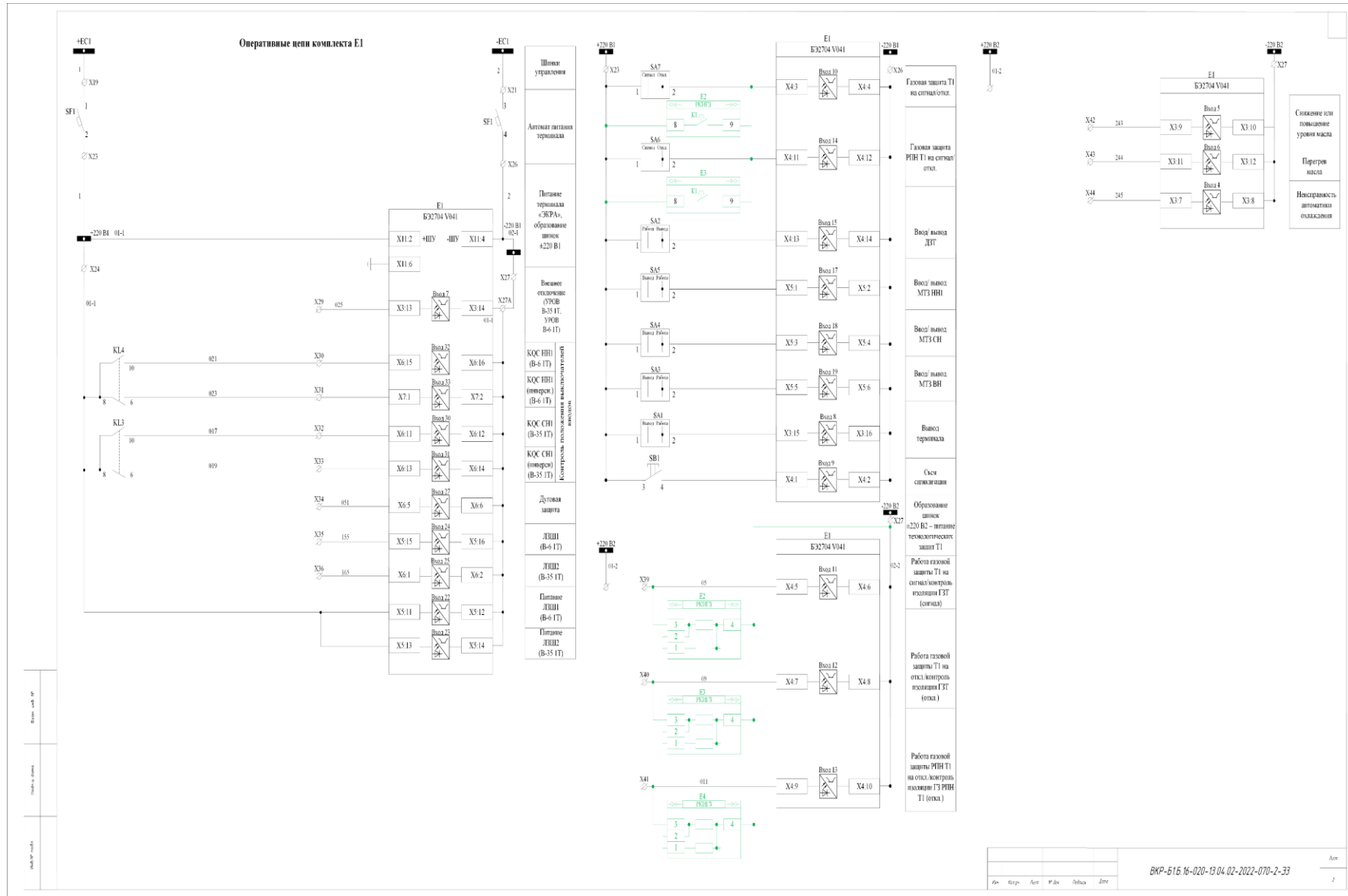


Рис. А2. Оперативные цепи

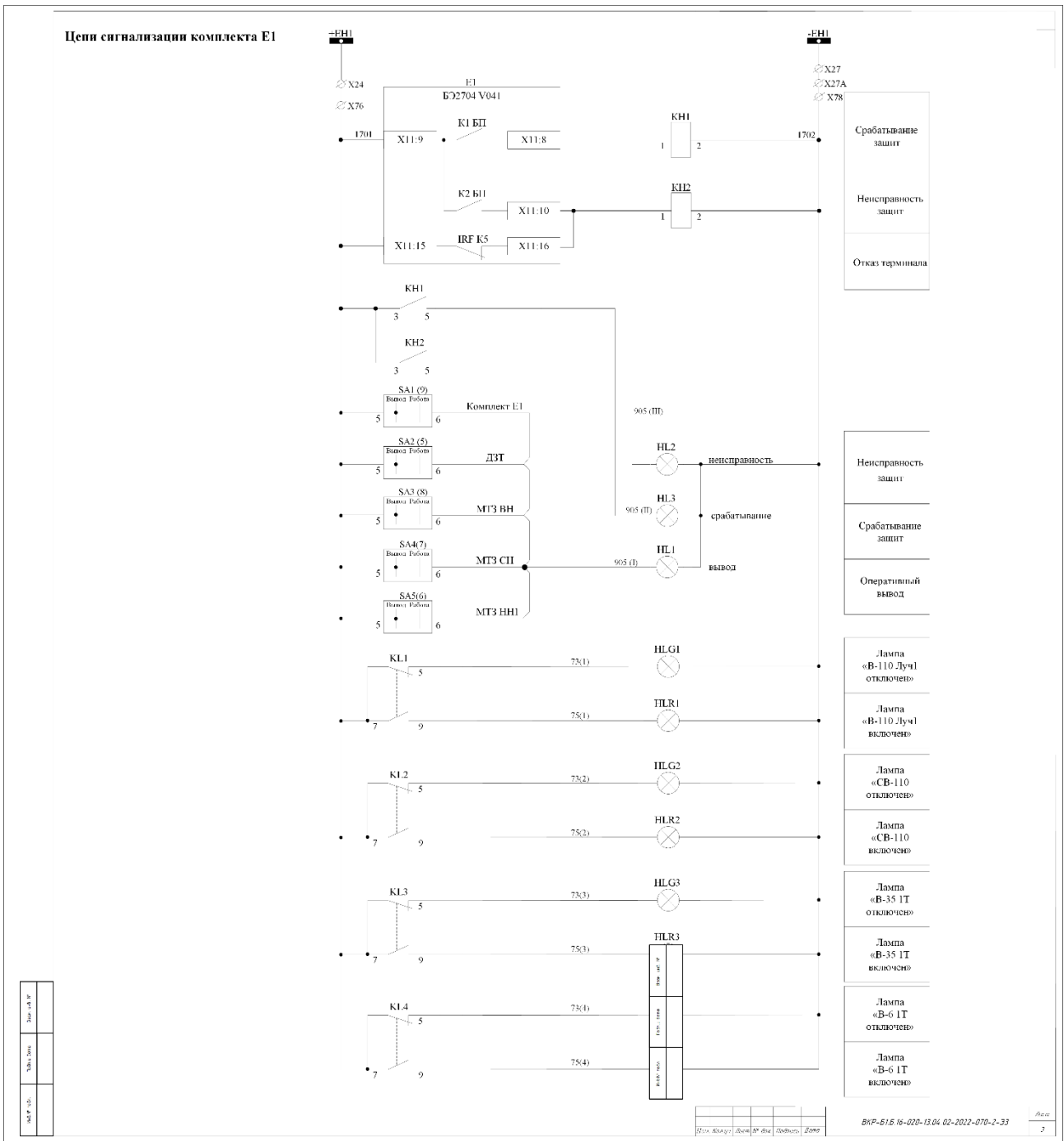


Рис. А3. Цепи сигнализации

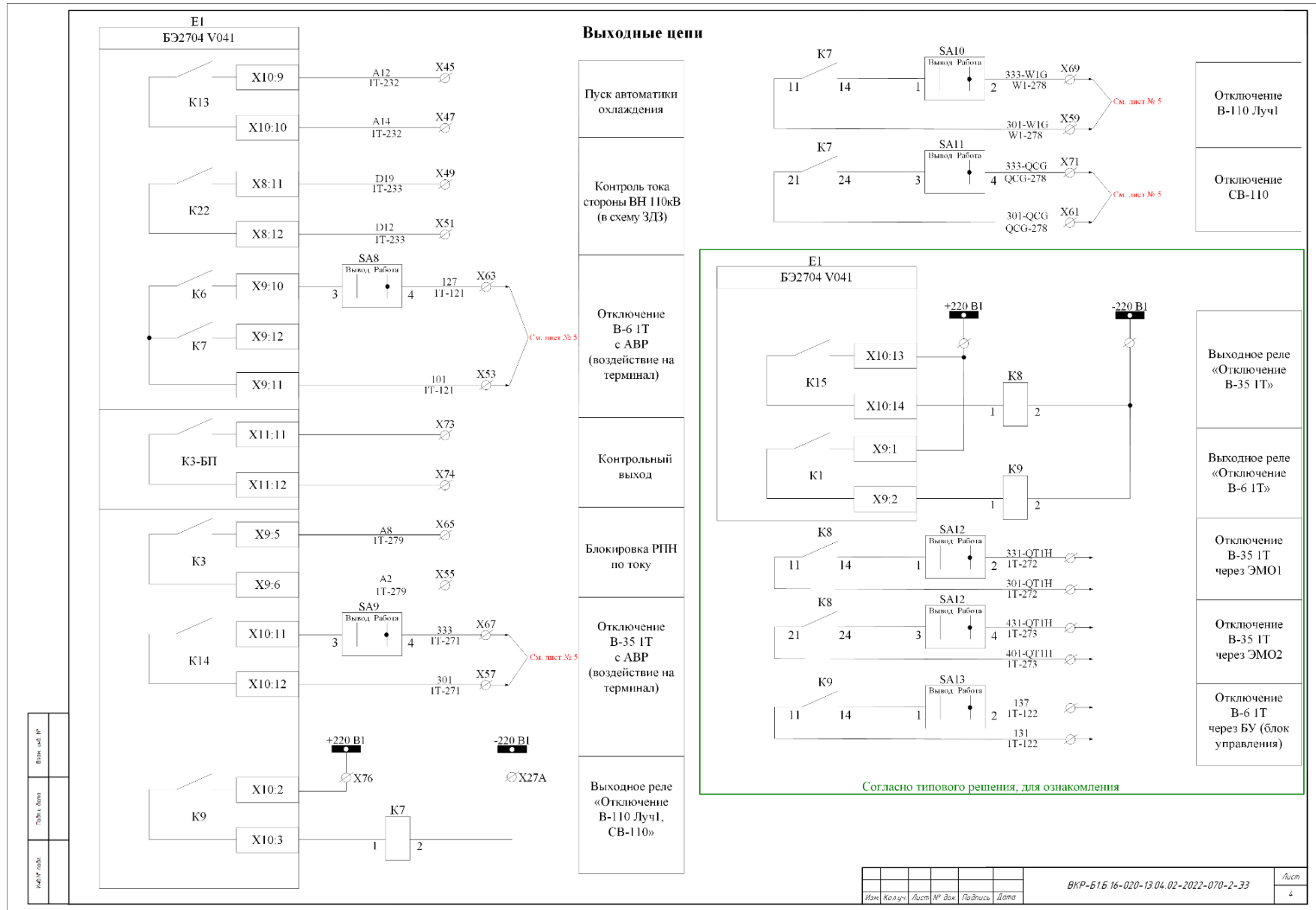


Рис. А4. Выходные цепи

Учебное издание

Малышева Н.Н., Щекочихин А.В., Сорокин П.Ю.

**ПРОВЕРКА РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ
СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА
НА ВЫСОКОАВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПОДСТАНЦИИ**

Практикум

ISBN 978-5-00047-727-4



Технический редактор: Д.В. Вилявин

Дата выхода: 04.09.2025

Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. листов 2,75
Электронное издание. Объем 4,11 МБ. Заказ 2339

Издательство НВГУ

628615, Тюменская область, г. Нижневартовск, ул. Маршала Жукова, 4
Тел./факс: (3466) 24-50-51, E-mail: izdatelstvo@nggu.ru