



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«МИРЭА – Российский технологический университет»  
РТУ МИРЭА

Институт: Информационных технологий (ИТ)  
Кафедра: Базовая кафедра №234 — Управляющих ЭВМ

## КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине Техническое обеспечение систем управления технологическими процессами  
(наименование дисциплины)

Тема курсовой работы: Распределенная АСУ ТП на базе моноблочных устройств ввода/вывода производства ПАО "ИНЭУМ им. И.С. Брука"

Студент группы: ИКМО-05-23 Астахов А.В. (подпись)  
(учебная группа, фамилия, имя, отчество)

Руководитель курсовой работы: доцент, к.т.н., Глухов А.В. (подпись)  
(должность, звание, ученая степень, фамилия, имя, отчество)

Работа предоставлена к защите до «\_\_» июня 2023 г.

Допущена к защите до «\_\_» июня 2023 г.

Москва 2023

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ .....	4
Общие требования: .....	4
Задания на проектирование: .....	4
ВВЕДЕНИЕ .....	5
Актуальность темы .....	5
1    АНАЛИЗ ТЗ .....	6
1.1.    Идентификация основных типов оборудования .....	7
УДГ-1Б .....	8
SAM202K.....	13
GIM204.....	14
Интерфейсы элементов системы из Технического задания.....	15
УСО производства ПАО "ИНЭУМ им. И.С. Брука" (устройства ввода/вывода) .....	15
1.2.    Определение мест размещения оборудования .....	15
1.3.    Определение требований по взаимодействию .....	16
2    ПОДГОТОВКА ПЕРЕЧНЯ ОБОРУДОВАНИЯ .....	17
Диспетчерская .....	17
УВК СМ1820МВУ-118 .....	17
УВК СМ1820МВУ-116.05.01 .....	17
БПИЗ .....	19
Точка 4.....	20
БП17 (ЛЯЮИ.436234.060) .....	20
Модуль процессора МП17 (ЛЯЮИ.467144.080) .....	21
Модуль дискретного ввода МДВ17 .....	21
Модуль дискретного вывода МДВыв17 (ЛЯЮИ.468353.165) .....	22
Кроссовый модуль МКДВыв17 ЛЯЮИ.469546.105.....	24
МАВ17 (ЛЯЮИ.468154.010) .....	24
Кроссовый модуль МКАВ17 .....	26
ТЕГР.469535.002 .....	27
Точка 5.....	28
3    РАЗРАБОТКА СХЕМ СОЕДИНЕНИЯ .....	29
4    РАЗРАБОТКА ПОТОКОВ ДАННЫХ .....	31
5    ВЫБОР ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ПО .....	33
БПИ-3 .....	33

УВК СМ1820МВУ-118.20 .....	34
ПО для сбора данных и алгоритмической обработки .....	34
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	36
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	37
Приложение 1 – Структурная схема .....	37
Приложение 2 – Схема Э4 ШУ 1 .....	38
Приложение 3 – Схема Э5 ШУ 1 .....	39
Приложение 4 – Схема Э4 ШУ 2 .....	40
Приложение 5 – Схема Э5 ШУ 2 .....	41

# ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

## Общие требования:

Разработать проектное решение для распределенного сбора данных с устройств, удаленных друг от друга на расстояние до 800 м в единую диспетчерскую.

**Точка 1.** 2 шт. установки для измерения объемной активности радиоактивных газов в воздухе УДГ-1Б ([ссылка](#))

**Точка 2.** 2 Монитора для измерения объемной активности гамма-излучения в Жидкости SAM202K ([ссылка](#))

**Точка 3.** 7 Мониторов для измерения мощности дозы гамма-излучения GIM204 ([ссылка](#))

**Точка 4.** 16 датчиков типа "сухой контакт", 16 датчиков аналогового ввода 4-20 мА, 2 канала управления 24В 0,1А.

**Точка 5.** 8 каналов аналогового ввода 0 - 30 В. 24 канала управления 24В 0,1А.

В диспетчерской предусмотреть оборудования для сбора данных и алгоритмической обработки.

Предусмотреть рабочее место оператора с двумя видеомониторами.

Обеспечить визуализацию технологического процесса.

## Задания на проектирование:

- разработать проектное решение с обзором примененных технических средств и обоснованием выбора;
- подобрать состав устройств для удовлетворения требованиям ТЗ
- разработать спецификации шкафов и рабочих мест;
- разработать схему внутренних соединений шкафов (Э4);
- разработать схему внешних соединений для системы (Э5);
- разработать диаграмму потоков данных с подробным описанием применяемых протоколов передачи данных.
- определить и обосновать выбор инструментального программного обеспечения.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Тема данной курсовой работы – разработка распределенной автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) на базе моноблочных устройств ввода/вывода производства ПАО "ИНЭУМ им. И.С. Брука".

Основные цели работы – получение навыков по проектированию распределенных АСУ ТП по требованиям, указанным в индивидуальном техническом задании, и проектирование эффективного проектного решения для сбора данных с различных устройств, удаленных друг от друга на расстояние до 800 метров, и интеграции этих данных в единую диспетчерскую систему.

Курсовая работа включает в себя проектное решение с подробными объяснениями и обоснованиями выбора элементов и способов взаимодействия.

### **Актуальность темы**

В современных условиях автоматизация технологических процессов играет ключевую роль в повышении эффективности и безопасности промышленных объектов. Распределенные системы управления, объединяющие разнообразные датчики и мониторы, позволяют оперативно собирать и анализировать данные, что значительно улучшает качество управления и позволяет своевременно реагировать на внештатные ситуации.

# 1 АНАЛИЗ ТЗ

Этап анализа технического задания (ТЗ) является одним из ключевых шагов в разработке распределенной автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП). В ходе этого этапа выполняются следующие задачи:

## 1 Идентификация основных типов оборудования:

- Определение типов датчиков и мониторов, которые будут использоваться в системе, таких как установки для измерения объемной активности радиоактивных газов, мониторы для измерения гамма-излучения и датчики аналогового ввода.
- Учет спецификаций и характеристик каждого типа оборудования для обеспечения совместимости и эффективной интеграции в систему.

## 2 Определение мест размещения оборудования:

**Точка 1:** Две установки для измерения объемной активности радиоактивных газов в воздухе УДГ-1Б.

**Точка 2:** Два монитора для измерения объемной активности гамма-излучения в жидкости SAM202K.

**Точка 3:** Семь мониторов для измерения мощности дозы гамма-излучения GIM204.

**Точка 4:** Шестнадцать датчиков типа "сухой контакт", шестнадцать датчиков аналогового ввода 4-20 мА, два канала управления 24В 0,1А.

**Точка 5:** Восемь каналов аналогового ввода 0-30 В, двадцать четыре канала управления 24В 0,1А.

Учет расстояний между точками и диспетчерской, обеспечивая возможность передачи данных на расстояние до 800 метров.

## 3 Определение требований по взаимодействию:

- Установление требований к протоколам передачи данных, обеспечивающим надежную и безопасную коммуникацию между оборудованием и центральной диспетчерской.
- Разработка требований к рабочему месту оператора, включая оснащение двумя видеомониторами для наглядного отображения данных и управления процессами.

Этап анализа ТЗ позволяет сформировать четкое представление о структуре и компонентах будущей системы, а также выявить ключевые требования для разработки эффективного и надежного проектного решения.

### 1.1. Идентификация основных типов оборудования

Основное оборудование распределенной системы АСУ ТП из ТЗ приведено в Таблице 1.

Таблица 1 – Основное оборудование распределенной системы АСУ ТП

Точка	Название	Количество (шт)	Описание
1	УДГ-1Б	2	Установка для непрерывного автоматического контроля концентрации бета-излучающих радиоактивных газов в автономном режиме или в составе автоматических систем радиационного контроля в воздухе рабочих помещений и систем вентиляции.
2	SAM202K	2	Измерение объемной активности гамма-излучающих радионуклидов в жидкости
3	GIM204	7	Непрерывное измерение мощности дозы гамма-излучения
4	Датчики типа «Сухой контакт»	16	
4	Датчики аналогового ввода 4-20 мА	16	
4	Каналы управления 24В 0,1А	2	
5	Каналы аналогового ввода 0 - 30 В	8	
5	Каналы управления 24В 0,1А	24	

## УДГ-1Б



Рисунок 1 - УДГ-1Б

Основные технические характеристики УДГ-1Б приведены в Таблице 2.

Таблица 2 - Основные характеристики УДГ-1Б

Тип детекторов	кремниевый
Количество детекторов	2 (основной и компенсационный)
Энергетический диапазон регистрации	0,08 ÷ 3,0 МэВ
Диапазон измерений объемной активности	$1 \cdot 10^4 \div 3,7 \cdot 10^{10}$ Бк/м <sup>3</sup>
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения	±20 %
Чувствительность (по Кг-85)	$1 \cdot 10^{-6} \div 5,0 \cdot 10^{-6}$ имп·м <sup>3</sup> /Бк·с
Объемный расход воздуха через измерительную камеру	от 5 до 60 л/мин
Объем архива	3000 результатов измерений
Питание	220 В, 50 Гц
Степень защиты оболочек	IP65
Средняя наработка на отказ	не менее 30 000 ч
Диапазон рабочих температур	-10 ÷ +55 °С



<b>Предельное значение относительной влажности</b>	до 98 % при +35 °С
<b>Габаритные размеры, масса</b>	<input type="checkbox"/> 395×240×304 мм, 18 кг; <input type="checkbox"/> При монтаже на раме: е 894×694×494 мм, 54 кг; <input type="checkbox"/> Мобильное исполнение с насосным блоком БН-1: 595×1054×394 мм, 42 кг
<b>Тип атмосферы</b>	I, II, III по ГОСТ 15150-69
<b>Сейсмостойкость</b>	Соответствует требованиям категории I НП-031-01 и РД 25-818 для сейсмических воздействий до 9 баллов по шкале MSK-64 на отметке от 70 до 30 м относительно нулевой отметки
<b>Электромагнитная совместимость</b>	Установка относится к изделиям группы III, критерий функционирования А по ГОСТ 32137-2013
<b>Класс безопасности</b>	<input type="checkbox"/> относится к элементам нормальной эксплуатации класса безопасности 3Н, 4Н в соответствии с НП-001-15, НП-016-05, НП-033-11; <input type="checkbox"/> относится к элементам нормальной эксплуатации атомных станций класса безопасности 3Н по ОПБ-88/97

#### Особенности:

- встроенный индикатор прокачки воздуха;
- компенсация воздействия внешнего гамма-фона;
- интерфейсы связи RS-232, RS-485, Ethernet;
- звуковая и световая сигнализация превышения устанавливаемых порогов;
- работа с собственным насосным блоком или с внешней магистралью пробоотбора;
- настройка с помощью переносного компьютера;
- периодическая поверка без демонтажа с помощью образцового источника;
- наличие выхода «сухой контакт»;
- возможность подключения блока внешней аварийной сигнализации БАС.

#### Исполнения:

- Стационарное исполнение.
- Стационарное исполнение с насосным блоком БН-01.
- Мобильное исполнение с насосным блоком БН-01.

#### Базовый комплект поставки:

- установка УДГ-1Б;
- кабель питания;
- кабель связи с ПЭВМ RS-232;
- защитное кольцо с пленкой 2 шт.;

- контрольный источник;
- держатель контрольного источника;
- монтажный комплект;
- программное обеспечение "Конфигуратор".

По заказу:

- трубка силиконовая медицинская одноканальная ТСМ-10/16 – упаковка 20 м (для измерений в системах вентиляции);
- узел крепления (настенный);
- блок насосный БН-01 (мобильный или настенный);
- фильтр аэрозолей с комплектом из 10 шт. фильтров АФА-РМП-20 (при работе в автономном режиме без УДА-1АБ, для предотвращения попадания аэрозолей и пыли в рабочий объём камеры)
- фильтр аналитический аэрозольный АФА-СИ-20 10 шт;
- аналоговый выход ( $4 \div 20$  мА).

Внешний вид панели установки с обозначением разъёмов приведен на Рисунке 2.

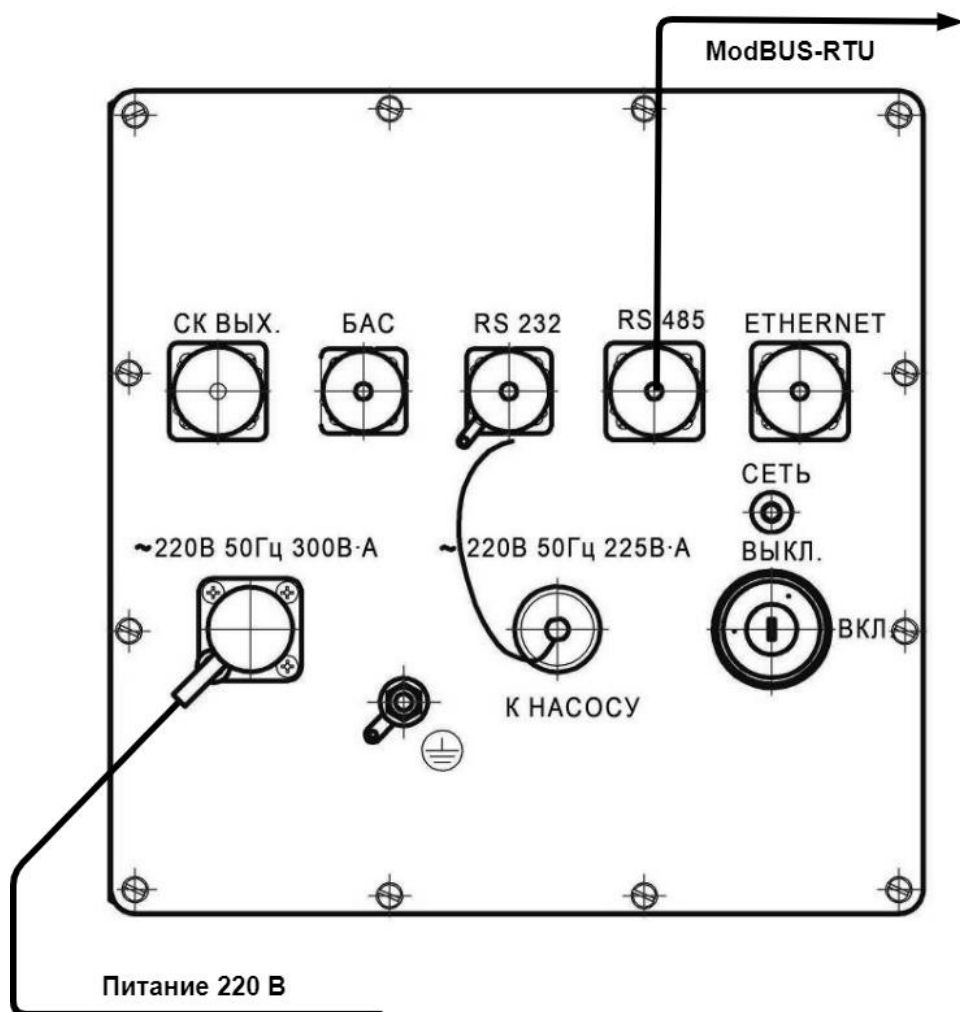


Рисунок 2 - Внешний вид устройства

Схема электрическая подключений изображена на Рисунках 3-4.

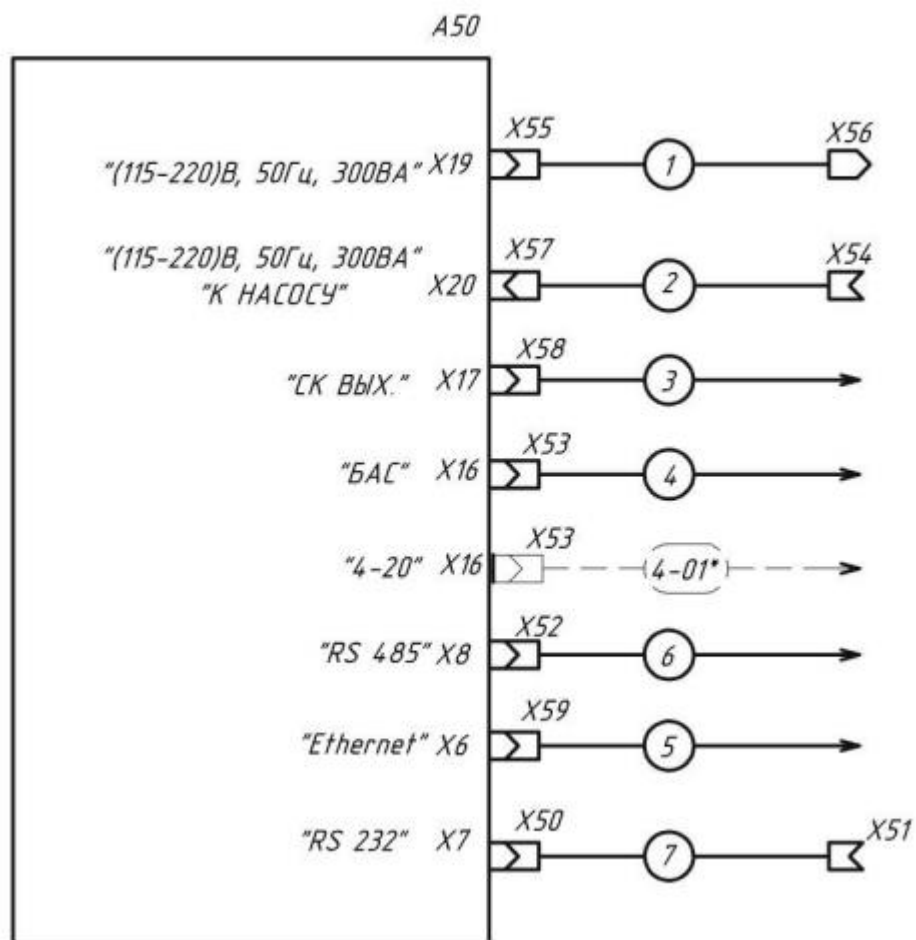


Рисунок 3 - Схема подключений

6. Кабель 6: Кабель интерфейса RS-485  
4x2x0,5 SFTP, до 1200м

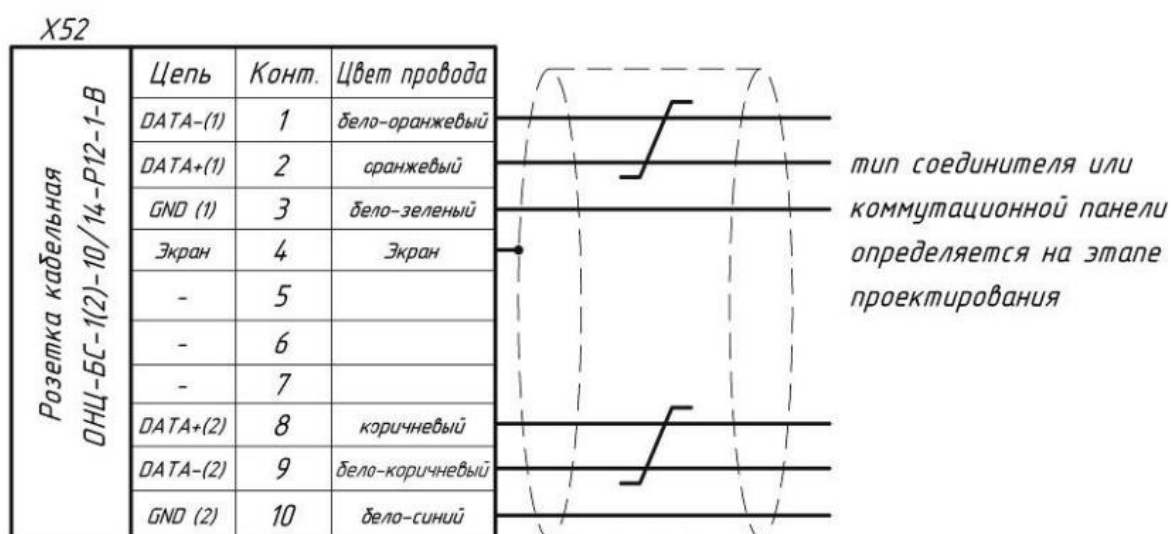


Рисунок 4 - Схема подключений

Для удовлетворения условия о том, что точки удалены друг от друга до 800 м. было принято решение использовать интерфейс RS485.

## **SAM202K**



*Рисунок 5 - SAM202K*

Основные функции и характеристики:

- измерение объемной активности радионуклидов в жидкости и вывод показаний на дисплей (в зависимости от варианта исполнения) и по каналу передачи данных RS485;
- работа установки в режиме спектрометра;
- автоматическая температурная стабилизация спектра;
- настройка на требуемый радионуклидный состав;
- автоматическая самодиагностика, формирование сигнала о неисправности, вывод его на дисплей и по каналу передачи данных RS485;
- возможность установки двух пороговых уровней сигнализации (предупредительного и аварийного), возможность выдачи сигнализации при «значительном изменении» измеренного значения;
- выдача сигналов «сухой-контакт» при превышении пороговых уровней;
- стандартный (0..20 мА / 4..20 мА) аналоговый выход для выдачи измерений во внешние системы;
- стандартный (0..20 мА / 4..20 мА) аналоговый вход для подключения внешних устройств и учет их измерений в алгоритмах;

Для удовлетворения условия о том, что точки удалены друг от друга до 800 м. было принято решение использовать интерфейс RS485.

## GIM204



Рисунок 6 - GIM204

Основные функции и характеристики:

- измерение мощности дозы гамма-излучения и вывод показаний на дисплей (в зависимости от варианта исполнения) и по каналу передачи данных RS485;
- автоматическая самодиагностика, формирование сигнала о неисправности, вывод его на дисплей и по каналу передачи данных RS485;
- возможность установки двух пороговых уровней сигнализации (предупредительного и аварийного);
- возможность выдачи сигнализации при «значительном изменении» измеренного значения;
- выдача сигналов «сухой-контакт» при превышении пороговых уровней;
- стандартный (0..20 мА / 4..20 мА) аналоговый выход для выдачи измерений во внешние системы;
- стандартный (0..20 мА / 4..20 мА) аналоговый вход для подключения внешних устройств и учет их измерений в алгоритмах;
- возможность установки блока детектирования на расстоянии до 60 м от блока обработки;

Для удовлетворения условия о том, что точки удалены друг от друга до 800 м. было принято решение использовать интерфейс RS485.

## Интерфейсы элементов системы из Технического задания

Точка	Кол-во	Оборудование	Интерфейсы
1	2	УДГ-1Б	RS-232, RS-485, Ethernet, аналоговый выход (4 - 20 мА), выход «сухой контакт»
2	2	SAM202K	RS-485, выход «сухой контакт», аналоговый выход (0..20 Ма / 4 - 20 мА) x2
3	7	GIM204	RS-485, выход «сухой контакт», аналоговый выход (0..20 Ма / 4 - 20 мА) x2
4	16	Датчики	Дискретный ввод «сухой контакт»
4	16	Датчики	Аналогового ввод 4-20 мА
4	2	Каналы управления	Дискретный вывод 24В 0,1А
5	8	Каналы	Аналогового ввод 0 - 30 В
5	24	Каналы управления	Дискретный вывод 24В 0,1А

## УСО производства ПАО "ИНЭУМ им. И.С. Брука" (устройства ввода/вывода)

УСО	Интерфейсы
Модуль дискретного вывода МДВыв-С-48	Один канал Ethernet, один канал USB, два канала RS-485, 48 дискретных каналов вывода
Модуль удаленного аналогового ввода МАВ4-ТП	2 канала RS-485, 16 каналов аналогового ввода
КМАВ-С	4 канала дискретного ввода типа «сухой контакт», 2 оптореле канала дискретного вывода, 1 канал Ethernet, 2 изолированных канала RS-422/485, 8 каналов аналогового ввода

## 1.2. Определение мест размещения оборудования

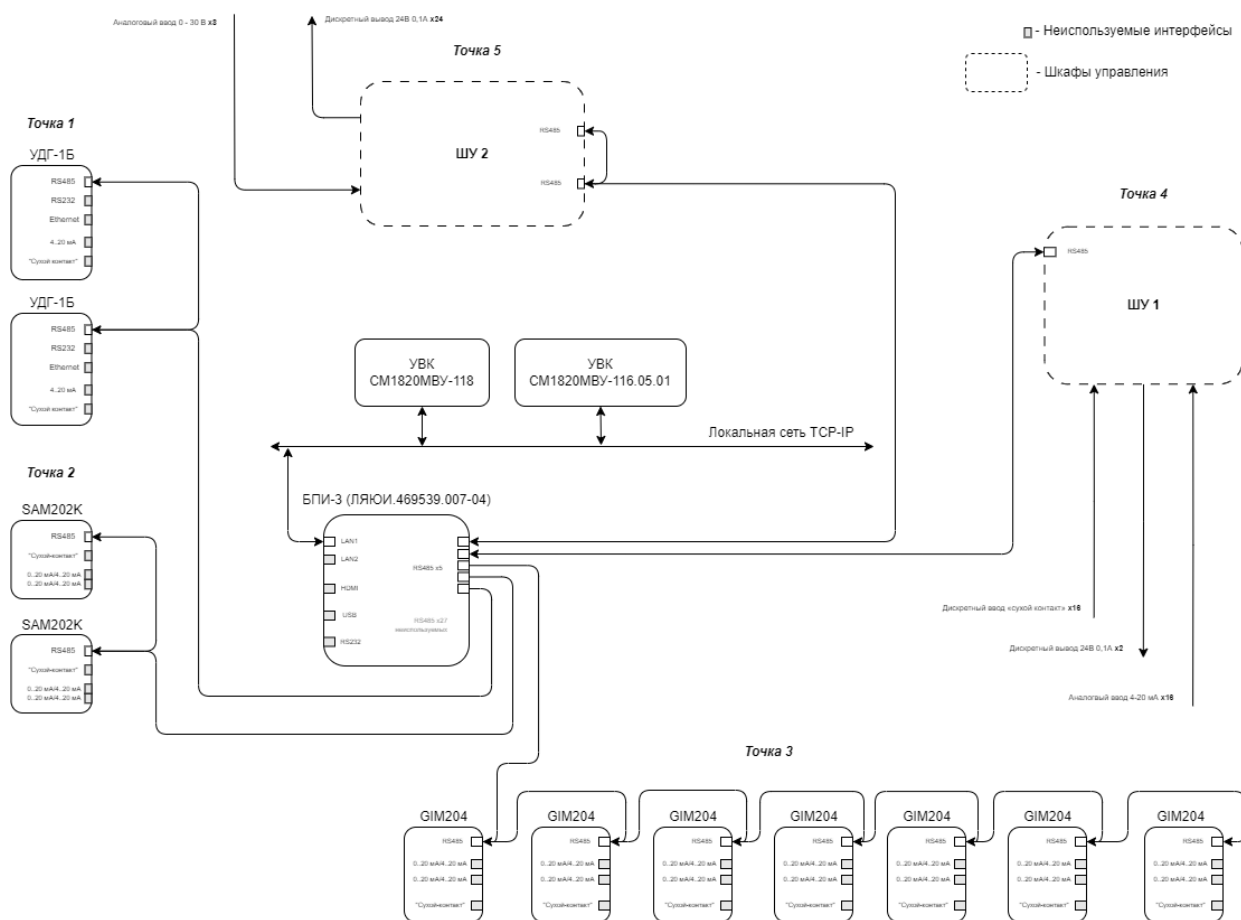


Рисунок 7 - Структурная схема

Структурная схема в увеличенном формате представлена в Приложении 1.

### 1.3. Определение требований по взаимодействию

Для удовлетворения условия о том, что точки удалены друг от друга до 800 м. было принято решение использовать интерфейс RS-485 и соединение шлейфом. Из перечисленного в техническом задании оборудовании документация для SAM202K и GIM204 не обозначает поддерживаемые протоколы связи, поэтому было принято решение предположить и использовать ModBUS-RTU.

В диспетчерской развернута локальная сеть ModBUS-TCP.



## 2 ПОДГОТОВКА ПЕРЕЧНЯ ОБОРУДОВАНИЯ

### Диспетчерская

В качестве оборудования диспетчерского пункта было выбрано оборудование производства ПАО "ИНЭУМ им. И.С. Брука".

Перечень оборудования в диспетчерской приведен в Таблице 5.

Оборудование	Кол-во
БПИ-3 (ЛЯЮИ.469539.007-04)	1
УВК СМ1820МВУ-116.05.01	1
УВК СМ1820МВУ-118	1

### УВК СМ1820МВУ-118

УВК обеспечивает сбор и обработку информации, поступающей по локальным сетям от управляющих измерительно-вычислительных комплексов нижнего уровня, выносных контрольных пунктов и других устройств, а также передачу им данных, определяемых прикладными программами систем.



Рисунок 8 - УВК СМ1820МВУ-118.

### УВК СМ1820МВУ-116.05.01

Автоматизированное двухмониторное рабочее место (АРМ) оператора предназначено для применения в составе программно-технических комплексов верхнего уровня автоматизированных систем контроля и управления. Выполняется на базе вычислительного блока с процессором Эльбрус или Intel. АРМ так же может применяется для управления оборудованием и механизмами автоматизированных информационных и информационно-измерительных систем.

Технические характеристики УВК СМ1820МВУ-116.05.01 переведены в  
Таблице 3

Таблица 3 - Технические характеристики УВК СМ1820МВУ-116.05.01

Наименование	Описание
Технические условия	ЛЯЮИ.466255.015ТУ
Код ОКПД2	26.20.15.000
Вычислительный блок	Промышленный компьютер на базе процессора Эльбрус-8С1 или Intel
Габаритные размеры не более (ДхШхВ), не более мм	1100х1400х1200
Масса не более, кг	330
Класс безопасности по НП-001-15	3Н
Степень защиты оболочки, не менее	IP40
Сейсмостойкость по НП-031-01	II
Электромагнитная совместимость по ГОСТ 32137-2013	Группа исполнения III, критерий качества функционирования А (для мониторов допускается В)
Блок мультиконтроллерный (указывается при заказе)	Функции: - Открытия/Закрытия дверей; - Температуры внутри пульта; - Наличие внешнего питания 220В/50Гц; - Поддержка протоколов SNMP.
Вентиляционная панель	2 вентилятора
Монтаж внешних линий Ethernet	через установленную патч-панель 1 шт
Монтаж оптических линий	через установленный блок оптический 1 шт
Мониторы	2 шт., - разрешение не хуже 1600х1200 (для 4:3) и 1920х1080 (для 16:9); - диагональ 19", 21" или 24" (указывается при заказе).
Питание	220В, 50 Гц. Кол-во вводов 1 или 2 (указывается при заказе)
Системный блок	1 шт. на платформе Эльбрус на платформе Intel (опционально)
Коммутатор Ethernet (кол-во портов и наличие коммутаторов указывается при заказе)	- не менее 2 (управляемые или неуправляемые указывается при заказе); - кол-во 10/100/1000 Base-TX портов не менее 2; - кол-во 100/1000 Base-FX не менее 2.
Источник бесперебойного питания (ИБП)	ИБП обеспечивающий работу без внешнего питания не менее 30 минут. Мощность ИБП одного, не менее 1500 ВА
Устройств ввода-вывода	Модификации (указывается при заказе): 1) Клавиатура и Манипулятор типа «мышь»; 2) Клавиатура с трекболом



Рисунок 9 - УВК СМ1820МВУ-116.05.01

## БПИЗ

Блок преобразования интерфейсов БПИ-3 (ЛЯЮИ.469539.007-04) является сервером последовательных портов и предназначен для упрощения подключения оборудования с интерфейсом RS-485/422 к общей локальной сети или к сети Интернет.

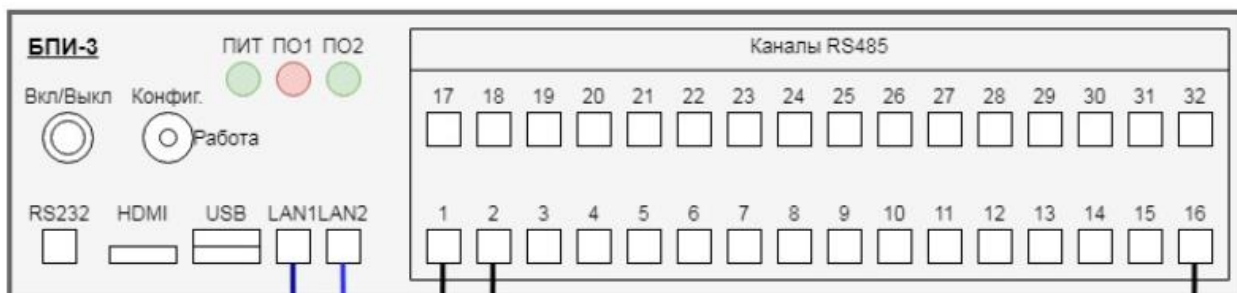


Рисунок 10 - Рисунок оборудования БПИ-3

Контакт	RS-422	RS-485
1	-	-
2	-	-
3	TX+	A (D+)
4	TX-	B (D-)
5	RX-	-
6	RX+	-
7	GND	GND
8	-	-

Рисунок 11 - Схема подключения разъемов

## Точка 4

Спецификация шкафа в Точке 4 приведена в Таблице 3.

Таблица 4 - Спецификация ШУ 1

Оборудование	Кол-во
ТЕГР.469535.002	1
БП17 (ЛЯЮИ.436234.060)	2
Модуль процессора МП17 (ЛЯЮИ.467144.080)	1
Модуль дискретного ввода МДВ17	1
Модуль кроссовый дискретного ввода МКДВ17	1
Шина соединительная в корпусе на 20 клемм	1
Шина соединительная в корпусе на 5 клемм	1
Модуль дискретного вывода МДВыв17 (ЛЯЮИ.468353.165)	1
Кроссовый модуль МКДВыв17 ЛЯЮИ.469546.105	1
БП DR-60-24	1
МАВ17 (ЛЯЮИ.468154.010)	1
Кроссовый модуль МКАВ17	2

## БП17 (ЛЯЮИ.436234.060)

Блок питания для применения в резервированном ПЛК. Входное напряжение 220В АС. Мощность - 200 Вт. Поддержка объединительных панелей с дублированным электропитанием.

## Модуль процессора МП17 (ЛЯЮИ.467144.080)

Модуль процессора на базе микропроцессора "Эльбрус-1С+". ОЗУ 8ГБ, SSD от 16 ГБ, 3xEthernet 10/100/1000, 2xRS-232, 2xRS-485, 2xUSB 2.0, 1xHDMI, Audio, cFast, mSata, 2xTTL trig, key

## Модуль дискретного ввода МДВ17

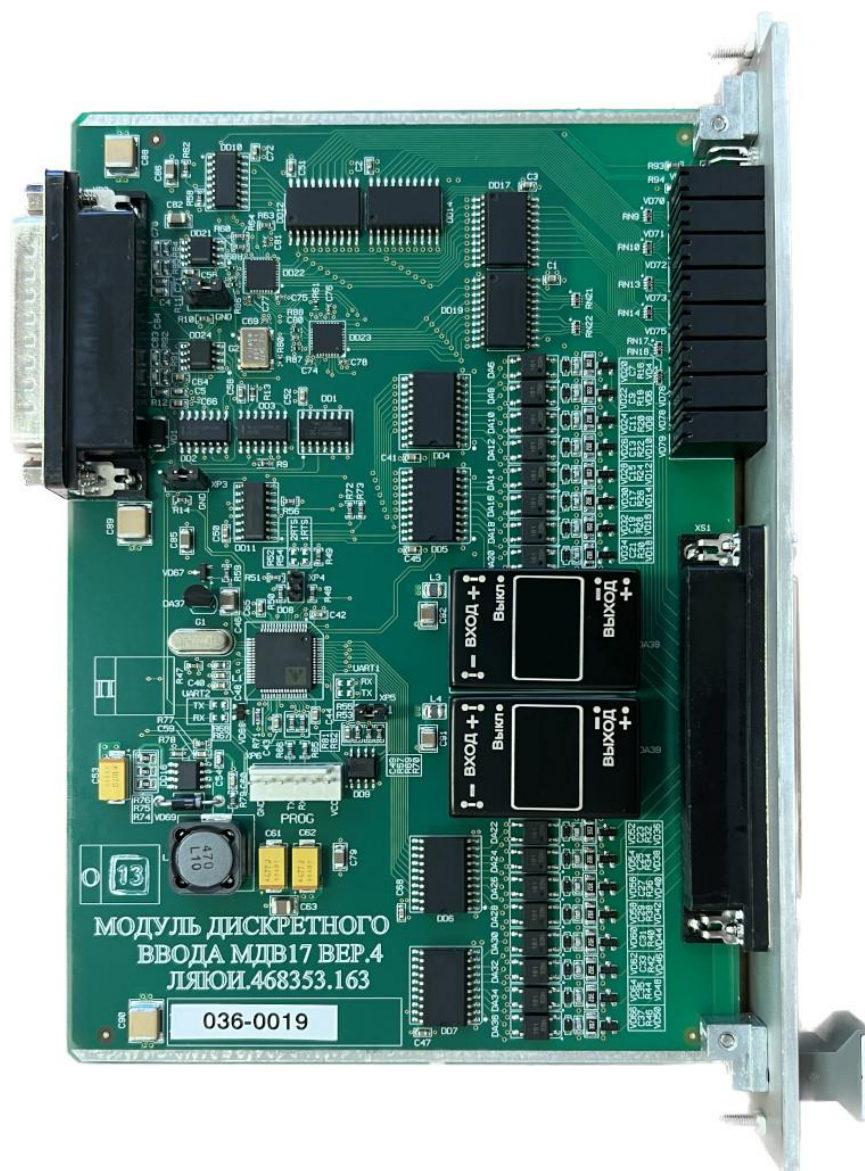


Рисунок 12 - МДВ17

Модуль дискретного ввода МДВ17 (ЛЯЮИ.468353.163) предназначен для работы в составе программируемого логического контроллера ПЛК-ЭЛЬБРУС. Модуль обеспечивает ввод дискретных сигналов типа «сухой контакт» по 32-м каналам с групповой гальванической изоляцией по 16 каналов. Часть каналов модуля может быть сконфигурирована в режим счетчиков.

Модуль выполнен на базе отечественного микроконтроллера Миландр. Настройка типов каналов, фильтра антидребезга осуществляется прикладным программным обеспечением ПЛК через системный интерфейс.

Модуль имеет в своем составе цепи самодиагностики. Данные результатов самодиагностики доступны для чтения через системный интерфейс. Настройка частоты самодиагностики выполняется программным обеспечением ПЛК через системный интерфейс.

Индикация на передней панели модуля отображает состояние каждого канала, а также результат самодиагностики.

Конструкция модуля унифицирована и состоит из печатной платы и лицевой панели. Для фиксации модуля в монтажном каркасе в лицевой панели модуля установлены невыпадающие винты.

На лицевой панели модуля расположены разъемы для подсоединения входных цепей, а также индикатор режимов работы и состояния модулей.

На задней части модуля расположен разъем для подключения к объединительной панели в каркасе.

Технические характеристики модуля представлены в Таблице 5.

*Таблица 5 - Технические характеристики модуля*

Наименование параметра	Значение
Системный интерфейс	ELPLC-BUS
Количество каналов ввода	32
Тип входных сигналов – двухуровневое напряжение постоянного тока с номинальным значением, В	24
Тип входных сигналов – «сухой контакт» с номинальным значением, Ом, не более	30
Тип входных сигналов – «сухой контакт» с номинальным значением, Ом, не более	1500 В в течение 1 минуты
Количество настраиваемых счетных входов с частотой до 1 КГц	32
Количество настраиваемых счетных входов с частотой до 10КГц	4
Наличие встроенной самодиагностики	Да
Потребляемая мощность, Вт, не более	10
Количество каналов в группе гальванической изоляции	16
Среднее время наработки на отказ, ч, не менее (расчетное значение)	274929

## **Модуль дискретного вывода МДВыв17 (ЛЯЮИ.468353.165)**

Модуль дискретного вывода МДВыв17 (ЛЯЮИ.468353.165) предназначен для работы в составе программируемого логического контроллера ПЛК-ЭЛЬБРУС и используется для коммутирования 32-х сигналов напряжения постоянного и переменного тока.



Модуль выполнен на базе отечественного микроконтроллера Миландр. Настройка осуществляется прикладным программным обеспечением ПЛК через системный интерфейс.

МДВыв удовлетворяет нормам промышленных радиопомех, установленным для оборудования класса «А» по ГОСТ 30805.22-2013.



Время включения, мс	до 1,5
Время выключения, мс	до 0,2
Напряжение гальванической изоляции между выходными каналами и корпусом, В, не менее	1500 в течение 1 мин
Потребляемая мощность, Вт, не более	7
Среднее время наработки на отказ, ч, не менее (расчетное значение)	334750 (38,2лет)
Время готовности к работе, с, не более	10
Рабочий диапазон температуры окружающей среды	-40 °С - +50 °С

### Кроссовый модуль МКДВыв17 ЛЯЮИ.469546.105

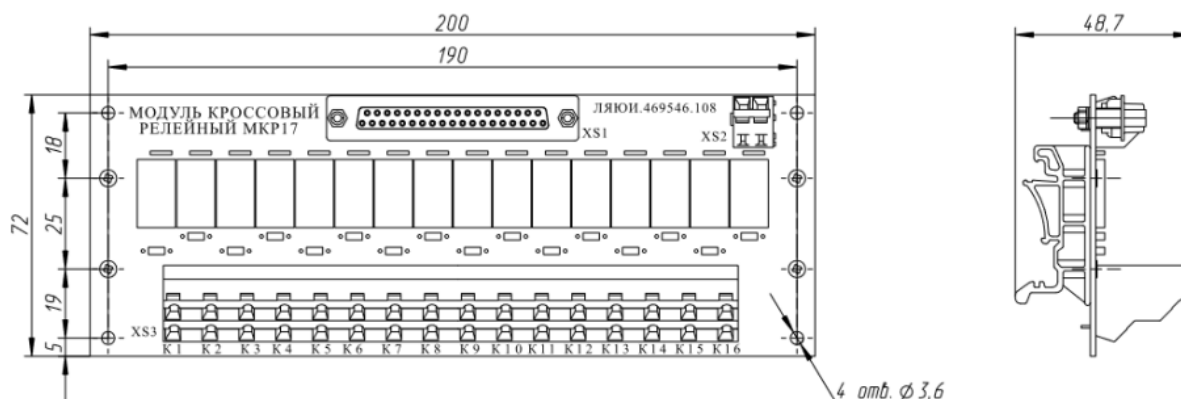


Рисунок 14 - Сборочный чертеж модуля кроссового релейного МКР17

### МAB17 (ЛЯЮИ.468154.010)

Модуль аналогового ввода МAB17 (ЛЯЮИ.468154.010) предназначен для работы в составе программируемого логического контроллера ПЛК-ЭЛЬБРУС. Модуль имеет 16 каналов ввода сигналов типа напряжение в диапазоне 0-5/0-10В или ток в диапазоне 0-20мА. Типы каналов выбираются программно, группами по 4 канала.

Модуль выполнен на базе отечественных микроконтроллеров Миландр. Настройка типов каналов, диапазонов измерений, а также частоты преобразования осуществляется прикладным программным обеспечением ПЛК через системный интерфейс.

Конструкция модуля унифицирована и состоит из печатной платы и лицевой панели. Для фиксации модуля в монтажном каркасе в лицевой панели модуля установлены невыпадающие винты.

На лицевой панели модуля расположены разъемы для подсоединения входных цепей, а также индикатор режимов работы и состояния модулей.



На задней части модуля расположен разъем для подключения к объединительной панели в каресе.

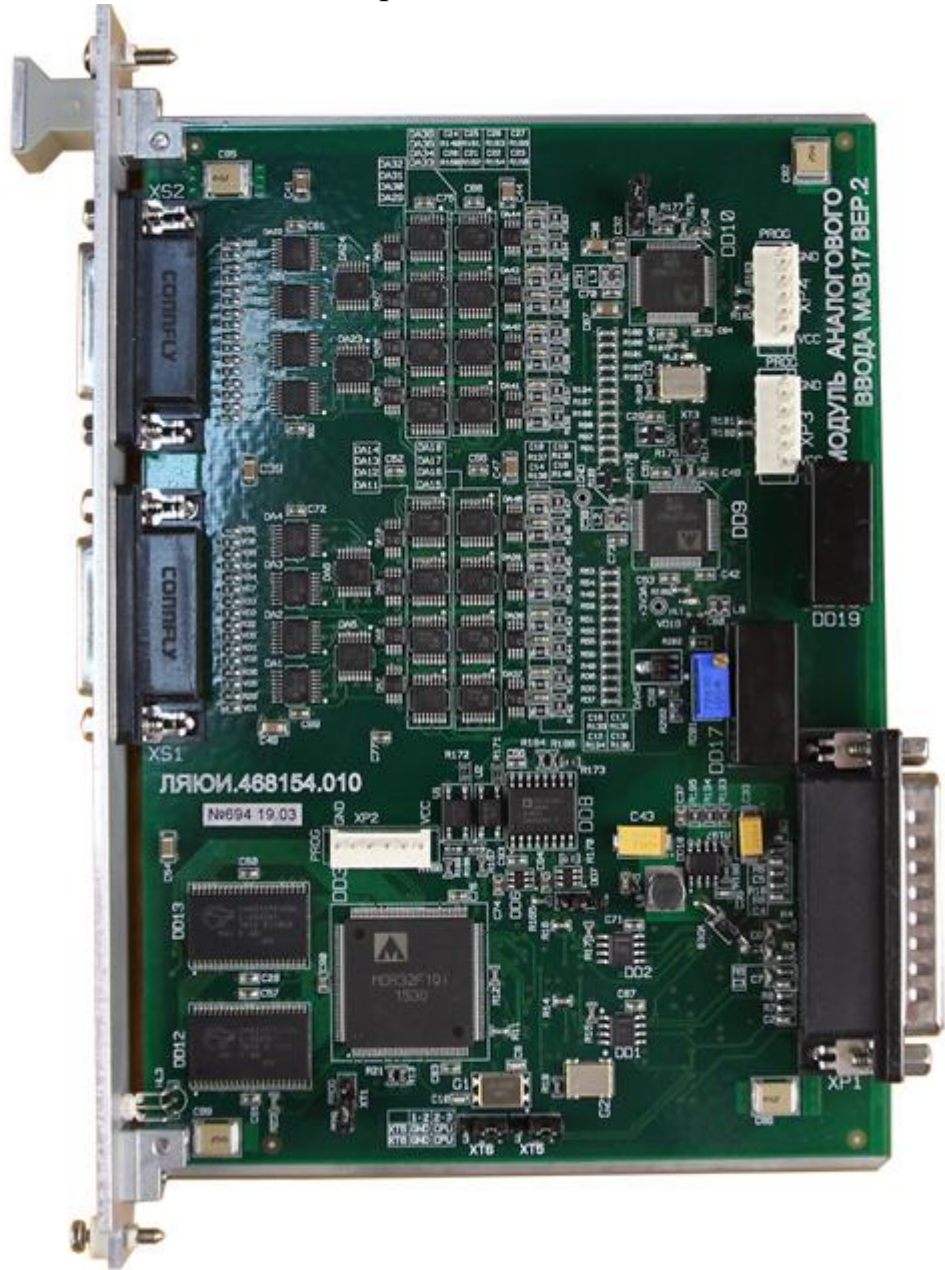


Рисунок 15 - Модуль аналогового ввода MAB17 (ЛЯЮИ.468154.010)

Наименование параметра	Значение
Системный интерфейс	ELPLC-BUS
Диапазон измерения напряжения постоянного тока, В	от 0 до 5 от 0 до 10
Диапазон измерения постоянного тока, мА от 0 до 20	от 0 до 20
Входное сопротивление в режиме измерения напряжения постоянного тока, Мом, не менее	1

Входное сопротивление в режиме измерения постоянного тока, Ом, не менее	200
Разрядность АЦП	12 бит
Частота дискретизации	Режим опроса по одному каналу не более: 8 КГц Режим опроса по всем каналам не более: 1 КГц
Основная приведённая погрешность преобразования, %, не более	$\pm 0,1$
Дополнительная температурная приведённая погрешность преобразования при изменении температуры на 10 0С, %, не более	$\pm 0,05$
Напряжение групповой гальванической изоляции между входными каналами и корпусом, В, не менее	1500 В в течение 1 минуты
Потребляемая мощность, Вт, не более	7
Количество каналов	16
Среднее время наработки на отказ, ч, не менее (расчетное значение)	125502

## Кроссовый модуль МКAB17

Для применения с одним модулем МАВ17 требуется один кроссовый модуль МКAB17-16А.

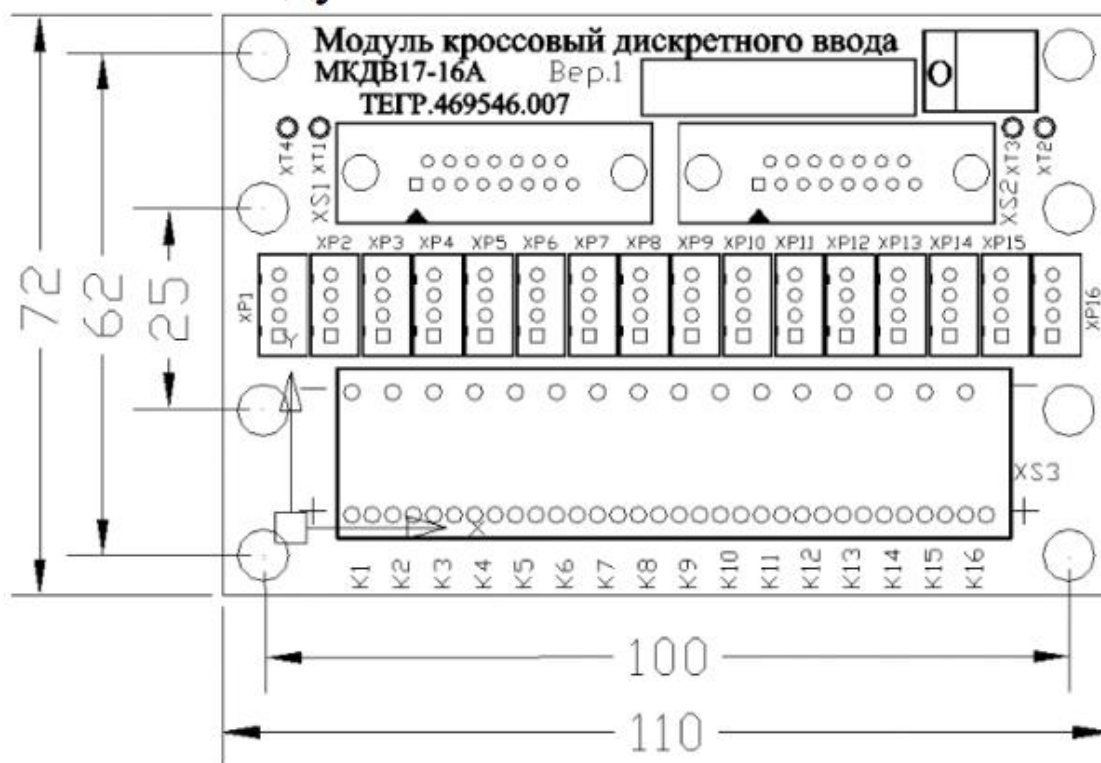


Рисунок 16 - Сборочный чертеж модуля кроссового аналогового ввода МКAB17-16А

## ТЕГР.469535.002

Объединительная панель (ОП) (ЛЯЮИ.469555.084) устанавливается в монтажный каркас и реализует системный интерфейс ПЛК, обеспечивает модули резервированным питанием.

Объединительная панель имеет два установочных места для источников питания, два места для процессорных модулей и 10 мест для установки модулей ввода-вывода.

Объединительная панель является активной. Участвует в управлении шиной, а также обеспечивает мониторинг электропитания ПЛК, предоставляя информацию процессорным модулям через цифровой интерфейс. Эта информация доступна на уровне операционной системы Linux через интерфейс подсистемы sysfs, а также доступна в виде IEC переменных при программировании ПЛК с помощью средств разработки на языках стандарта IEC61131-3.

Объединительная панель также может участвовать в синхронизации работы модулей УСО и процессорных модулей. Соответствующие линии ELPLC-BUS позволяют задавать периодические импульсы со стороны ОП. Эти сигналы могут быть приняты процессорным модулем и модулями УСО.

Объединительная панель выпускается в нескольких модификациях:

1. ЛЯЮИ.469555.084 — ОП (2 слота источников питания, 2 слота процессорных модулей, 10 слотов модулей УСО).
2. ТЕГР.469535.001 — ОП-8-1-2 (2 слота источников питания, 1 слот процессорного модуля, 8 слотов модулей УСО).
3. ТЕГР.469535.002 — ОП-5-1-2 (2 слота источников питания, 1 слот процессорного модуля, 5 слотов модулей УСО).

Для нашей распределенной АСУ ТП необходим 3 Вариант.



Рисунок 17 - Объединительная панель ОП-5-1-2 (ТЕГР.469535.002)

## Точка 5

Спецификация шкафа в Точке 5 приведена в Таблице 4.

*Таблица 6 - Спецификация ШУ2*

Оборудование	Кол-во
НПСИ-ДНТН	8
DR-240-24	1
Шина соединительная в корпусе на 25 клемм	1
МДВыв-С-48	1
КМАВ-С	1

НПСИ- ДНТН номинирующий контрольный преобразователь действующих напряжений и тока является единственным оборудованием в составе распределенной АСУ ТП не производства ПАО "ИНЭУМ им. И.С. Брука". Этот элемент служит для преобразования напряжения входных

аналоговых сигналов с 0-30 В до 0-3 В. Это необходимо по причине того, что устройство КМАВ-С не поддерживает такое высокое входное напряжение. Также тут стоит учесть, что в устройстве МДВыв-С-48 в каждой из шести групп выходных каналов используется по четыре из восьми канала для выполнения условия по силе тока выходных сигналов.

Схема Э4 ШУ 2 представлена в увеличенном формате в Приложении 4.

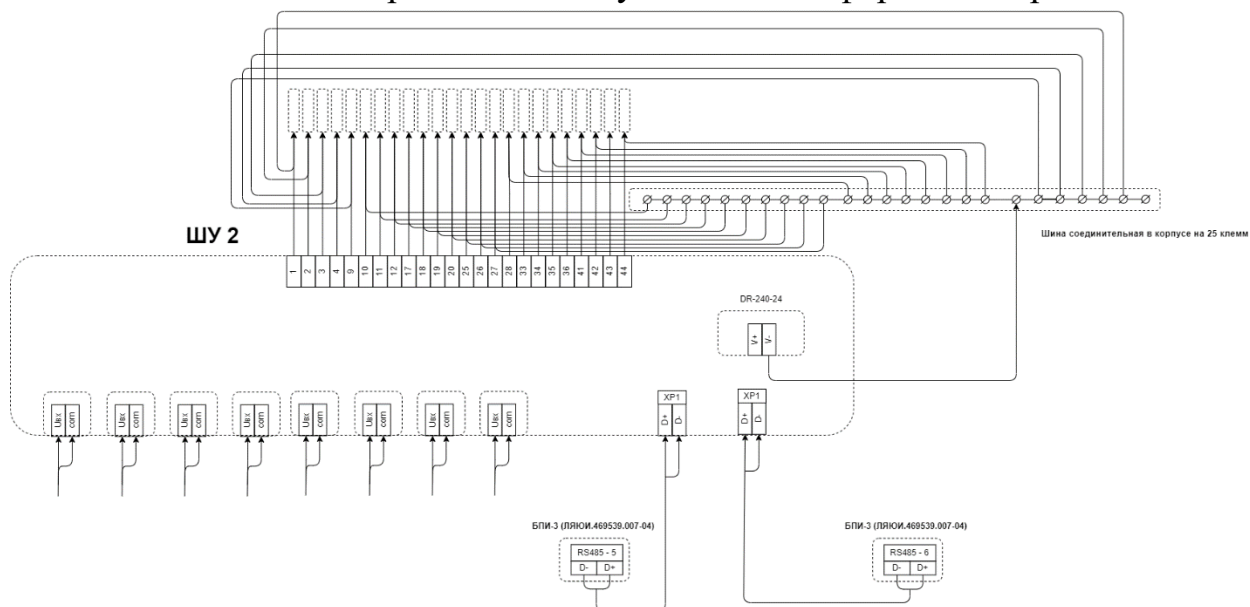


Рисунок 21 - ШУ 2. Схема Э5

Схема Э5 ШУ 2 представлена в увеличенном формате в Приложении 5.

## 4 РАЗРАБОТКА ПОТОКОВ ДАННЫХ

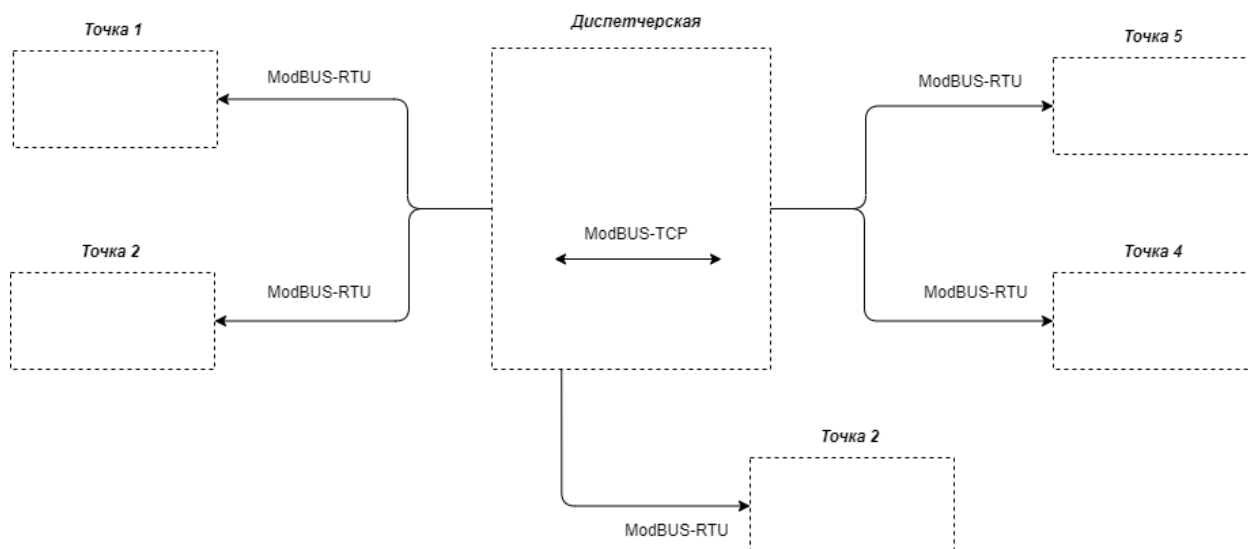


Рисунок 22 - Диаграмма потоков данных

Диаграмма потоков данных, представленная на изображении, описывает систему обмена данными между несколькими точками (устройствами) через диспетчерскую (центральный узел) с использованием протоколов ModBUS-RTU и ModBUS-TCP.

Описание компонентов и связей:

1. Диспетчерская (центральный узел):

- Это центральный элемент, через который происходит обмен данными с другими точками.
- Использует протокол ModBUS-TCP для связи с точками.

2. Точка 1:

- Связана с диспетчерской через протокол ModBUS-RTU.
- Поток данных идет от точки 1 к диспетчерской.

3. Точка 2:

- Связана с диспетчерской через протокол ModBUS-RTU.

4. Точка 4:

- Связана с диспетчерской через протокол ModBUS-RTU.
- Поток данных идет от диспетчерской к точке 4.

5. Точка 5:

- Связана с диспетчерской через протокол ModBUS-RTU.
- Поток данных идет от диспетчерской к точке 5.



Диаграмма показывает, что центральный узел (диспетчерская) осуществляет управление и обмен данными с различными точками в системе через два типа протоколов: ModBUS-TCP и ModBUS-RTU, обеспечивая таким образом централизованное управление и мониторинг всех подключенных устройств.

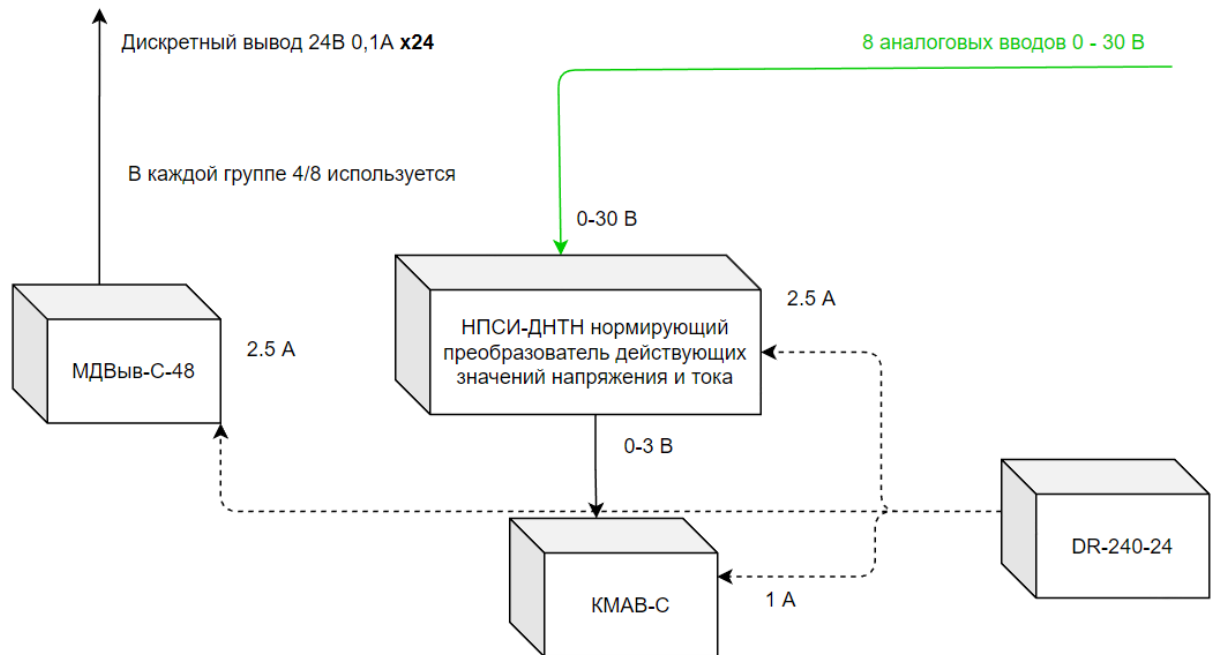


Рисунок 23 – ШУ 2

На Рисунке 23 изображена система, состоящая из нескольких компонентов, соединенных для обмена данными и управления электрическими сигналами.

1. МДВыв-С-48:

- Имеет 24 дискретных вывода с напряжением 24В и током 0,1А.
- В каждой группе используется 4/8 каналов.
- Соединен с "НПСИ-ДНТН нормирующий преобразователь действующих значений напряжения и тока" кабелем с током 2.5А.

2. НПСИ-ДНТН нормирующий преобразователь действующих значений напряжения и тока:

- Получает входное напряжение 0-30 В от аналоговых вводов.
- Выдает напряжение 0-3 В на "КМАВ-С".
- Соединен с "МДВыв-С-48" и "DR-240-24" кабелями с током 2.5А.

3. КМАВ-С:



- Получает входное напряжение 0-3 В от "НПСИ-ДНТН нормирующий преобразователь действующих значений напряжения и тока".
- Соединен с "DR-240-24" кабелем с током 1А.

#### 4. DR-240-24:

- Обеспечивает питание для "НПСИ-ДНТН нормирующий преобразователь действующих значений напряжения и тока" и "КМАВ-С".
- Подключен к "НПСИ-ДНТН нормирующий преобразователь действующих значений напряжения и тока" и "КМАВ-С".

## 5 ВЫБОР ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ПО

### БПИ-3

Основные функции:

- Сервер последовательных портов
- Подключение оборудования с интерфейсом RS-485/422 к локальной сети или Интернету

БПИ-3 работает под управлением ОПО «Эльбрус» ТВГИ.00311-28 и поддерживает

систему программирования на технологических языках стандарта IEC-61131-3 средствами ЛЯЮИ.00652-01 «Среда исполнения программных алгоритмов Beremiz» (в дальнейшем – САПР Beremiz), что позволяет использовать его в качестве преобразователя протоколов и вычислительного ядра системы с большим набором источников данных на интерфейсе RS-485.

Beremiz — это интегрированная среда разработки для ПЛК с открытым исходным кодом, которая полностью соответствует стандарту МЭК-61131-3. Основные компоненты Beremiz:

- редактор PLCOpen для текстовых (IL и ST) и графических языков (FBD, LD, SFC) стандарта IEC 61131-3;
- компилятор MatIEC, преобразующий логику и алгоритмы программных модулей в эквивалентный С-код;
- механизм плагинов, позволяющий связывать внешние источники данных с логикой и алгоритмами программных модулей;
- средства отладки прикладной программы в режиме исполнения;
- элементы для создания человеко-машинного интерфейса управления прикладной программой.

Операционная система: ОС Эльбрус (Linux). Высокая надежность, безопасность и гибкость конфигурации. Широкое сообщество разработчиков и наличие большого количества специализированных дистрибутивов для промышленных систем. Поддержка разнообразного аппаратного обеспечения, включая процессоры Эльбрус и Intel. Возможность тонкой настройки и автоматизации задач. Высокий уровень безопасности, необходимый для систем АСУ ТП.

## **УВК CM1820MBU-118.20**

### **ПО для сбора данных и алгоритмической обработки**

В линейку серверов CM1820MBU входят серверы баз данных и SCADA-систем, а также измерительные комплексы обработки информации. УВК выполнен на базе отечественного микропроцессора Эльбрус-8С и работает под управлением ОСРВ «Эльбрус». Материнская плата вычислительного блока разработана и произведена в ПАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука». УВК выполняет следующие основные функции:

- обеспечивает сбор и обработку информации, поступающей по локальным сетям от комплексов нижнего уровня, выносных контрольных пунктов и других устройств, а также передачу им данных, определяемых прикладными программами систем;
- обеспечивает хранение принятой информации на устройствах долговременного хранения;
- обеспечивает прием и передачу информации по трем независимым физическим типам линий связи: стандарта Fast Ethernet спецификации 100BASE-TX (витая пара), спецификации 100BASE-FX (оптоволокно), стандарта интерфейса RS-485;
- обеспечивает работу под управлением операционной системы ОС «Эльбрус» (Linux).
- обеспечивает взаимодействие с эксплуатирующим персоналом с помощью устройство ввода (клавиатура, тачпад) и вывода (монитор).

### **Основные требования к визуализации:**

- Реальное время: Отображение данных должно происходить без задержек.
- Интерактивность: Возможность взаимодействия с данными, изменения масштабов, фильтрации и детализации.
- Интеграция: Совместимость с различными источниками данных, особенно с БПИ-3.

- Надежность и безопасность: Высокий уровень отказоустойчивости и защиты данных.
- Масштабируемость: Возможность расширения системы и добавления новых компонентов.

Программирование логики объекта на языках стандарта МЭК61131-3: САРВ Beremiz.

Решение по визуализации и сбору данных: SCADA-Elbrus.

**Обоснование:**

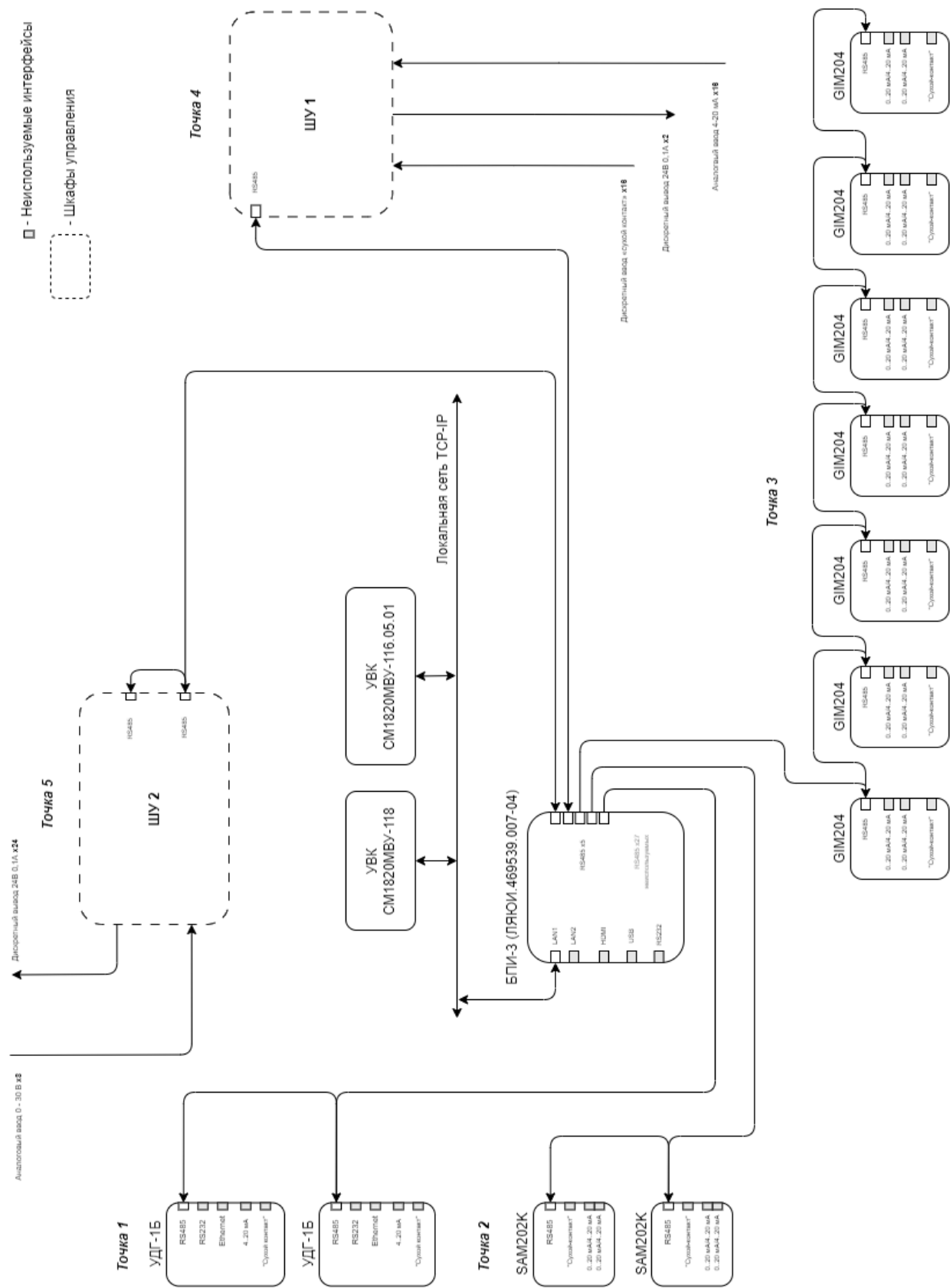
- Интерактивность: Поддерживает интерактивные панели, фильтрацию и детализацию данных.
- Надежность и безопасность: Широко используется в промышленных системах, имеет развитые механизмы аутентификации и авторизации.
- Масштабируемость: Легко масштабируется и поддерживает распределенные системы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1]. Комплексы СМ1820 ПАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sm1820.ru> (дата обращения 10.06.2024)
- [2]. МЦСТ ЭЛЬБРУС. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mcst.ru> (дата обращения 11.06.2024)
- [3]. НПСИ-ДНТН нормирующий преобразователь действующих значений напряжения и тока [Электронный ресурс] . URL: <https://www.contravt.ru/products/normiruyushchie-preobrazovateli/npsi-dntn-normiruyuschiy-preobrazovatel-deystvuyuschih-znacheniy-napryazheniya-i-toka/> (дата обращения 11.06.2024)
- [4]. Методические указания по выполнению КР (дата обращения 11.06.2024)
- [5]. Презентация «Архитектура распределенных аппаратно-программных комплексов» (дата обращения 11.06.2024)

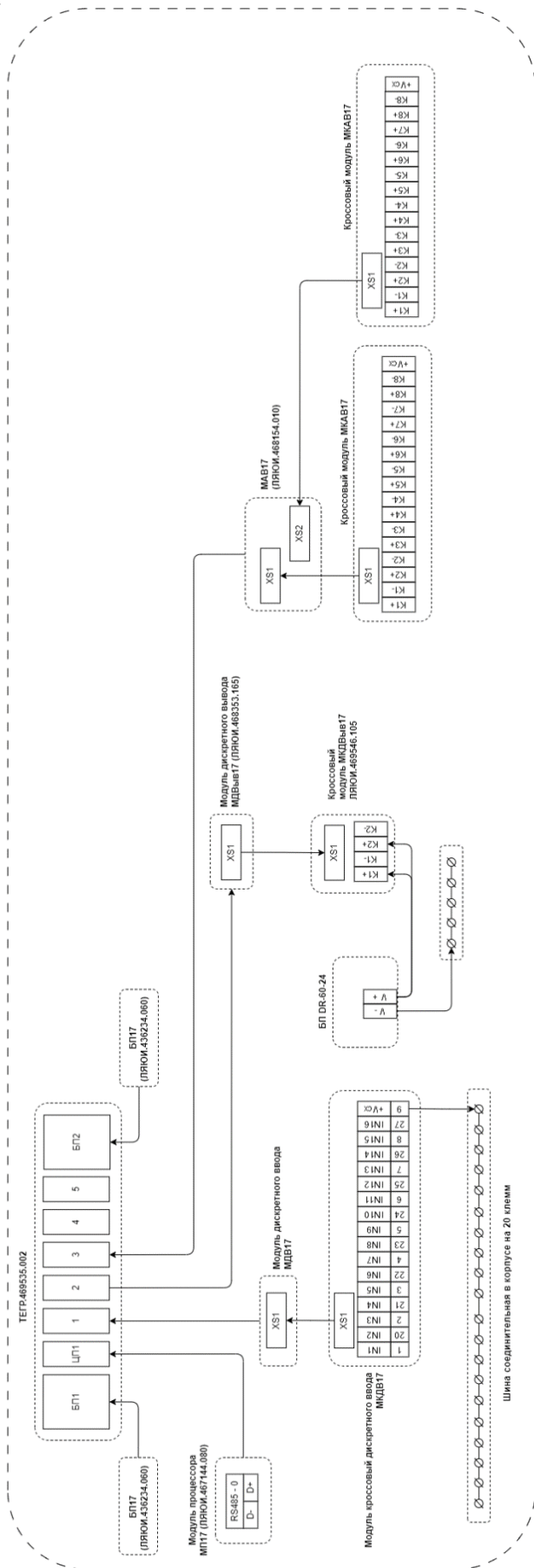
ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1 – Структурная схема



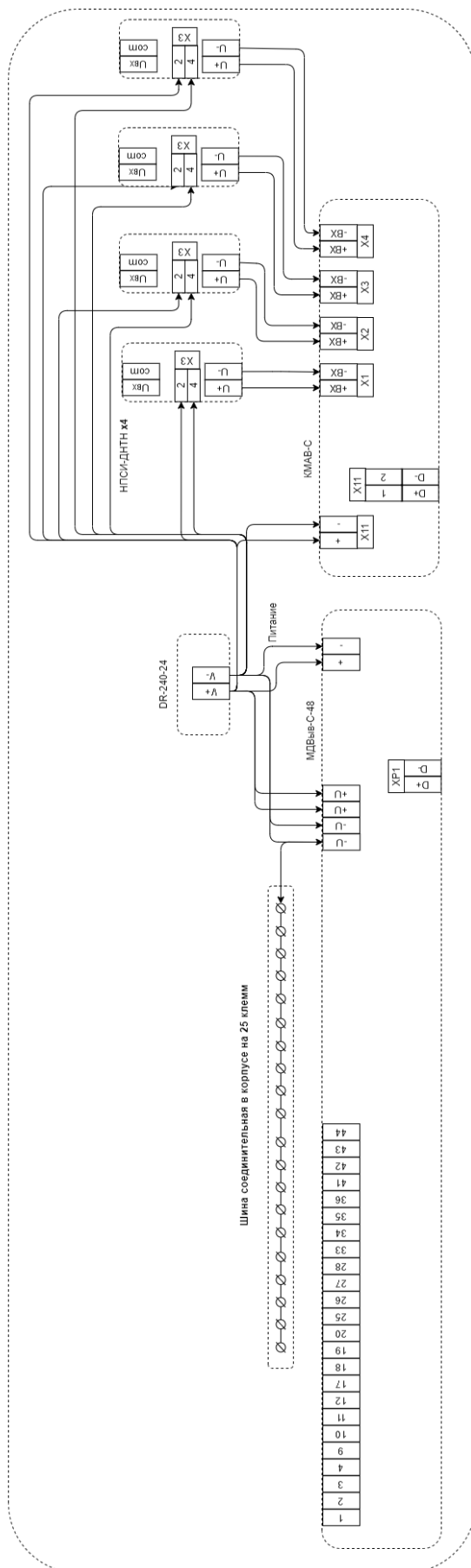
Приложение 2 – Схема Э4 ШУ 1

ШУ 1





**ШУ 2**





## Приложение 5 – Схема Э5 ШУ 2

