

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачёва»

Кафедра электропривода и автоматизации

Составитель
Н. М. Шаулева

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

Лабораторный практикум

Рекомендовано учебно-методической
комиссией специализации 21.05.04.10 «Электрификация
и автоматизация горного производства» в качестве электронного издания
для использования в учебном процессе

Кемерово 2017

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Г. Д. Буялич – председатель учебно-методической комиссии направления подготовки 21.05.04 «Горное дело», профиль «Электрификация и автоматизация горного производства»

А. Г. Захарова – профессор кафедры электропривода и автоматизации

Шаулева Надежда Михайловна

Исполнительные устройства систем автоматики [Электронный ресурс]: лабораторный практикум для студентов направления подготовки 21.05.04 «Горное дело», профиль «Электрификация и автоматизация горного производства», очной формы обучения / сост. Н. М. Шаулева; КузГТУ. – Электрон. дан. – Кемерово, 2017. – систем. требования: Процессор Intel или AMD 500 МГц, ОЗУ 128 Мб; мышь. – Загл. с экрана.

Составлено в соответствии с программой дисциплины «Исполнительные устройства систем автоматики» и предназначено для самостоятельной подготовки студентов к выполнению, оформлению отчётов и защите лабораторных работ по изучению современных технических средств автоматики. Представлены по каждой лабораторной работе назначение, устройство, принцип действия, программирование (при необходимости) датчиков, преобразовательных, управляющих и исполнительных элементов автоматики.

© КузГТУ, 2017

© Шаулева Н. М.,
составление, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1. Микропроцессорные устройства контроля давления, уровня и положения объектов	3
Лабораторная работа № 2. Магнитные усилители	36
Лабораторная работа № 3 Релейные преобразовательные устройства	49
Лабораторная работа № 4. Устройство УКС	56
Лабораторная работа № 5. Устройство автоматической защиты от пожара	69
Лабораторная работа № 6. Микропроцессорное реле времени УТ24	80
Лабораторная работа №7. Регулятор-сигнализатор ЭРСУ-3.102	
Лабораторная работа № 8. Универсальный программый ПИД-регулятор ТРМ 151-03	111
Лабораторная работа № 9. Микропроцессорный измеритель-регулятор ТРМ138	166
Лабораторная работа № 10. Исполнительные устройства	197
Лабораторная работа № 11.Контроллер ПЛК 150	210

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ ДАВЛЕНИЯ, УРОВНЯ И ПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить устройство и принцип действия элементов одноканальных систем автоматического контроля технологических параметров давления, уровня и положения и управления движением объекта.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Ознакомиться с устройством, техническими характеристиками, принципом действия, расположением и соединением элементов на стенде «Система контроля давления (СКД)». Провести испытания системы на стенде.

2.2. Ознакомиться с устройством, техническими характеристиками, принципом действия, расположением и соединением элементов на стенде «Система контроля уровня жидких и сыпучих материалов (СКУЖСМ)». Провести испытания системы на стенде.

2.3. Ознакомиться с устройством, техническими характеристиками, принципом действия, расположением и соединением элементов на стенде «Системы контроля положения и управления движением гаражных ворот (СКПУД)». Провести программирование управляющего устройства и испытания системы на стенде.

3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

3.1. Датчики давления ПД100, уровня типа ДУ4 и ВБ1, положения типа ВБ2: назначение, устройство, основные технические характеристики.

3.2. Устройства управления, обработки и отображения информации ИТП-10, САУ-М7Е, ПР110: назначение, устройство, технические характеристики, функциональные схемы, схемы подключения.

3.3. Программирование ПР110 на выполнение задачи автоматического управления движением гаражных ворот: алгоритм и система управления гаражными воротами.

3.4. Лабораторные стенды систем СКД, СКУЖСМ, СКПУД: лицевые панели и схемы соединений элементов на стендах.

3.5. Результаты стендовых испытаний систем СКД, СКУЖСМ, СКПУД: статическая характеристика датчика ПД100, контролируемые уровни жидких и сыпучих материалов, результаты управления движением гаражных ворот.

4. ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ

4.1. Датчики

4.1.1. Датчик давления ПД100

Основные функции датчика давления

1. Измерение избыточного давления нейтральных к титану и нержавеющей стали сред (воздух, пар, различные жидкости);
2. Преобразование избыточного давления в унифицированный сигнал постоянного тока 4...20 мА;
3. Верхний предел измеряемого давления – ряд значений от 25 кПа до 10 МПа;
4. Перегрузочная способность 200 % от ВПИ;
5. Класс точности 0,5 или 1,0;
6. Высокая перегрузочная способность по давлению;
7. Хорошие показатели временной стабильности выходного сигнала;
8. Высокая степень защиты корпуса датчика давления – IP65;
9. Повышенная устойчивость к воздействию электромагнитных помех.

Таблица 1

Технические характеристики

Выходной сигнал постоянного тока	4...20 мА
Предел допустимой основной погрешности измерения	
ПД100-ДИ М-0,5	±0,5 %
ПД100-ДИ М-1,0	±1,0 %
Диапазон рабочих температур контролируемой среды	–40...110 °С
Напряжение питания	12...36 В постоянного тока
Сопротивление нагрузки	0...1,0 кОм (в зависимости от напряжения питания)
Потребляемая мощность	не более 0,75 ВА
Устойчивость к механическим воздействиям	группа исполнения V3 по ГОСТ 12997-84
Степень защиты корпуса датчиков давления	IP65
Устойчивость к климатическим воздействиям	УХЛ3.1**
Диапазон рабочих температур окружающего воздуха	–40...80 °С
Атмосферное давление	66...106,7 кПа
Среднее время наработки на отказ	не менее 100000 ч
Средний срок службы	12 лет

Конструктивное исполнение



Рис. 1. Устройство ПД100

Схема подключения

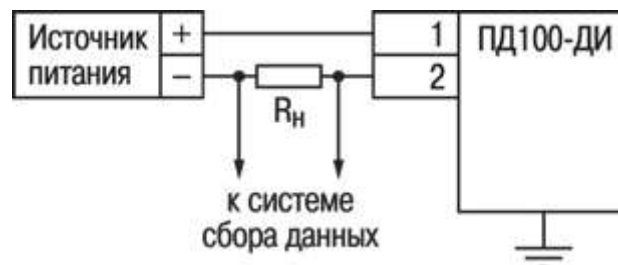


Рис. 2. Схема подключения ПД100

4.1.2. Электродный датчик уровня ДУ4

Четырехэлектродный датчик контролирует три уровня жидкости в резервуарах со стенками, выполненными из изоляционного материала.

Устройство и размеры датчика



Рис.

Таблица 2

Модель	Количество электродов	H, мм	Длина электрода L, м
ДУ.4	4	45	0,5; 1; 1,95

4.1.3 Датчик уровня емкостный ВБ1

Датчик может быть использован в системах:

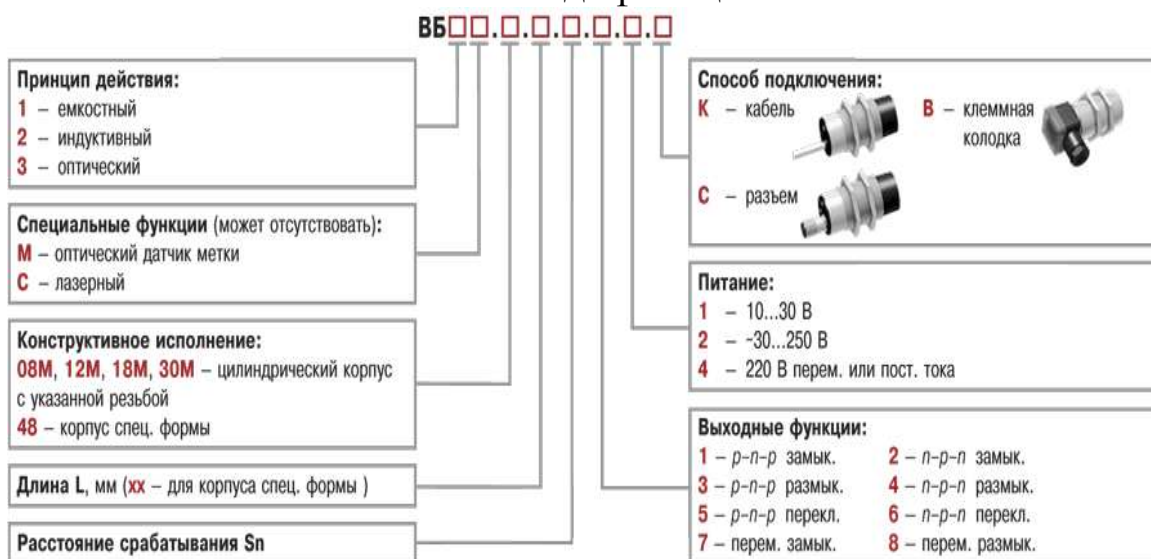
- контроля уровня наполнения резервуаров, емкостей, контейнеров сыпучими и жидкими материалами;
- контроля уровня содержимого в упаковке, в таре;
- сигнализации разрыва лент;
- счета и позиционирования объектов любого рода.

Таблица 3

Параметры датчика ВБ1

Марка	Диаметр резьбы, мм	Длина L, мм	Расстояние срабатывания Sn, мм	Принцип срабатывания датчика
ВБ1.30М.65.20.х.х.К	30М	65	20	Воздействие электропроводящего объекта или диэлектрика

Модификация



Устройство и принцип действия ёмкостного датчика



Рис. 4

Функции элементов датчика ВБ1:

- Генератор обеспечивает электрическое поле взаимодействия с объектом;
- Демодулятор преобразует изменение амплитуды высокочастотных колебаний генератора в изменение постоянного напряжения;
- Триггер обеспечивает необходимую крутизну фронта сигнала переключения и значение гистерезиса.
- Усилитель увеличивает выходной сигнал до необходимого значения;
- Светодиодный индикатор показывает состояние выключателя;
- Компаунд обеспечивает необходимую степень защиты от проникновения твердых частиц и воды;
- Корпус обеспечивает монтаж выключателя, защищает от механических воздействий. Выполняется из латуни или полиамида, комплектуется метизными изделиями.

Активная поверхность емкостного бесконтактного датчика образована двумя металлическими электродами, которые можно представить как обкладки «развернутого» конденсатора. Электроды включены в цепь обратной связи высокочастотного автогенератора, настроенного таким образом, что при отсутствии объекта вблизи активной поверхности он не генерирует. При приближении к активной поверхности емкостного бесконтактного датчика объект попадает в электрическое поле и изменяет емкость обратной связи. Генератор начинает вырабатывать колебания, амплитуда которых возрастает по мере приближения объекта.

Амплитуда оценивается последующей схемой обработки, формирующей выходной сигнал. Емкостные бесконтактные датчики срабатывают как от электропроводящих объектов, так и от диэлектриков. При воздействии объектов из электропроводящих материалов расстояние срабатывания максимально, а при воздействии объектов из диэлектрических материалов расстояние срабатывания зависит от величины диэлектрической проницаемости материала.

4.1.4. Датчик положения индуктивный ВБ2

Индуктивные бесконтактные датчики наиболее эффективно использовать в качестве конечных выключателей в автоматических

линиях, станках и т. п., так как они срабатывают только на металлы и не чувствительны к остальным материалам. Это увеличивает их защищенность от помех; например, введение в зону чувствительности выключателя рук оператора, эмульсии, воды, смазки и т. д. не приведет к ложному срабатыванию.

Таблица 4

Параметры датчика ВБ2

Марка.	Диаметр резьбы, мм	Длина L, мм		Расстояние срабатывания Sn, мм	Принцип срабатывания датчика
		питание 10...30 В	питание ~30...250В		
ВБ2.30М.х.х.х.х.х	30М	53*; 68	65*; 75; 80	10*; 15	Воздействие металлического, т. е. электропроводящего объекта (например, зубьев шестерен или металлической пластины, прикрепленной к детали оборудования).

Модификация индуктивных датчиков аналогична модификации ёмкостных датчиков.

Устройство и принцип действия индуктивного датчика

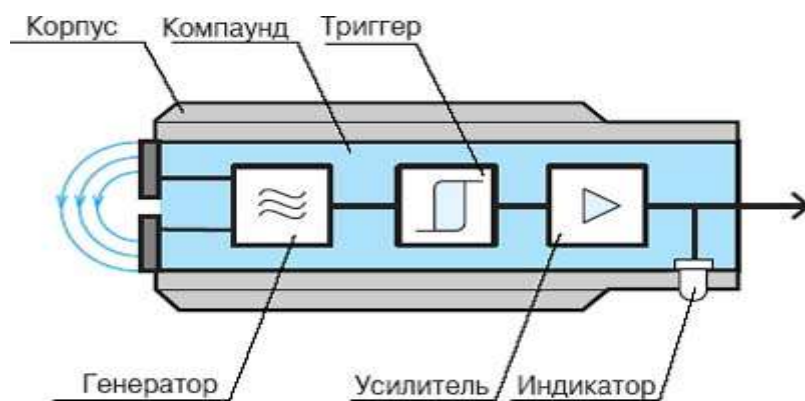


Рис. 5

Функции элементов датчика ВБ2:

- Генератор создает электромагнитное поле взаимодействия с объектом;

- Триггер обеспечивает гистерезис при переключении и необходимую длительность фронтов сигнала управления.
- Усилитель увеличивает амплитуду сигнала до необходимого значения;
- Светодиодный индикатор показывает состояние выключателя;
- Компаунд обеспечивает необходимую степень защиты от проникновения твёрдых частиц и воды;
- Корпус обеспечивает монтаж выключателя, защищает от механических воздействий. Выполняется из латуни или полиамида, комплектуется метизными изделиями.

4.2. Устройства управления, обработки и отображения информации

4.2.1. Преобразователь аналоговых сигналов измерительный ИТП-10

Назначение

Преобразователь аналоговых сигналов измерительный универсальный ИТП-10 предназначен для измерения и индикации физической величины (в частности давления), преобразованной в унифицированный сигнал постоянного тока 4...20 мА.

В составе с преобразователем давления ОВЕН ПД100 индикатор предоставляет возможность корректировки «нуля» преобразователя.

Условия эксплуатации

Параметры среды функционирования ИТП-10:

- Закрытые взрывобезопасные помещения без агрессивных паров и газов;
- Температура окружающего воздуха от минус 40 до +80 °С;
- Верхний предел относительной влажности воздуха – не более 80 % при +35 °С и более низких температурах без конденсации влаги;
- Атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа.

Технические характеристики

Наименование	Значение
Интерфейс	Двухпроводная токовая петля 4...20 мА (падение напряжения не более 6 В)
Диапазон преобразования входного сигнала, мА	от 3,7 до 22
Диапазон входного сигнала, обеспечивающий нормальное функционирование изделия, мА	от 3,2 до 25
Пределы основной приведенной погрешности, %	+0,2
Время установления показаний (после подачи питания), с, не более	10
Время установления рабочего режима (после подачи питания), мин, не более	15
Степень защиты корпуса	IP65

Схема подключения

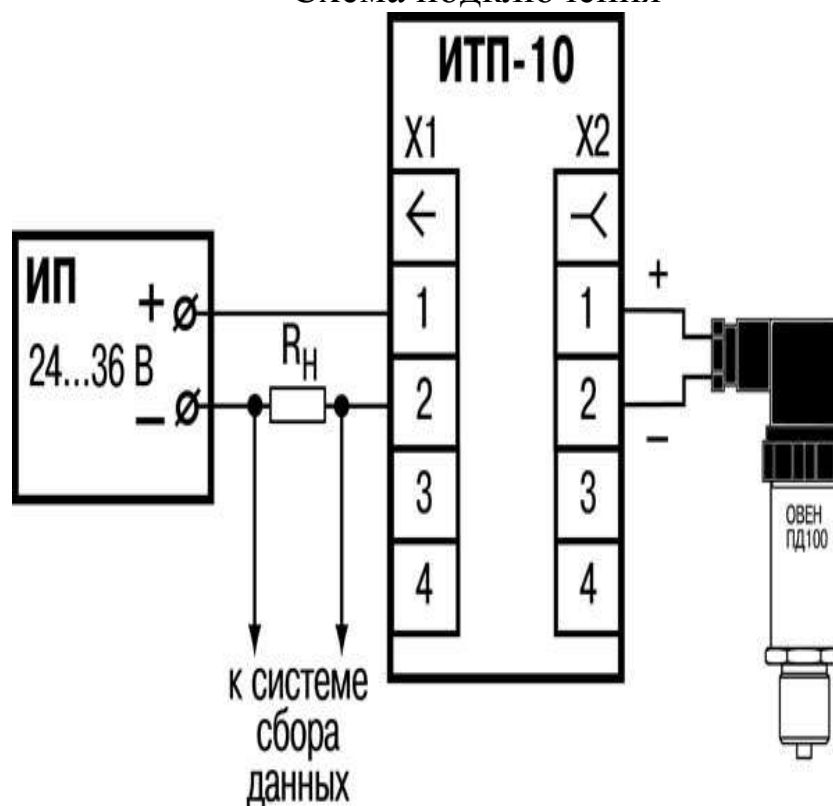


Рис. 6

Функциональная схема ИТП-10

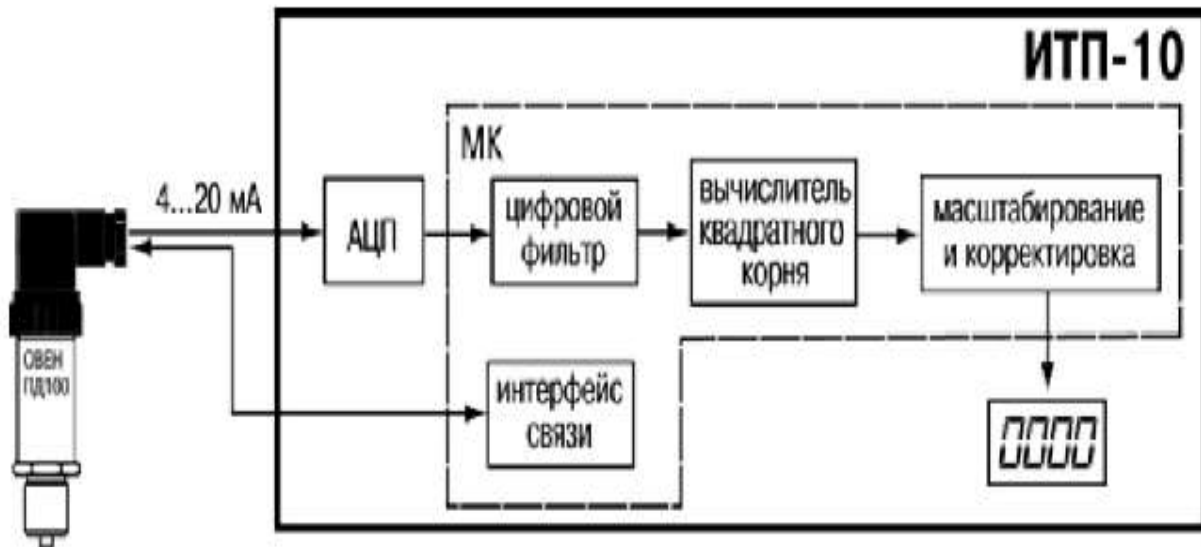


Рис. 7

Прибор содержит аналого-цифровой преобразователь (АЦП) для оцифровки измеренного сигнала в токовой петле. Оцифрованный сигнал поступает в микроконтроллер (МК), где осуществляется цифровая фильтрация сигнала, а также коррекция, масштабирование и вычисление квадратного корня (при необходимости). Полученное значение сигнала выводится на цифровой индикатор. МК также поддерживает протокол общения с микропроцессорным преобразователем давления ОВЕН ПД100 для пользовательской корректировки «нуля» выходного сигнала преобразователя.

Режим настройки параметров прибора

Схема настройки параметров прибора приведена на рис. 8.

Прибор предоставляет возможность изменять следующие параметры:

- Включение/выключение защиты паролем от несанкционированного доступа к редактируемым параметрам. При отключенной защите при входе в режимы настройки и установки «нуля», (ввод пароля не запрашивается).
- Выбор единицы измерения. Выбранная единица измерения будет индицироваться соответствующим светодиодом во время работы прибора в основном режиме индикации. Выбор единицы измерения (за исключением «%») не масштабирует сигнал, для этого необходимо задать верхний и нижний пределы индикации.

- Выбор положения десятичной точки. Определяет положение десятичной точки при индикации сигнала в пределах выбранного диапазона индикации.
- Выбор нижнего предела индикации. Выбранное значение будет соответствовать 4 мА входного сигнала.
- Выбор верхнего предела индикации. Выбранное значение будет соответствовать 20 мА входного сигнала.
- Выбор времени демпфирования. Выбирается постоянная времени низкочастотного фильтрования для сглаживания колебаний измеряемого сигнала.
- Включение/выключение функции извлечения корня. Предназначена для линеаризации квадратичной зависимости индикации от входного сигнала.

Внимание: Возврат в основной режим индикации осуществляется длинным нажатием кнопки (5 секунд) или по таймауту (отсутствие нажатия любой кнопки в течение 15 с).

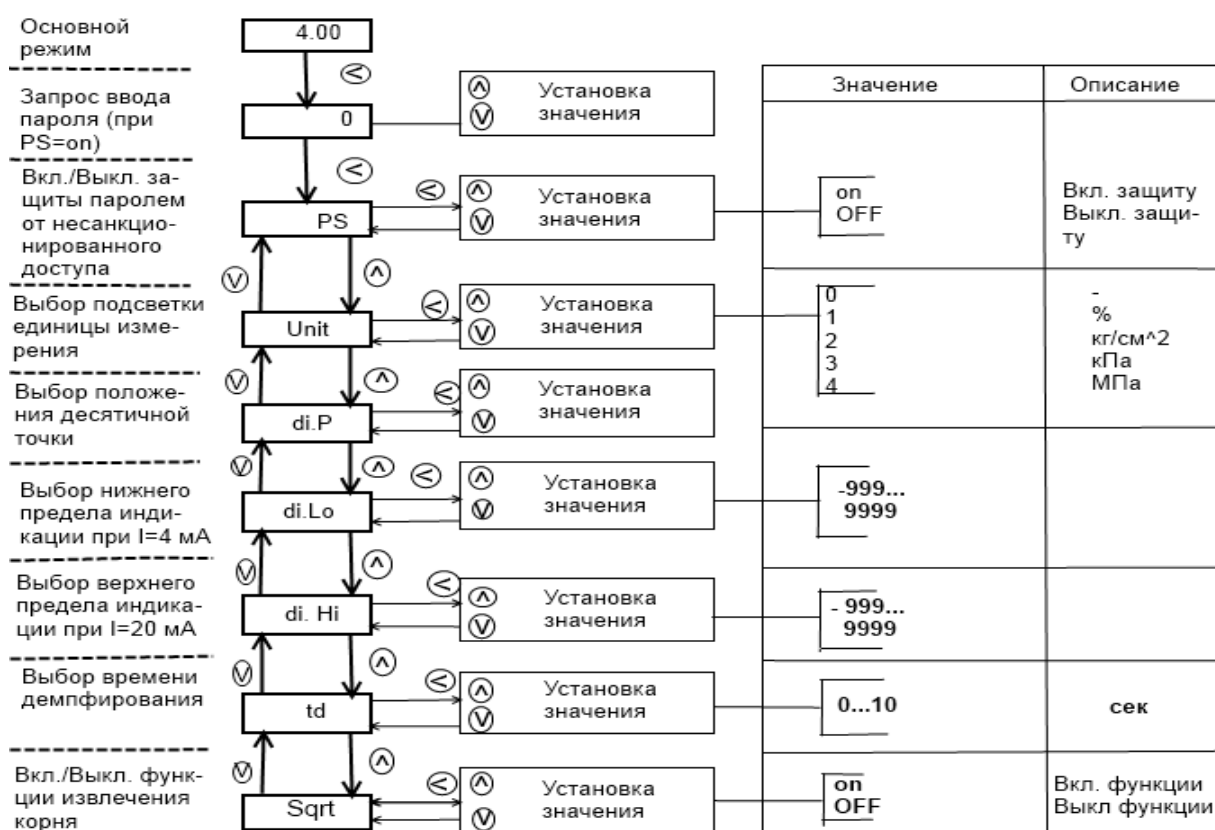


Рис. 8. Схема режима настройки параметров прибора

Установка «нуля» датчика ПД100

На рис. 9 представлена схема установки «нуля» датчика давления ПД100.

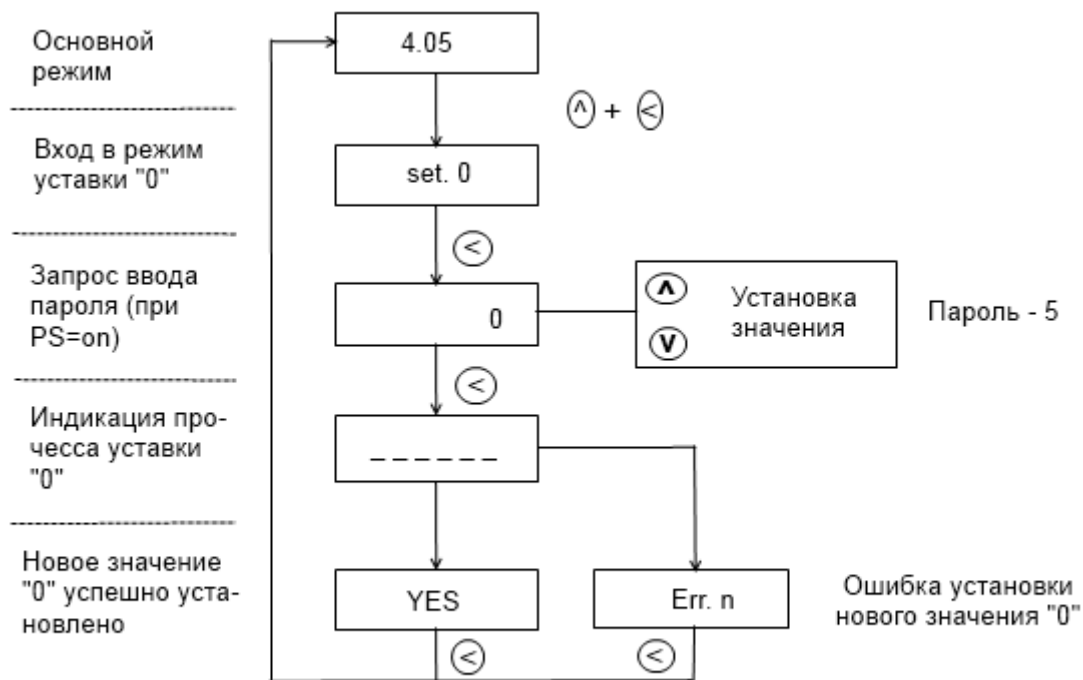


Рис. 9. Схема установки «нуля» датчика ПД100

Использование прибора совместно с микропроцессорным преобразователем давления ОВЕН ПД100 предоставляет возможность устанавливать «нуль» у последнего.

Внимание:

1. Установка «нуля» микропроцессорного преобразователя давления ОВЕН ПД100 может ухудшить его метрологические свойства, поэтому не рекомендуется использовать режим установки «нуля» при значении выходного сигнала, превышающем 10% от верхнего предела измерения ПД100.

2. Установка «нуля» – итерационный процесс, если с первого раза не получен удовлетворительный результат, то стоит повторить операцию установки «нуля».

4.1.1. Сигнализатор уровня жидких и сыпучих материалов САУ-М7Е

Прибор САУ-М7Е предназначен для контроля уровня жидких или сыпучих материалов в резервуаре. Может управлять заполне-

нием, осушением или поддержанием уровня в отопительных котлах, водонапорных башнях, зернохранилищах и т. п.

Функциональные возможности:

- Контроль уровня жидких или сыпучих материалов по трем датчикам;
- Подключение датчиков уровня широкого спектра (кондуктометрических, поплавковых, бесконтактных выключателей и др.);
- Работа в режиме заполнения или опорожнения резервуара;
- Ручной или автоматический режим управления электроприводом исполнительного механизма (насоса, транспортёра, электромагнитного клапана и т. п.);
- Сигнализация об аварийном переполнении или осушении резервуара;
- Работа с различными по электропроводности жидкостями: водопроводной, загрязнённой водой, молоком и пищевыми продуктами (слабокислотными, щелочными и пр.).

Функциональная схема прибора

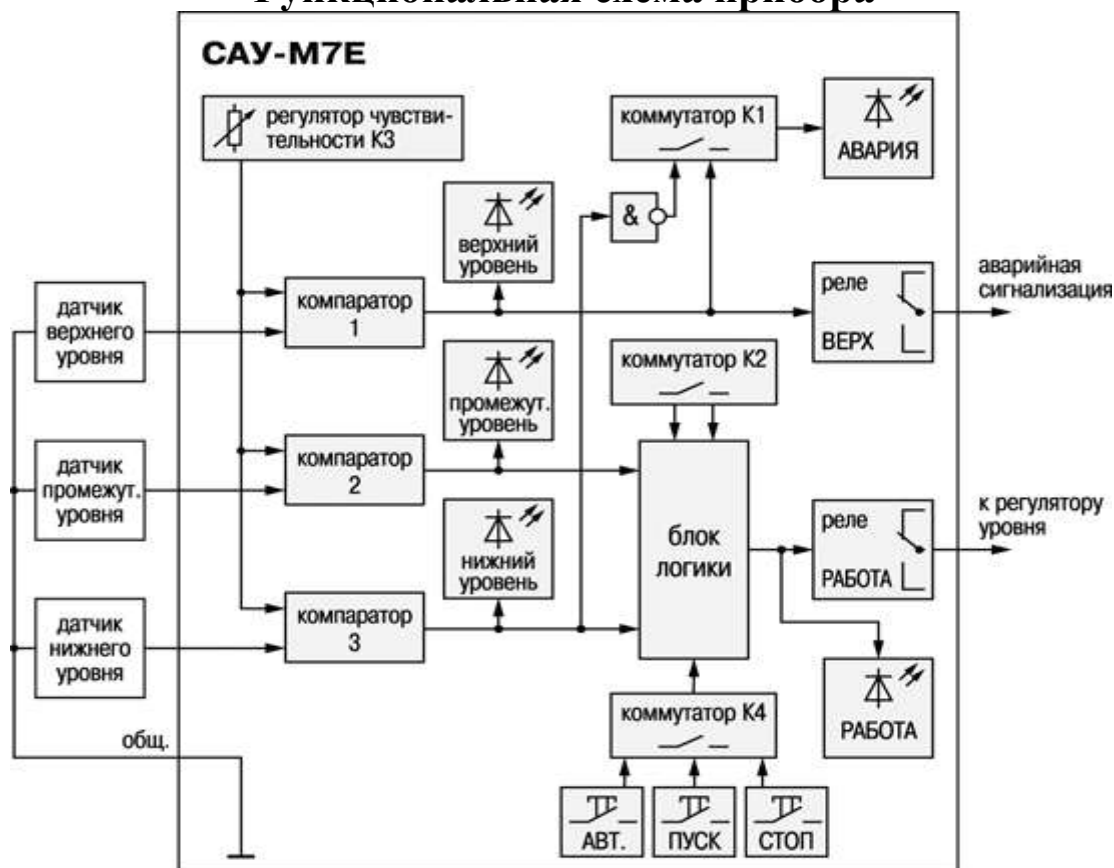


Рис. 10

Контроль уровня осуществляется при помощи трех датчиков, которые устанавливаются пользователем в резервуаре на заданных по условиям технологического процесса отметках: нижней, промежуточной, верхней.

Основными элементами прибора САУ-М7Е являются:

- Три входных компаратора, предназначенных для обработки сигналов датчиков уровня;
- Регулятор чувствительности, изменяющий уровень опорных сигналов компараторов (для кондуктометрических датчиков);
- Коммутаторы, определяющие режимы работы прибора;
- Блок логики, формирующий сигналы управления выходным реле РАБОТА;
- Выходные электромагнитные реле ВЕРХ и РАБОТА, управляющие исполнительными механизмами;
- Светодиодные индикаторы.

Лицевая панель прибора

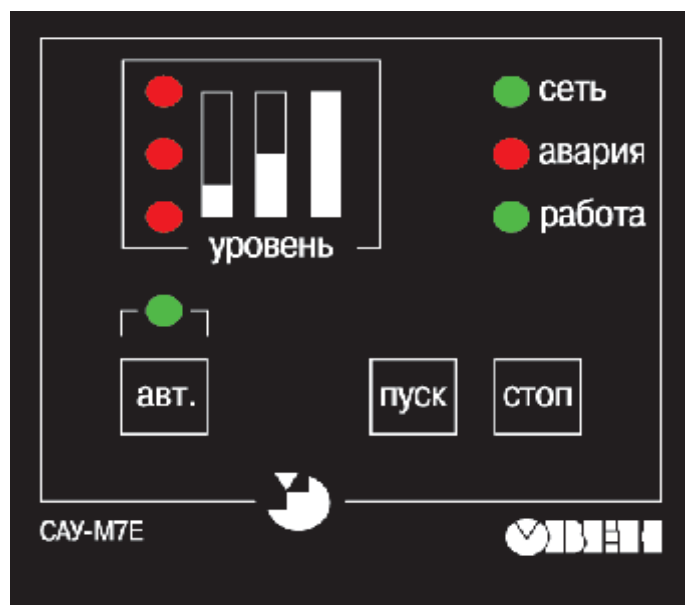


Рис. 11

Таблица 6

Показания светодиодных индикаторов

Три светодиодных индикатора уровня	Замыкание датчиков нижнего, промежуточного и верхнего уровней
СЕТЬ	Наличие исправного питания на приборе (постоянная засветка)
РАБОТА	включение реле РАБОТА (постоянная засветка)
АВАРИЯ	Размыкание датчика нижнего уровня или замыкании датчика верхнего уровня (мигающая засветка)
АВТ	Работа регулятора в режиме автоматического управления

Таблица 7

Кнопки управления




	Кнопки используются для ручного управления регулятором
	Кнопка используется для перевода регулятора из ручного режима в автоматический

Таблица 8

Коммутирующие устройства прибора на печатной плате под передней панелью

К1	Режим работы сигнализации «АВАРИЯ» (аварийное переполнение или осушение резервуара)
К2	Режим (алгоритм) работы регулятора уровня
К3	Чувствительность входных компараторов при работе с кондуктометрическими датчиками
К4	Блокировка кнопок 

Схемы подключения

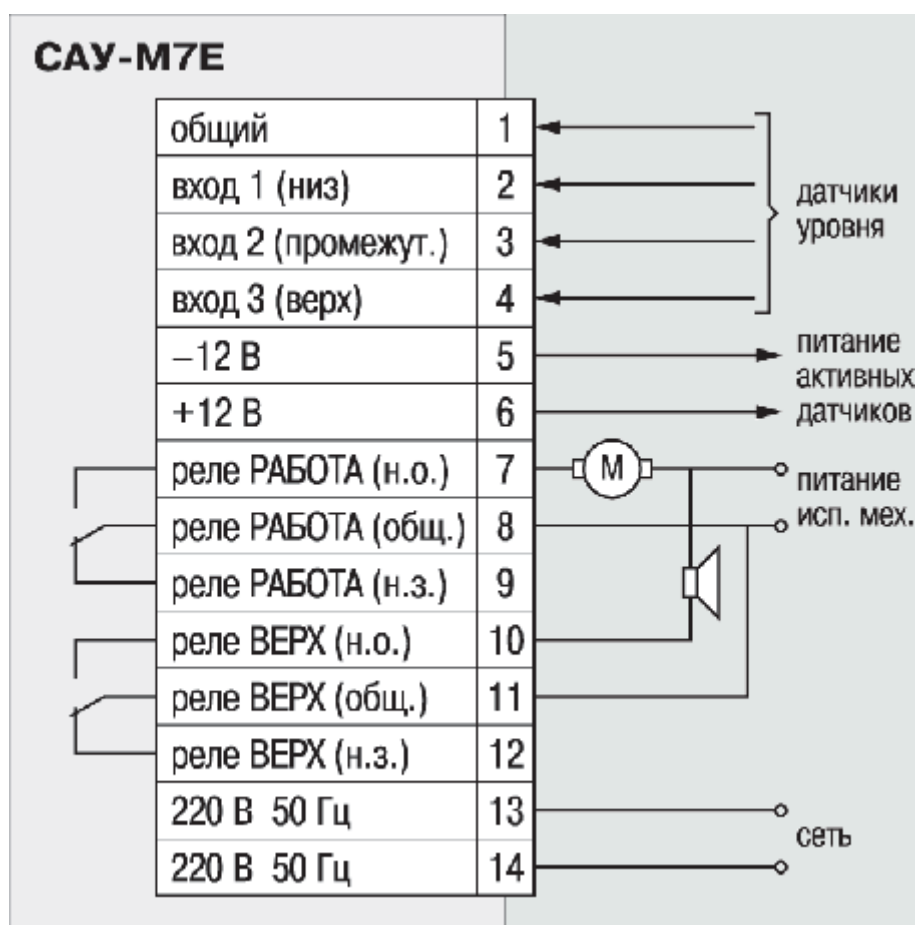


Рис. 12. Схема подключения САУ-М7Е



Рис. 13. Схема подключения кондуктометрических датчиков уровня

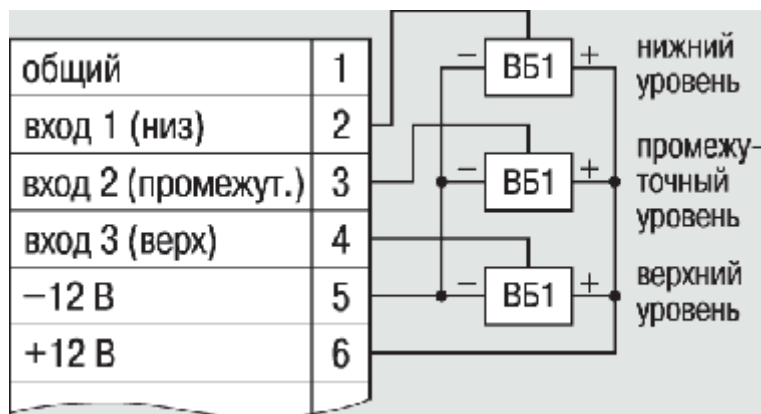


Рис. 14. Схема подключения ёмкостных переключателей

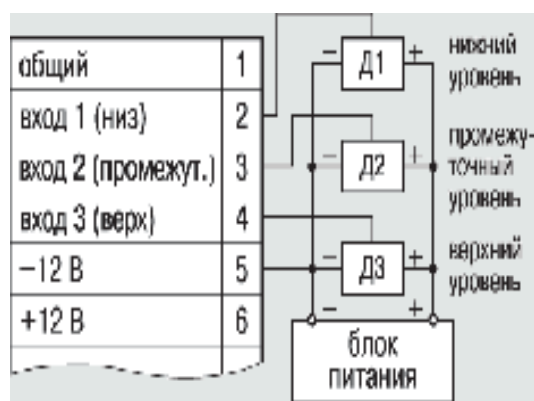


Рис. 15. Схема подключения активных датчиков Д1...Д3 при питании их от внешнего источника

Таблица 9

Технические характеристики САУ-М7Е

Номинальное напряжение питания прибора	220В частотой 50 Гц
Количество каналов контроля уровня	3
Типы датчиков	кондуктометрические; активные с выходными ключами n-p-n-типа; механические контактные устройства
Источник питания активных датчиков:	
• напряжение источника питания	12 В
• максимальный ток нагрузки	50 мА
Количество встроенных выходных реле	2
Макс. допустимый ток нагрузки, коммутируемый контактами встроенного реле 8 А при 220 В 50 Гц ($\cos\phi > 0,4$)	
Сопротивление жидкости, вызывающее срабатывание канала контроля не более 500 кОм	

4.1.2. Программируемое реле ПР 110

Программируемое реле ОВЕН ПР110 предназначено для построения простейших автоматизированных систем управления на основе релейной логики. ПР110 может быть использовано при создании систем: релейной защиты и контроля; управления наружным и внутренним освещением, освещением витрин; управления технологическим оборудованием (насосами, вентиляторами, компрессорами, прессами); конвейерных систем; управления подъемниками, парковочными автоматами и т. д.

Функциональная схема прибора

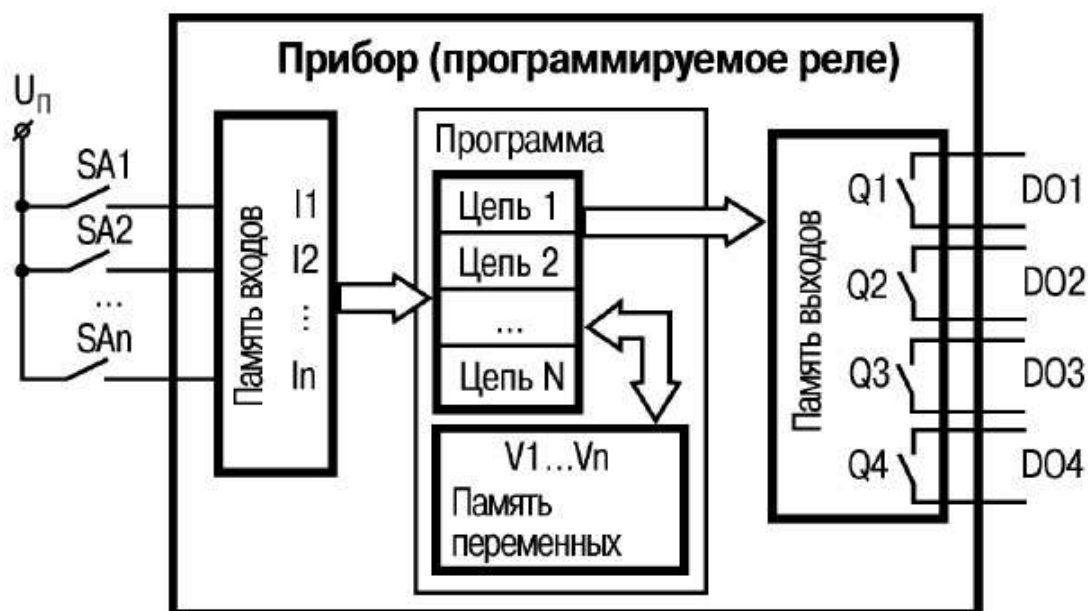


Рис.16

Схема подключения ПР110 к ПК

Для программирования прибор подключается к персональному компьютеру через преобразователь ПР-КП110 по схеме на рис. 17.

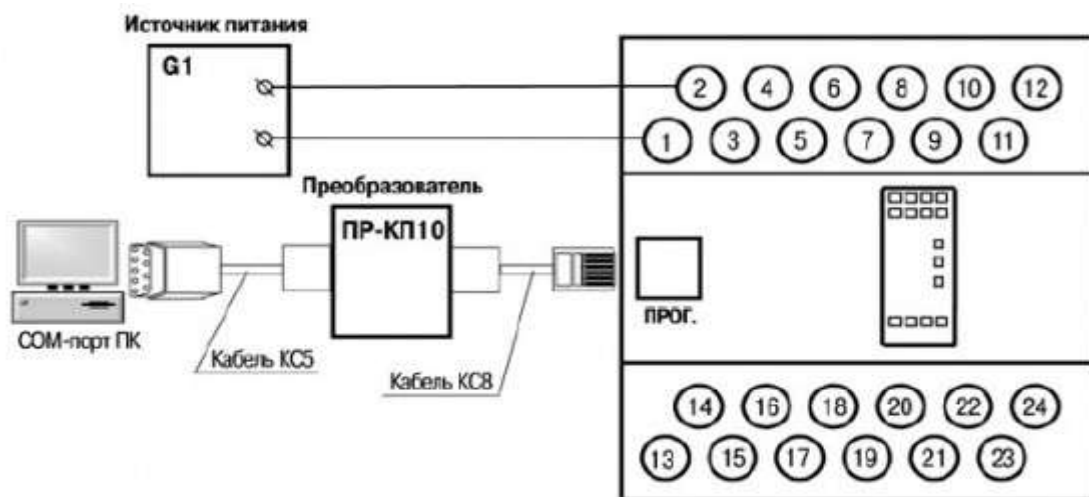


Рис. 17. Схема подключения ПР110-х.8х.4х к ПК

G1 – источник питания с номинальным напряжением постоянного (21...27 В) или переменного (90...264 В) в зависимости от исполнения прибора.

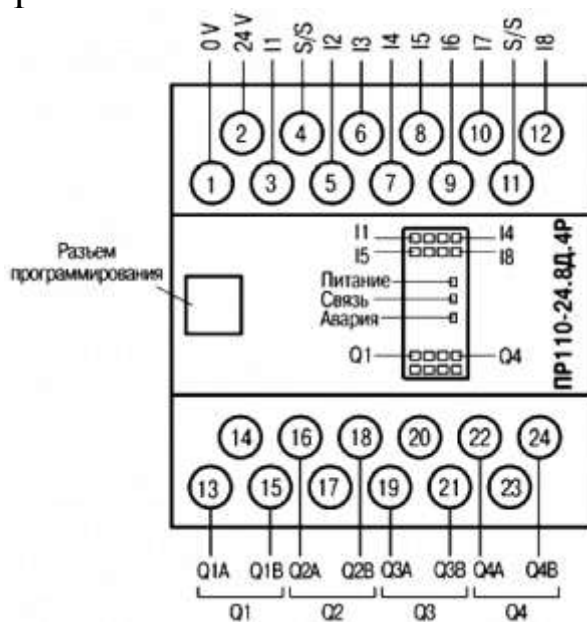


Рис. 18. Расположение контактов и элементов индикации в приборе ПР110-24.8Д.4Р

Функциональные возможности:

- Осуществлять простые логические операции И, ИЛИ, НЕ с входами и внутренними переменными;
- Включать/выключать выходные устройства по команде или по результатам логических операций;

- Включать/выключать выходные устройства через заданное время T ;
- Включать/выключать выходные устройства на заданное время T ;
- Включать/выключать выходные устройства в указанное время/дату;
- Включать/выключать выходные устройства в импульсном режиме с заданным периодом T ;
- Включать выходные устройства через заданное число импульсов;
- Осуществлять светодиодную индикацию состояния входов/выходов.

Характеристики входов/выходов

Таблица 10

Дискретные входы

Параметр	ПР110-24.8Д.4Р
Количество дискретных входов	8
Тип датчика дискретного входа	- Коммутационные устройства (контакты кнопок, выключателей, герконов, реле и т. п.); - Датчики, имеющие на выходе транзистор р-п-р типа с открытым коллектором
Напряжение питания дискретных входов, В	21...27 В
Максимальный ток дискретного входа, мА не более	9
Ток «логической единицы», мА	3,5...9
Ток «логического нуля», мА	0...0,5
Уровень сигнала, соответствующий логической единице на дискретном входе, В	9...27
Уровень сигнала, соответствующий логическому нулю на дискретном входе, В	0...2
Гальваническая развязка	Групповая по 4 входа (1-4, 5-8, 9-12)
Электрическая прочность изоляции, В	1500

Таблица 11

Дискретные выходы

Количество дискретных выходов	4
Тип выходного элемента	Электромагнитное реле
Допустимый ток нагрузки, не более	- 5А при напряжении не более 250 В переменного тока и $\cos\varphi = 1$; - 3А при напряжении не более 30 В постоянного тока
Допустимый ток нагрузки, не менее	10 мА при 5 В постоянного тока
Механический ресурс реле, циклов, не менее	5000000
Электрический ресурс реле, циклов, не менее	200000
Время переключения из состояния «логического нуля» в состояние «логической единицы» и обратно, мс, не более	10
Гальваническая развязка	Индивидуальная
Электрическая прочность изоляции, В	1500

Программирование ПР110

Таблица 12

Среда программирования	OWEN EasyLogic, OWEN logic
Интерфейс программирования	UART
Сетевые параметры прибора, фиксированные:	
• Скорость обмена, бит/с	9600
• Длина слова данных	8
• Контроль четности	1

Программа «OWEN Logic» позволяет построить схему автоматизации, выполняющую определенную последовательность действий, управление которыми осуществляет программируемое реле ПР110 при подаче сигналов на его входы. Алгоритм функционирования реле задается программой с использованием языка функциональных блоков (ФБ). Графический интерфейс программы выглядит следующим образом: в главном окне (холст) находятся исполь-

зюемые ФБ, слева обозначены входы прибора, справа – выходы. Сигналы с выходов блоков могут быть поданы на входы других блоков или непосредственно на выходы прибора. Сам ФБ выполняет либо некоторые логические операции с сигналами, пришедшими на его входы, либо некоторые действия, например, удержание включенного состояния (высокий уровень) на заданное время на своем выходе при подаче сигнала на его вход (высокий уровень).

На рис. 19 представлена система управления гаражными воротами на базе прибора ПР110 с программой, созданной на функциональных блоках AND (И) и NOT (НЕ) в среде программирования «OWENLogic» (см. рис. 17).

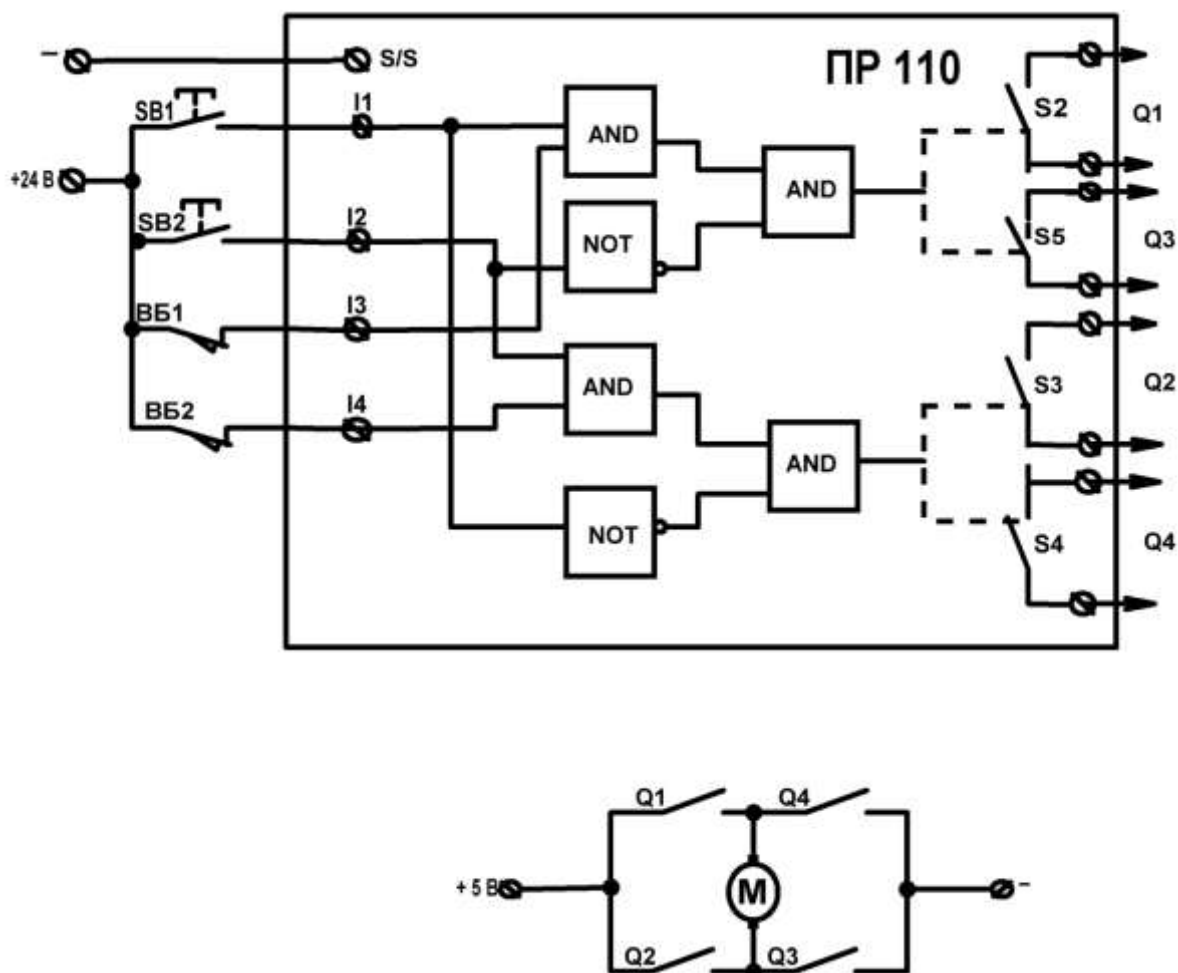


Рис. 19. Система управления гаражными воротами на базе ПР110

SB1, SB2 – контакты кнопок с фиксацией для формирования сигналов управления ОТКРЫТЬ/ЗАКРЫТЬ ворота; BБ1, BБ2 – контакты индуктивных датчиков положения ворот, формирующие сигналы останова, движения ворот в конечных положениях (кон-

такты их размыкаются); Q1...Q4 – контакты выходных реле прибора; М – электродвигатель постоянного тока (привод ворот).

Алгоритм управления гаражными воротами может быть представлен следующими логическими выражениями:

$$Q1 := (\overline{SB1} * VB1) * \overline{SB2}$$

$$Q2 := (\overline{SB2} * VB2) * \overline{SB1}$$

Такая логика управления позволяет человеку осуществить открывание/закрывание ворот нажатием кнопок SB1/SB2. При этом обеспечивается автоматическая блокировка одновременной подачи команд/управления.

5. ЛАБОРАТОРНЫЕ СТЕНДЫ

5.1. Стенд системы СКД

На рис. 20 представлена лицевая панель стенда.



Рис. 20. Лицевая панель стенда «Система контроля давления»

На рис. 20 приняты следующие обозначения:

- 1 – Датчик давления ПД100;
- 2 – Ресивер;

- 3 – Компрессор 300PSI;
- 4 – Блок питания БП1 типа БП 076;
- 5 – Местный индикатор ИТП-10;
- 6 – Миллиамперметр;
- 7 – Блок питания AC/DCADAPTOR 220/12 В;
- 8 – Автоматический выключатель QF1, QF2 типа ВА47-29;
- 9 – Индикаторная лампа НЛ.

На рис. 21. показаны элементы, размещённые внутри стенда.



Рис. 21. Элементы, размещённые внутри стенда

На рис. 21 приняты следующие обозначения:

- 1 – Датчик давления ПД100;
- 2 – Ресивер;
- 3 – Компрессор 300PSI;
- 4 – Блок питания БП07Б.

Схема соединений элементов стенда «Система контроля давления» приведена на рис. 22.

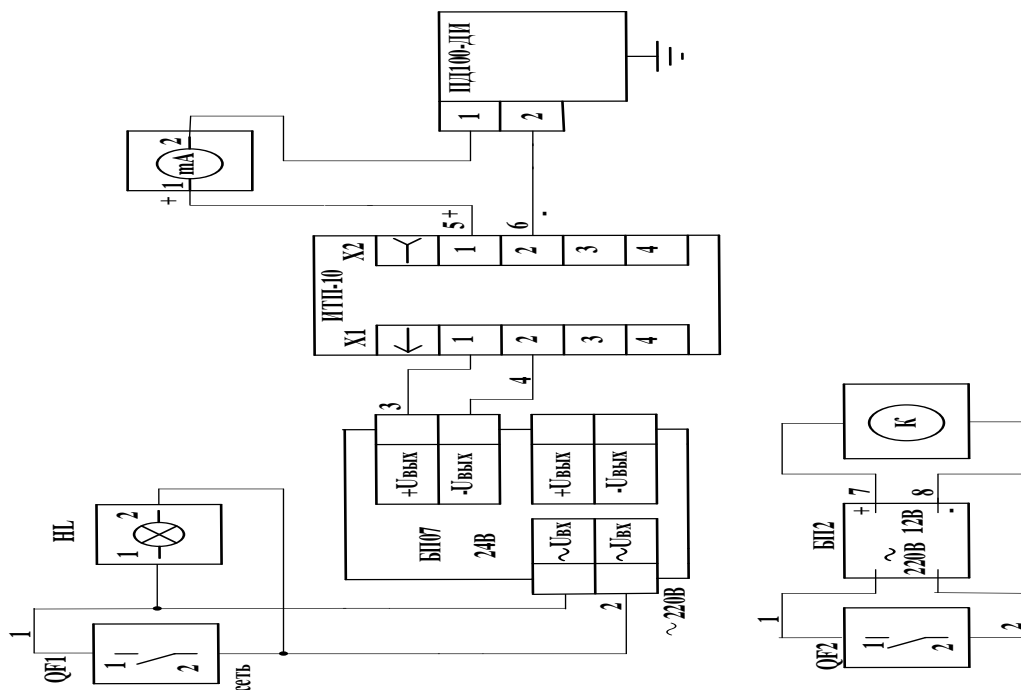


Рис. 22. Схема соединения элементов стенда
«Система контроля давления»

Лабораторные испытания на стенде «Система контроля давления» выполняются в следующем порядке:

1. Включить питание стенда нажатием последовательно на электрораспределительном шкафу лаборатории кнопок «Общий» и №2.

2. Включить автоматический выключатель QF1 на лицевой панели стенда. При этом загорается индикаторная лампа HL (сеть 220 В), что сигнализирует о наличии напряжения на стенде. На лицевой панели преобразователя аналоговых сигналов ИТП-10 загорится цифровое табло и светодиодный индикатор единицы измерения контролируемой величины.

3. Заполнить герметичный резервуар воздухом. Для этого следует включить автоматический выключатель QF2 (подать напряжение на компрессор), что приведет к созданию давления в резервуаре, преобразуемого с помощью датчика давления ПД100 в унифицированный токовый сигнал, отображаемый на цифровом табло ИТП-10, в заданных единицах контролируемой величины.

4. Снять статическую характеристику датчика давления ПД100. Для получения данных необходимо включить QF2 (подать напряжение на компрессор) и создать давление в резервуаре. По мере наполнения резервуара снимать показания с ИТП-10 и миллиамперметра. Заносить данные в табл. 13.

Таблица 13

P, кг/см ²	0	1	2	3	5
I, мА	4	5	6	7	8

По данным табл. 13 построить статическую характеристику датчика.

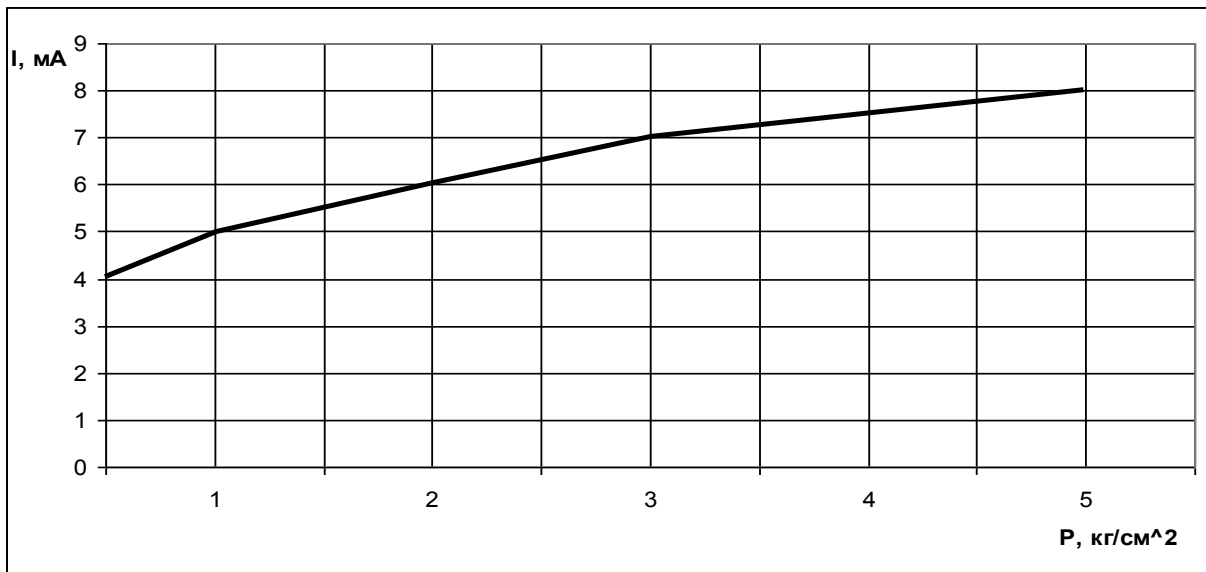


Рис. 23. Статическая характеристика датчика ПД100

5. Отключить питание стенда с помощью автоматического выключателя QF1.

5.2. Стенд системы СКУЖСМ

На рис. 24 представлена лицевая панель стенда.

Лабораторные испытания стенда «Система контроля уровня жидких и сыпучих материалов» выполняются в следующем порядке:

1. Включить питание стенда нажатием последовательно на электрораспределительном шкафу лаборатории кнопок «Общий» и №2.

2. Включить автоматический выключатель QF на лицевой панели стенда. При этом загорается индикаторная лампа HL1 (сеть

220), что сигнализирует о наличии напряжения на стенде. На лицевой панели САУ-М7Е загорится светодиод «Сеть».

3. Перед началом исследования опорожните резервуар для жидкости. Затем постепенно наполняйте его водой, по мере погружения электродов датчика уровня ДУ.4 в воду, на САУ-М7Е будут загораться индикаторы НУ, СУ, ВУ, наполнять до тех пор, пока не сработает световой сигнал «Авария».

4. Перед началом исследования опорожните резервуар, предназначенный для сыпучих материалов. Затем постепенно наполнять его песком до тех пор, пока не загорится лампа НL2 на лицевой панели стенда.

5. После проведения исследований отключить питание стенда с помощью автоматического выключателя QF.



Рис. 24. Лицевая панель лабораторного стенда «Система контроля уровня жидких и сыпучих материалов»:

- 1 – Автоматический выключатель QF;
- 2 – Индикаторная лампа HL1;
- 3 – Сигнализатор уровня жидких и сыпучих материалов САУ-М7Е;
- 4 – Ёмкостный датчик ВБ1;
- 5 – Резервуар для сыпучего материала;
- 6 – Резервуар для жидкости;
- 7 – Датчик уровня ДУ.4;
- 8 – Индикаторная лампа HL2.

На рис. 25 показаны элементы, размещённые внутри стенда.

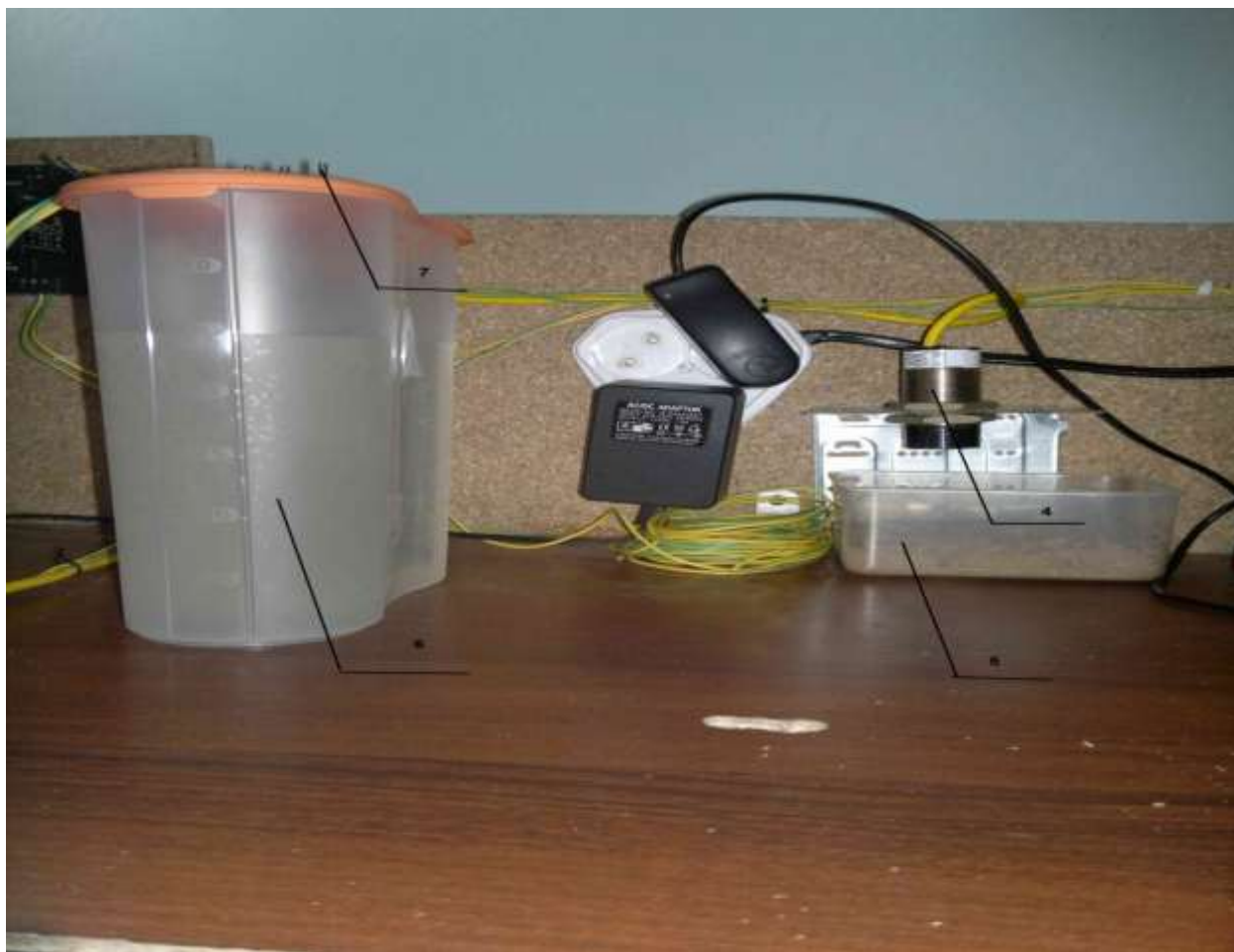


Рис. 25. Элементы, размещённые внутри стенда:

- 4 – Ёмкостный датчик ВБ1;
- 5 – Резервуар для сыпучего материала;
- 6 – Резервуар для жидкости;
- 7 – Датчик уровня ДУ4.

Схема соединений элементов стенда приведена на рис. 26.

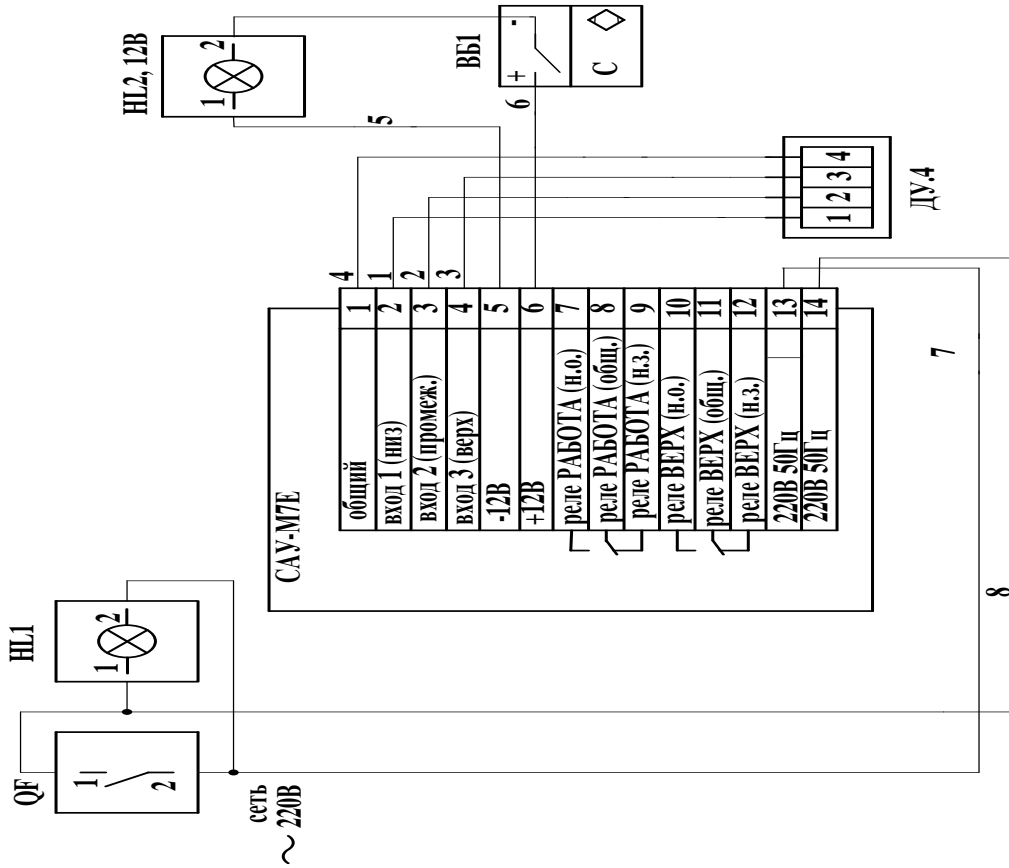


Рис. 26. Схема соединения элементов стенда «Система контроля уровня жидких и сыпучих материалов»

5.3. Стенд системы СКПУД

На рис. 27 представлена лицевая панель стенда.



Рис. 27. Лицевая панель стенда «Система контроля положения и управления движением»

На рис. 27 приняты следующие обозначения:

- 1 – Ворота;
- 2 – Индуктивные датчики ISB1, ISB2;
- 3 – Двигатель;
- 4– Блок питания MODELADAT 220В/5В;
- 5 – Блок питания БП07Б;
- 6 – Программируемое реле ПР110;
- 7 – Индикаторная лампа HL;
- 8 – Автоматический выключатель QF;
- 9 – Фиксирующие кнопки SB1, SB2.

На рис. 28 показаны элементы, размещённые внутри стенда.



Рис. 28. Элементы, размещённые внутри стенда:

- 1 – Ворота;
- 2 – Индуктивные датчики ISB1, ISB2.

Схема соединений элементов стенда приведена на рис. 29.

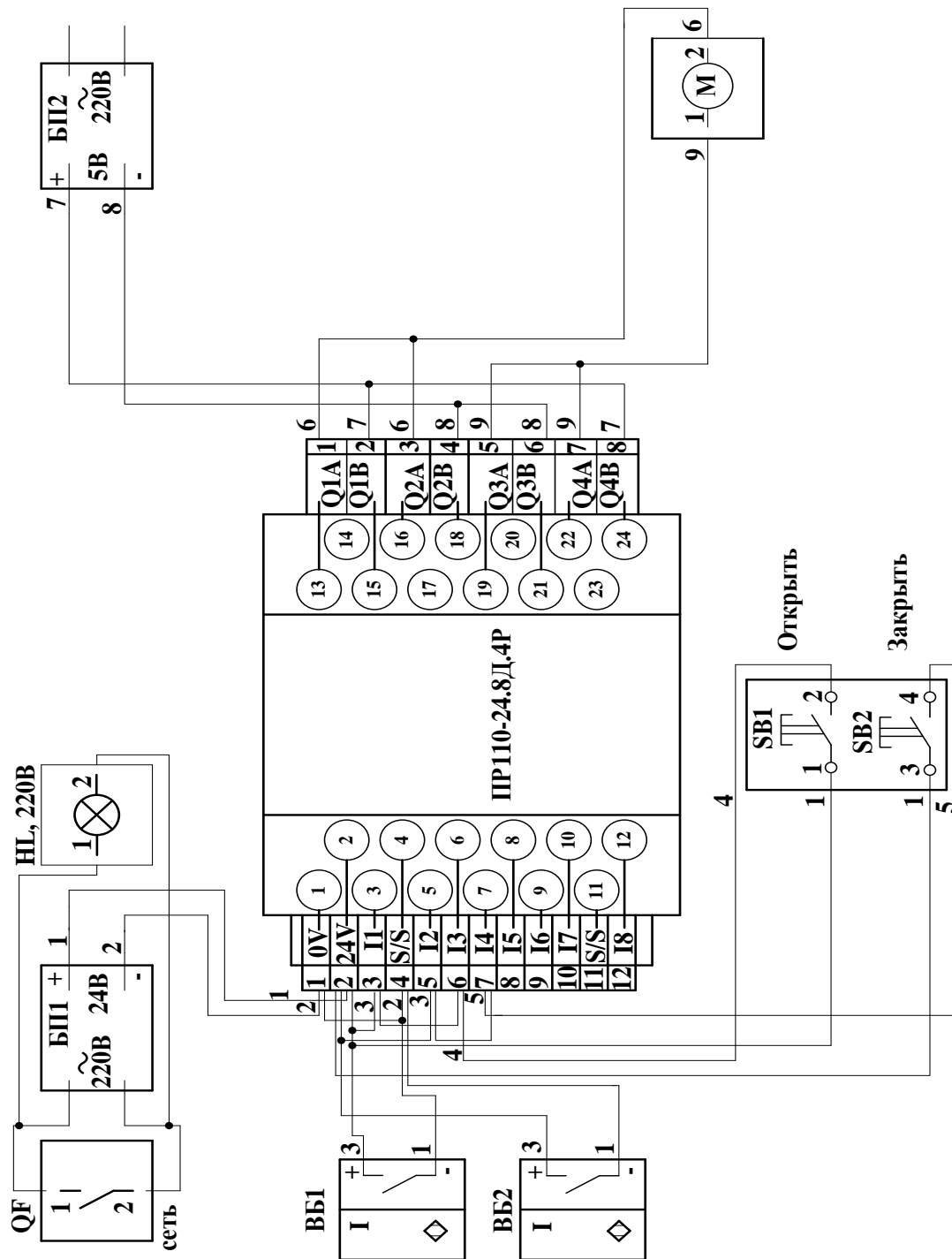


Рис. 29. Схема соединения элементов стенда «Система контроля положения и управления движением»

Лабораторные испытания стенда «Система контроля положения и управления движением» выполняются в следующем порядке:

1. Включить питание стенда нажатием последовательно на электрораспределительном шкафу лаборатории кнопок «Общий» и №2.

2. Включить автоматический выключатель QF на лицевой панели стенда. При этом загорается индикаторная лампа HL (сеть 220), что сигнализирует о наличии напряжения на стенде.

3. Управление выполняется при помощи кнопок SB1, SB2, так же предусмотрена блокировка от одновременного нажатия кнопок SB1 и SB2.

4. На макете ворот с торцевых сторон установлены металлические пластины, для срабатывания индуктивных датчиков ВБ.

5. При нажатии кнопки SB1 ворота начинают движение «Вверх» и останавливаются, как только индуктивный датчик ВБ1 и металлический контакт на торце ворот окажутся в одной плоскости.

6. При нажатии кнопки SB2 ворота начинают движение «Вниз» и останавливаются, как только индуктивный датчик ВБ2 и металлический контакт окажутся в одной плоскости.

7. После проведения испытания отключить питание стенда с помощью автоматического выключателя QF.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение, устройство и характеристики датчика давления ПД100. Статическая характеристика датчика.

2. Электродный датчик уровня ДУ4.: устройство и размеры.

3. Емкостный датчик уровня ВБ1: устройство и принцип действия.

4. Индуктивный датчик положения ВБ2: устройство и принцип действия.

5. Назначение, функциональная схема и технические характеристики измерительного преобразователя ИТП-10.

6. Параметры и схема настройки прибора ИТП-10.

7. Назначение, функциональная схема и технические характеристики сигнализатора уровня САУ-М7Е.

8. Схема подключения САУ-М7Е.

9. Назначение, функциональная схема, характеристики входов/выходов программируемого реле ПР110.

10. Программирование ПР110: схема подключения к ПК, среда программирования, интерфейс, сетевые параметры прибора.

11. Алгоритм и система управления гаражными воротами на базе прибора ПР110.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2. МАГНИТНЫЕ УСИЛИТЕЛИ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить устройство, принцип действия различных схем магнитных усилителей (МУ) в статических режимах работы.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Изучить принцип действия однотактного магнитного усилителя без обратной связи и снять на стенде его статические характеристики.

2.2. Изучить принцип действия однотактного магнитного усилителя с положительными обратными связями и снять на стенде его статические характеристики.

3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

3.1. Наименование и цель работы.

3.2. Принципиальные схемы и таблица стендовых испытаний однотактного магнитного усилителя (МУ).

3.3. Статические характеристики МУ для схем со смещением и без смещения, с обратной связью и без обратной связи.

3.4. Коэффициенты усиления по току для схем МУ, указанных в п. 3.3. Анализ их значений (выводы).

4. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ МУ

Принцип действия магнитных усилителей основан на явлении изменения магнитной проницаемости ферромагнитных материалов для переменного магнитного потока от подмагничивающего действия постоянного тока.

Схема, поясняющая принцип действия МУ, представлена на рис. 1. По обмотке управления W_y дросселя протекает постоянный ток I_y , который подмагничивает замкнутый сердечник и изменяет сопротивление рабочей обмотки W_p , подключенной к источнику переменного тока через нагрузочный резистор R_n . Ток нагрузки определяется выражением:

$$I_n = \frac{U_{\sim}}{Z}, \quad (1)$$

где $Z = \sqrt{R^2 + X_p^2}$ – полное сопротивление цепи переменного тока; $R = R_n + R_p$ – сумма активных сопротивлений нагрузки и обмотки W_p ; X_p – индуктивное сопротивление обмотки W_p .

Магнитная проницаемость μ сердечника (магнитопровода) дросселя уменьшается с увеличением напряженности H магнитного поля (рис. 2, а), которая в свою очередь пропорциональна току подмагничивания I_y .

При изменении магнитной проницаемости изменяется индуктивность L_p рабочей обмотки дросселя, а следовательно, и ее индуктивное сопротивление X_p согласно выражениям:

$$\left. \begin{aligned} L_p &= \frac{W_p^2 \cdot S}{l} \mu \\ X_p &= 2\pi f L_p \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

где W_p – число витков рабочей обмотки; S – площадь поперечного сечения сердечника; l – средняя длина сердечника; f – частота питающего напряжения, Δ

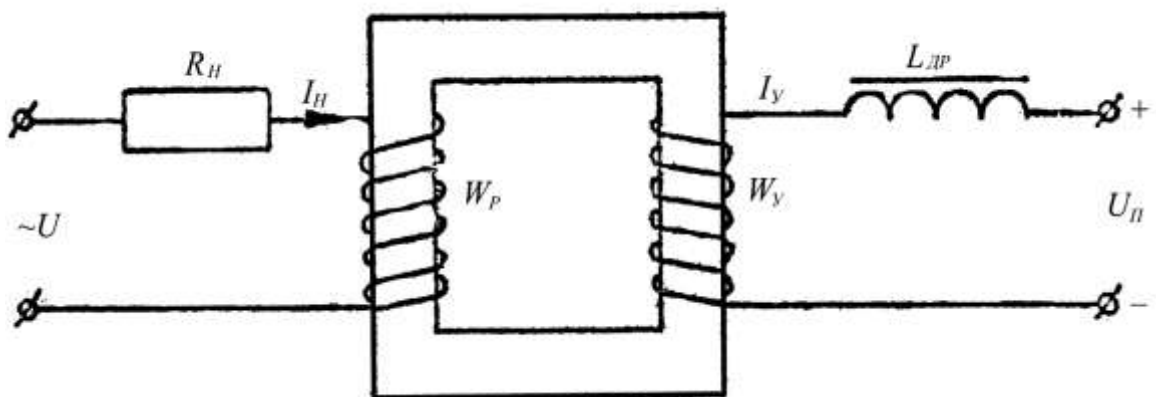


Рис. 1. Схема дросселя с подмагничиванием постоянным током

Используя уравнения (1, 2), можно построить графики изменения индуктивности рабочей обмотки и тока нагрузки от тока подмагничивания, представленные на рис. 2, б, в.

Зависимость $I_n = \varphi(I_y)$ является характеристикой управления дросселя. Она показывает, что с ростом тока управления, ток в нагрузке вначале возрастает, а затем увеличение его практически прекращается в зоне насыщения сердечника.

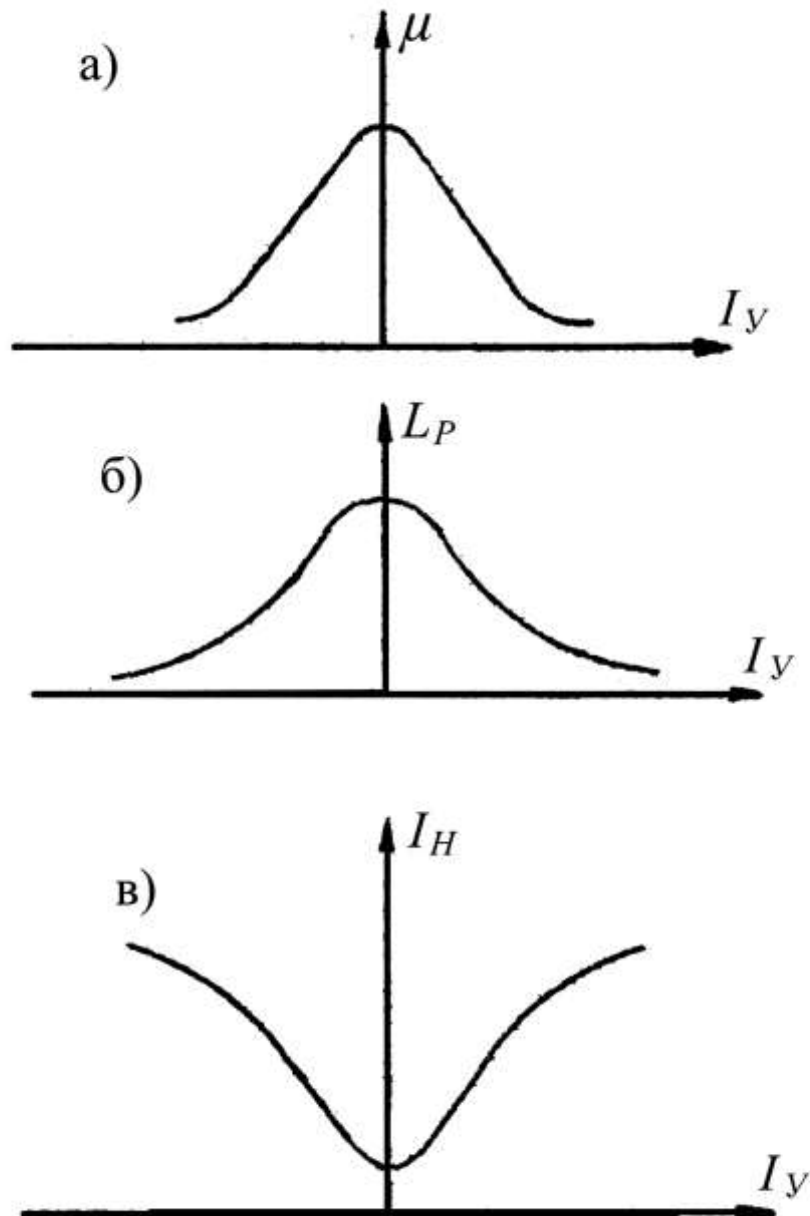


Рис. 2. Характеристики управляемого дросселя

В обмотке подмагничивания W_y дросселя могут индуцироваться значительные переменные напряжение и ток.

Величина этого тока снижается путем включения в цепь подмагничивания большой индуктивности $L_{др}$. Вследствие наличия значительного индуцированного напряжения в обмотке постоянного тока и резко искаженной кривой переменного тока схема, показанная на рис. 1, в качестве усилителя применяется редко. Простейший магнитный усилитель выполняется в виде двух одинаковых дросселей, соединенных по схеме рис. 3. Обмотки переменного тока дросселей включены последовательно согласно, а обмотки подмагничивания соединены последовательно встречно с таким расчетом, чтобы ЭДС $\sim e_1$ и $\sim e_2$, наведенные в обмотках W_{y1} , W_{y2} , действовали навстречу друг другу. Обычно оба сердечника конструктивно объединяют и наматывают на них общую обмотку подмагничивания. При этом рабочие обмотки соединяют встречно. Суммарный поток, создаваемый переменным током и действующий на обмотку подмагничивания, будет равен нулю, и переменная ЭДС в ней не наводится.

Характеристики управления магнитного усилителя (статические характеристики), выполненного по схеме рис. 4, представлены на рис. 5. Особенностью схемы является наличие тока холостого хода I_{xx} и полная симметрия характеристики управления (кривая 1).

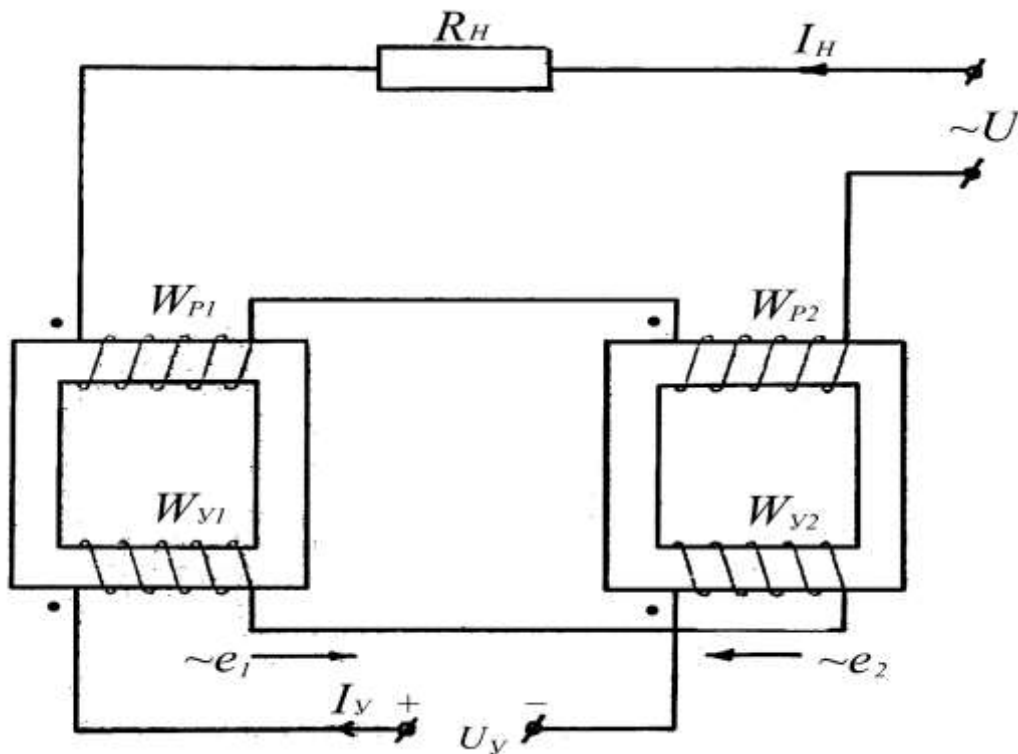


Рис. 3. Схема простейшего магнитного усилителя

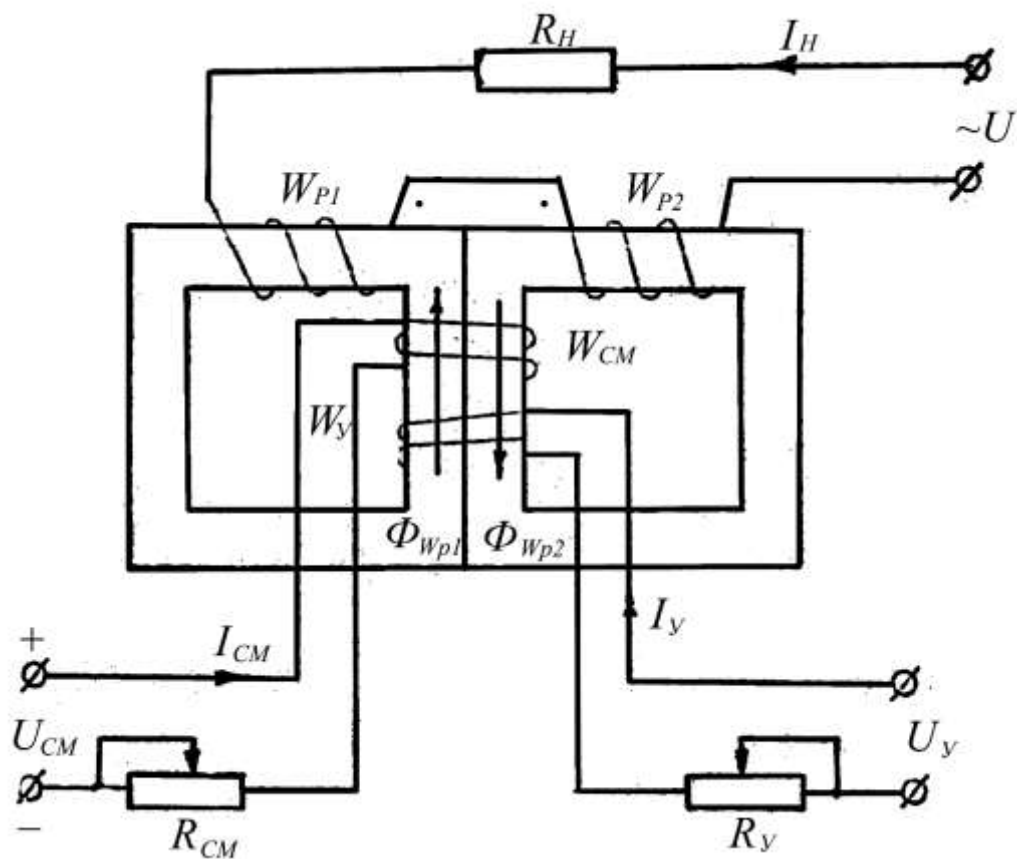


Рис. 4. Схема магнитного усилителя со смещением

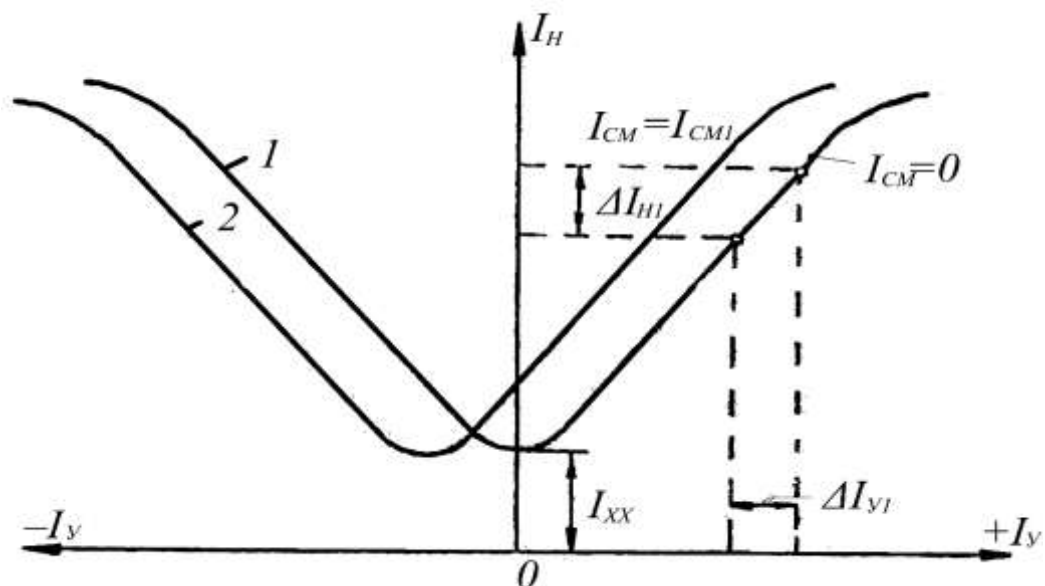


Рис. 5. Характеристики магнитного усилителя со смещением

При необходимости увеличения чувствительности магнитных усилителей к малым токам управления в их схемы вводят началь-

ное подмагничивание постоянным током. Для этого через дополнительную обмотку W_{CM} , называемую обмоткой смещения, пропускают постоянный ток. При этом характеристика управления смещается вдоль оси абсцисс влево или вправо (в зависимости от полярности приложенного напряжения U_{CM} источника смещения) на величину, определяемую током I_{CM} обмотки смещения (кривая 2).

Наличие смещения позволяет выбирать любой участок характеристики усилителя в качестве рабочего и, в случае необходимости, получить максимальное значение тока нагрузки при отсутствии сигнала на входе усилителя.

Одним из основных параметров магнитных усилителей являются коэффициенты усиления по мощности и току, определяемые как отношение приращений мощностей и токов нагрузки и сигнала управления:

$$K_p = \frac{\Delta P_i}{\Delta P_y}, \quad K_p = \frac{\Delta I_i}{\Delta I_y}. \quad (3)$$

Очевидно, что эти коэффициенты имеют тем большую величину, чем больше угол наклона характеристики управления относительно оси абсцисс.

Весьма эффективным средством увеличения коэффициента усиления магнитных усилителей является введение положительной обратной связи, которая по способу осуществления может быть внутренней или внешней. В МУ с внешней обратной связью (рис. 6, а) переменный ток нагрузки усилителя преобразуется выпрямителем UZ в постоянный и подается в специальную обмотку подмагничивания, получившую название обмотки обратной связи W_{oc} . Магнитный поток Φ_{oc} , создаваемый этой обмоткой, совпадает по направлению с потоком Φ_y обмотки управления при положительной полярности усиливаемого сигнала U_y .

Дополнительное подмагничивание, создаваемое током I_{oc} обмотки обратной связи, пропорционально току нагрузки и может настраиваться с помощью потенциометра $R_{ш}$.

На рис. 6, б представлена схема магнитного усилителя с внутренней обратной связью. В течение одного полупериода ток проходит только через одну обмотку переменного тока W_{P1} или W_{P2} . Другая рабочая обмотка в этот полупериод заперта диодом $VD1$ или $VD2$ и тока в ней нет. По обмоткам переменного тока W_{P1} , W_{P2} проходит выпрямленный пульсирующий ток. Постоянные составляющие

щие этих пульсирующих токов поочередно создают в рабочих обмотках эффект положительной обратной связи: их МДС совпадают по направлению с МДС обмотки управления.

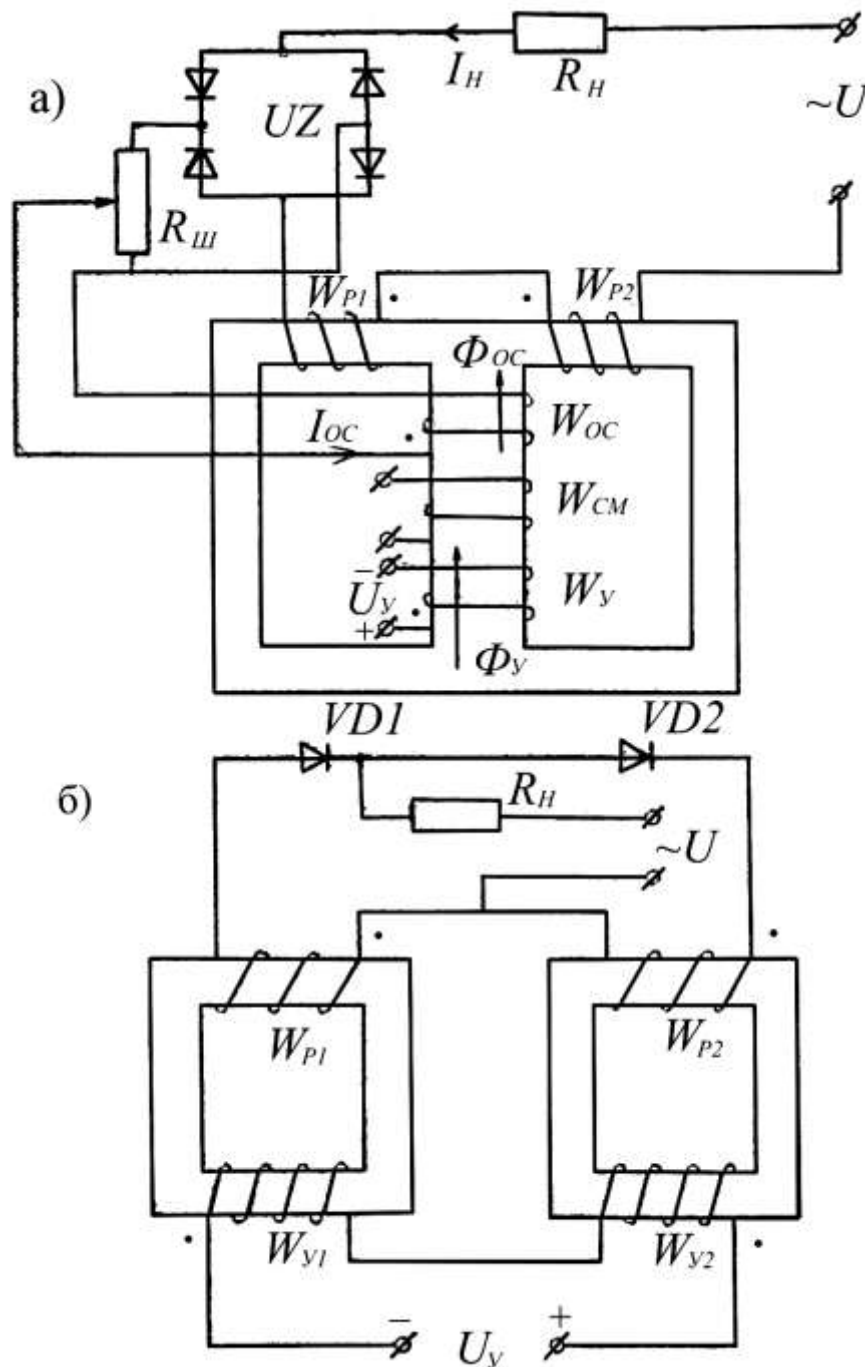


Рис. 6. Схемы магнитного усилителя с положительной обратной связью: а) внешней; б) внутренней

При наличии положительной обратной связи имеет место равенство МДС:

$$I_H W_P = I_Y W_Y + I_{OC} W_{OC} , \quad (4)$$

где I_{OC} – ток в обмотке обратной связи.

Полагая $I_{oc} \approx I_H$, из выражения (4) получим:

$$I_H W_P (1 - \beta) = I_Y W_Y, \quad (5)$$

где $\beta = \frac{W_{OC}}{W_P}$ – коэффициент обратной связи, который может принимать значения в диапазоне $0 < \beta < 1$.

Коэффициент усиления по мощности МУ при наличии положительной обратной связи определяется выражением

$$K_{Pno} = \frac{K_P}{(1 - \beta)^2}, \quad (6)$$

где K_P – коэффициент усиления по мощности при отсутствии положительной обратной связи (ПОС).

Таким образом, как это следует из уравнения (6), ПОС увеличивает коэффициент усиления. При увеличении коэффициента обратной связи до $\beta = 1$, коэффициент усиления по мощности стремится к бесконечности – усилитель переходит в релейный режим работы.

На рис. 7 показано построение характеристики магнитного усилителя с положительной обратной связью. Кривой (а) представлена характеристика усилителя без обратной связи, а линией (б) – характеристика обратной связи. Последняя представляет собой прямую, проходящую через начало координат под углом $\alpha = \arctg \beta$.

Для получения выходного тока, например I_{H1} , без обратной связи потребуется значительный ток обмотки управления I_{Y1} . При наличии обратной связи большая часть тока намагничивания будет создаваться током I_{OC1} обмотки обратной связи. Обмотка управления при этом будет иметь значительно меньший ток: $I'_{Y1} = I_{Y1} - I_{OC1}$.

Точка 2 характеристики с усилителя с положительной обратной связью соответствует току управления $I_Y = 0$, а точка 3 – току $-I_{Y3}$, полученному на пересечении оси абсцисс с линией (б'), параллельной линии (б). Таким образом, точки пересечений оси абсцисс с линиями, параллельными (б), дают значения токов обмотки

управления, а точки пересечения этих линий с характеристикой (а) позволяют определить значения соответствующих токов нагрузки при наличии ПОС.

Если ввести в схему усилителя с положительной обратной связью обмотку смещения, то, изменяя ее ток, можно получить семейство характеристик типа С, каждая из которых соответствует определенному значению тока смещения и получается параллельным смещением характеристики C' вдоль оси абсцисс (см. характеристику С на рис. 7).

Анализ кривой С (см. рис. 7) показывает, что ее правая ветвь значительно круче левой. Это объясняется тем, что в первом квадранте м. д. с. обмоток управления и ПОС совпадают по знаку, а во втором квадранте имеют противоположные знаки. Это означает, что в последнем случае имеет место отрицательная обратная связь, которая уменьшает коэффициент усиления.

5. ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД

Стенд выполнен в виде панели, установленной на каркасе и закрытый оргстеклом, под которым изображены принципиальные электрические схемы двух одинаковых МУ с встроенными в панель приборами и элементами управления и сигнализации. МУ расположены внутри каркаса стенда. Первый из них используется для исследования работы усилителя с внешней положительной обратной связью (ПОС), а второй – то же, но для усилителя с внутренней ПОС.

Порядок выполнения работы на стенде:

1. Ознакомиться со стендовой схемой магнитного усилителя с внешней обратной связью и смещением (рис. 8). Подать питание в схему включением тумблеров «Сеть», SA1, SA4 – загорятся сигнальные лампы «Сеть», HL1, HL2.

2. Снять характеристики управления МУ для следующих вариантов:

- Схема простейшего МУ ($I_{CM} = 0$, $I_{OC} = 0$). Замкнуть тумблер SA3 (закоротить ПОС), установить потенциометром R_{CM} в цепи смещения нулевое показание амперметра PA2 и, изменяя потенциометром R_y ток управления в обмотке управления W_y , запи-

сать в табл. 1 для 7 позиций R_Y в каждом направлении I_Y показания амперметров PA1 (ток I_Y) и PA3 (ток нагрузки I_H). Направление тока в обмотке управления задается положением тумблера SA2.

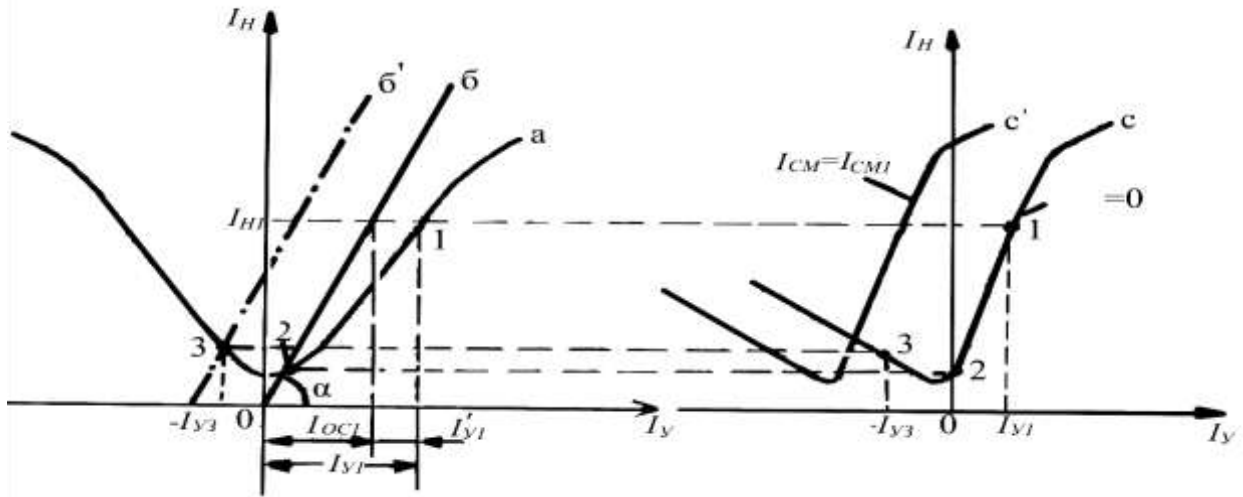


Рис. 7. Построение характеристики управления магнитного усилителя с положительной обратной связью

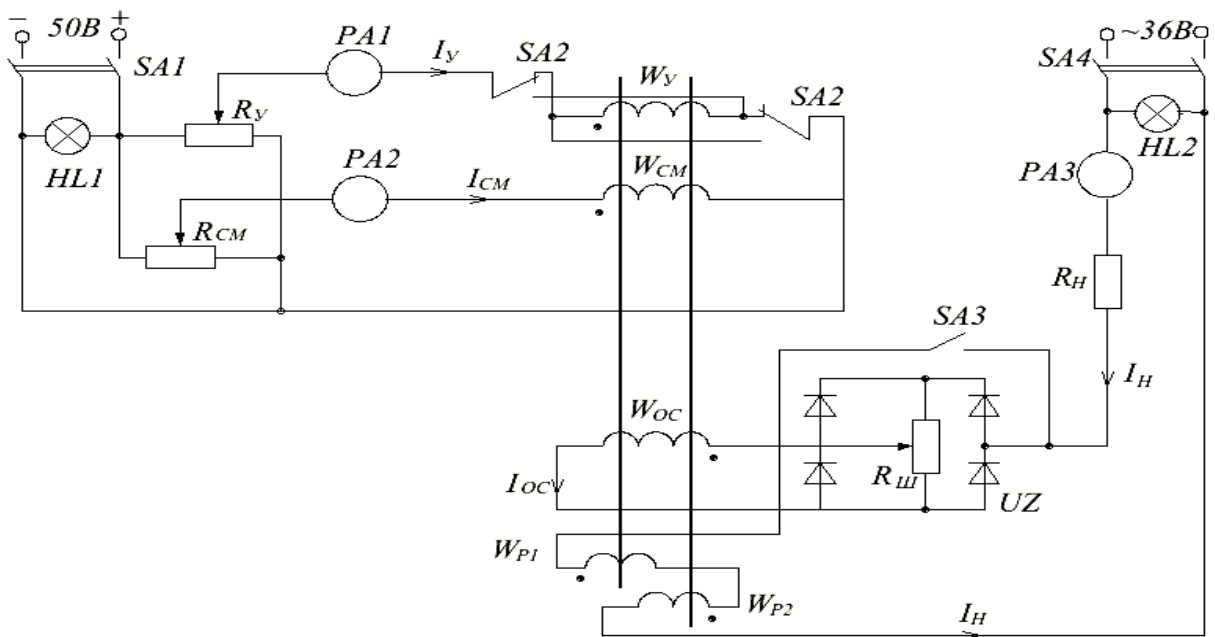


Рис. 8. Стендовая схема магнитного усилителя с внешней положительной обратной связью и смещением

• Схема простейшего МУ со смещением. Тумблер SA3 замкнут. Потенциометром R_{CM} установить значение тока

$I_{CM} = 5$ мА. Снять характеристику $I_H = \varphi(I_Y)$, действуя аналогично вышеизложенному. Дополнительно определить ток I_Y , соответствующий минимуму тока нагрузки (току холостого хода) $I_{H\min} = I_{XX}$. Результаты испытаний записать в табл. 1.

- Схему МУ с обратной связью. Тумблер SA3 разомкнуть (ввести обратную связь), задать потенциометром R_{III} коэффициент $\beta = 1$. Потенциометром R_{CM} установить ток смещения $I_{CM} = 0$. Произвести замеры аналогично ранее производимым. Определить ток I_Y , соответствующий $I_{H\min}$. Результаты испытаний записать в табл. 1.

- Схема МУ с обратной связью и смещением. Дополнительно установить потенциометром R_{CM} ток смещения $I_{CM} = 5$ мА. Снять характеристику $I_H = \varphi(I_Y)$. Результаты испытаний записать в табл. 1.

3. Ознакомиться со стендовой схемой МУ с внутренней обратной связью и смещением (рис. 9). На этой схеме диоды VD1-VD4, кроме создания внутренней ПОС, обеспечивают постоянный ток в нагрузке R_H . Подать питание в схему включения тумблеров «Сеть», SA1, SA3.

4. Снять характеристики управления МУ с внутренней обратной связью (рис. 9) для следующих вариантов схемы:

- Схема МУ с внутренней обратной связью без смещения. Установить потенциометром R_{CM} показание амперметра PA2 равное нулю. Разомкнуть тумблер SA4 (включить миллиамперметр PA1 на шкалу 3мА). До зашкаливания PA1 измерять ток I_Y по шкале 3мА, а затем зашунтировать прибор (включить R_{III} тумблером SA4) и измерять ток I_Y по шкале 30 мА. Снимая характеристику $I_H = \varphi(I_Y)$, необходимо прежде определить ее характерные точки:

- а) значение I_H для $I_Y = 0$;
- б) значение I_Y для $I_H = I_{H\min}$.

Положительные и отрицательные значения тока управления устанавливаются переключением тумблера SA2. Результаты испытаний записать в табл. 1.

Таблица 1

Результаты стендовых испытаний различных схем МУ

№	Без обратной связи ($I_{oc}=0$)				С внешней обратной связью				С внутренней обратной связью			
	$I_{cm} = 0$		$I_{cm} = 5 \text{ мА}$		$I_{cm} = 0$		$I_{cm} = 5 \text{ мА}$		$I_{cm} = 0$		$I_{cm} = 2 \text{ мА}$	
	I_y	I_n	I_y	I_n	I_y	I_n	I_y	I_n	I_y	I_n	I_y	I_n
1	+10								+18			
2	+8								+10			
3	+6								+5			
4	+4								+3			
5	+2								+2			
6	+1								+1			
7	+0,5								+0,5			
8	0								0			
9	-0,5								-0,5			
10	-1								-1			
11	-2								-2			
12	-4								-3			
13	-6								-5			
14	-8								-10			
15	-10								-15			

• Схема МУ с внутренней связью и со смещением. Установить потенциометром R_{CM} по амперметру РА2 ток смещения, равный $I_{CM} = 2 \text{ мА}$. Снять характеристику $I_H = \varphi(I_Y)$, поступая аналогично вышеизложенному. Результаты измерений занести в табл. 1.

5. По данным табл. 1 для различных вариантов схем магнитного усиления построить графики $I_H = \varphi(I_Y)$.

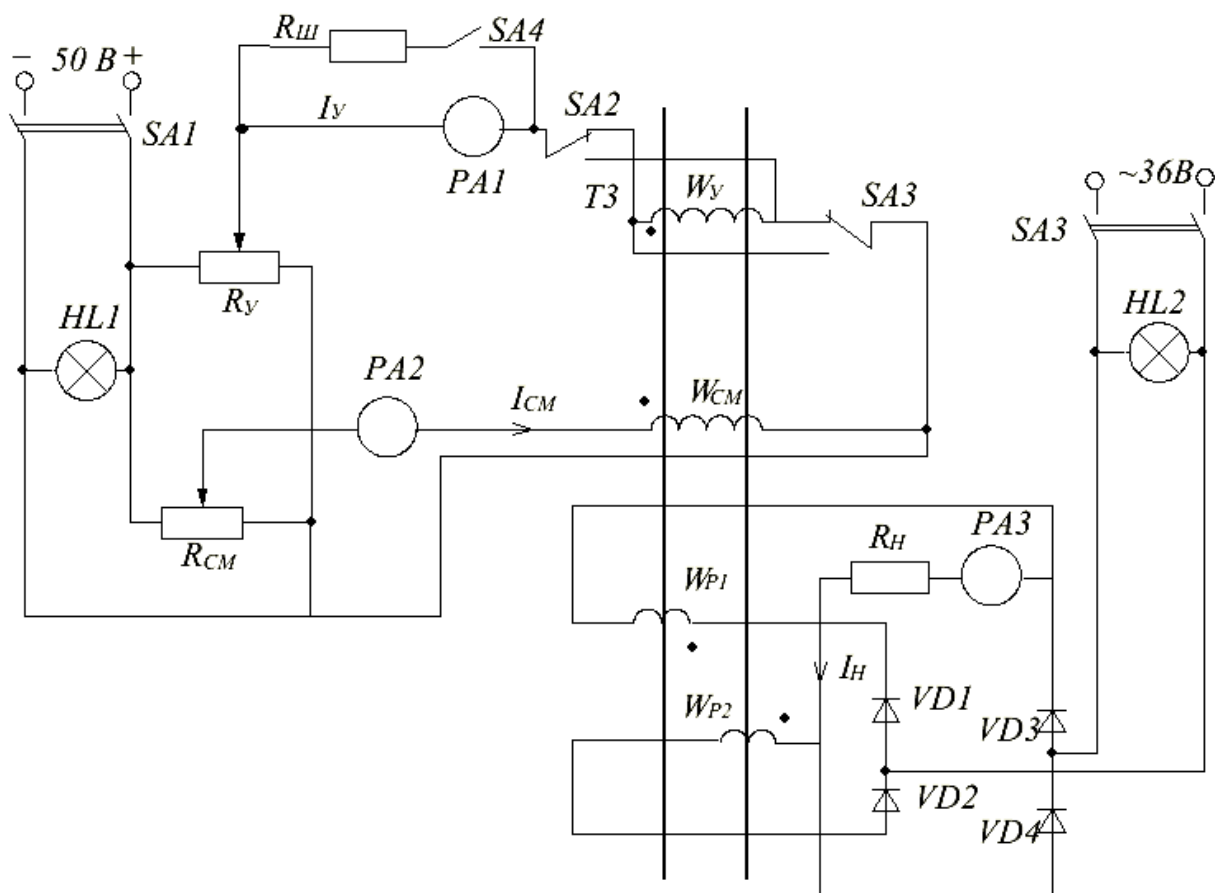


Рис. 9. Стендовая схема магнитного усилителя с внутренней обратной связью и смещением

6. Определить значения коэффициентов усиления по току для рабочих участков характеристики управления простейшего МУ, усилителя с внешней и внутренней положительной обратной связью.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Поясните принцип действия управляемого дросселя.
2. Назначение обмотки смещения в схемах МУ.
3. Почему МУ выполняется на двух магнитопроводах?
4. Назначение и виды положительных обратных связей в МУ.
5. Поясните влияние обратных связей на коэффициент усиления МУ.
6. При каких условиях МУ переходит в релейный режим работы?

7. Поясните работу и характеристики МУ с внутренней положительной обратной связью.

8. Поясните работу и характеристики МУ с внешней положительной обратной связью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Подлесный Н. И. Элементы систем автоматического управления и контроля: учебник / Н. И. Подлесный, В. Г. Рубанов. – Киев: Вища школа, 1991. – 461 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3. РЕЛЕЙНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить конструкцию и принцип действия электромагнитных реле и реле времени.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Изучить конструкцию и принцип действия реле постоянного и переменного тока и реле с магнитоуправляемыми контактами (герконы).

2.2. Изучить конструкцию и принцип действия реле времени. Исследовать на стенде принцип формирования временных задержек в данных устройствах.

2.3. Построить временные диаграммы работы программного устройства, собранного на электромагнитных реле постоянного тока, герконовом реле, реле времени с пневмозамедлителем и реле времени моторном.

3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

3.1. Наименование и цель работы.

3.2. Принципиальная электрическая схема программного устройства и описание его работы.

3.3. Временные диаграммы работы программного устройства для трех выходных каналов.

4. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Отличительной особенностью релейных преобразовательных устройств является способность преобразования сигналов с одной формы энергии в другую, например электрической в механическую и обратно. К таким устройствам относятся электромеханические реле, основными элементами которых являются электромагнитные устройства с подвижными частями: электромагнитные, электродинамические, магнитоэлектрические реле, вибропреобразователи. Наибольшее распространение в системах автоматики получили электромагнитные реле, которые в зависимости от рода тока делят на реле постоянного и переменного тока. В свою очередь реле постоянного тока делят на нейтральные, которые не реагируют на знак входного сигнала, и поляризованные, реагирующие на этот знак.

К электромеханическим реле относятся также безъякорные электромагнитные реле с магнитоуправляемыми контактами. Последние называют герконами (герметическими контактами).

Принцип действия электромагнитных нейтральных реле основан на взаимодействии магнитного потока, создаваемого электрическим током в катушке реле, с подвижным якорем.

Нейтральные реле постоянного и переменного тока по принципу действия идентичны. Однако переменный характер тока в катушке реле без специальных мер защиты может вызвать вибрацию якоря. Для устранения вибрации ферромагнитный сердечник расщепляют, и на один из расщепленных полюсов помещают короткозамкнутый виток. Это существенно снижает вибрацию.

Поляризованное реле – это разновидность электромагнитного реле постоянного тока, реагирующего на знак входного сигнала. Конструктивно это реле отличается от остальных тем, что его магнитопровод имеет постоянный магнит, создающий поляризующий магнитный поток.

Якорь поляризованного реле может занимать три положения – два крайних и одно среднее в зависимости от наличия центрирующих пружин и полярности входного сигнала.

Реле с магнитоуправляемыми контактами (герконовые реле) содержат обмотку с размещенной внутри нее стеклянной ампулой. Ампула заполнена инертным газом, в которую впаяны тонкие ферромагнитные пластины. При пропускании тока через катушку создается магнитный поток, который намагничивает пластинки противоположной полярностью и последние, притягиваясь, замыкаются.

При автоматизации различных технологических процессов часто используют реле времени (РВ) – устройства, обеспечивающие задержку на срабатывание его выходных элементов (контактов). Применяются реле времени тепловые, моторные, электронные, электромагнитные с различными замедлителями срабатывания – электромагнитными, пневматическими, механическими и другими.

В частности, РВ с пневматической задержкой представляет собой устройство, состоящее из приводного электромагнита и встроенного пневматического механизма задержки. Реле типа РВП-72 имеет выдержку времени 0,2...180 с и используется в цепях переменного тока напряжением 127, 220 В.

Моторные реле времени (рис. 1) обеспечивают получение различных регулируемых выдержек времени по нескольким выходным цепям, что позволяет применять его при программном управлении исполнительными механизмами в функции времени.

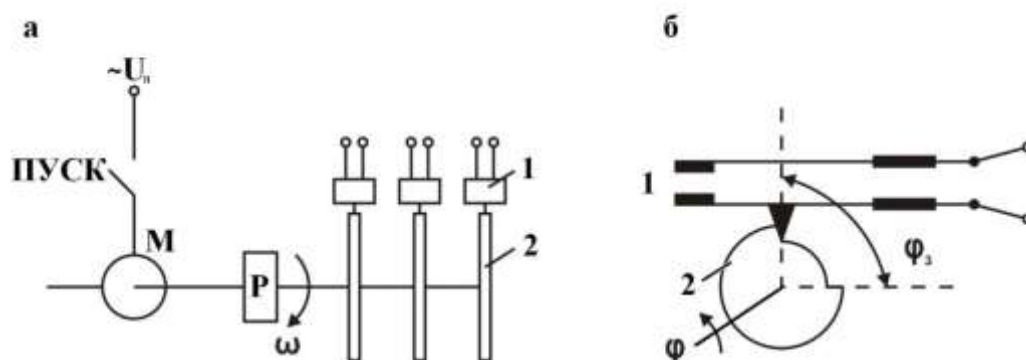


Рис. 1. Моторные реле времени (а) и его кулачковый диск с контактами (б)

Привод реле осуществляется маломощным синхронным двигателем М, который через редуктор Р передает вращение кулачковым диском 2, положение которых на валу относительно непо-

движных контактов 1 может изменяться при настройке требуемых выдержек времени в соответствии с рис. 1,б. Выдержка времени на замыкание контактов, отсчитываемая от момента включения (команда ПУСК) двигателя М на вращение против часовой стрелки, определяется из выражения:

$$\Delta t = \frac{\varphi_3}{\omega},$$

где φ_3 – заданный угол установки диска в исходном состоянии; ω – угловая скорость вращения диска.

Работу схем управления, собранных на релейных элементах, можно проанализировать с помощью временных диаграмм – временных графиков, совмещенных в строгом соответствии с последовательностью срабатывания элементов схемы.

При этом на горизонтальной оси откладывается текущее время t , а по вертикальной оси y делается отметка, характеризующая состояние элемента управления на данный момент времени, т. е. временной график работы элемента представляется функцией $y(t)$.

Для элементов с двумя устойчивыми состояниями условно принимается, что при отсутствии тока в обмотке реле, при разомкнутых контактах реле, кнопок, ключей управления $y = 0$, а при протекании тока по обмотке реле, замкнутых контактах $y = 1$.

В обмотках реле в результате наличия индуктивности ток нарастает и спадает с некоторой задержкой. Поэтому на временных диаграммах переход обмоток из состояния $y = 0$ в состояние $y = 1$ и наоборот изображается наклонной линией. При этом считается, что контакты реле замкнутся или разомкнутся только при достижении обмоткой состояния «0» или «1».

Рассмотрим построение временных диаграмм на примере схемы, представленной на рис. 2.

Контакт $K1.1$, замыкаясь, блокирует отключение реле $K1$, (кнопку $SB1$ можно отпустить, при этом реле останется включенным). Контакт $K1.2$ замыкается, загорается сигнальная лампа $HL1$. Контакт $K1.3$ размыкается и горевшая до включения лампа $HL2$ гаснет. Чтобы вернуть схему в исходное состояние, достаточно нажать кратковременно кнопку $SB2$.

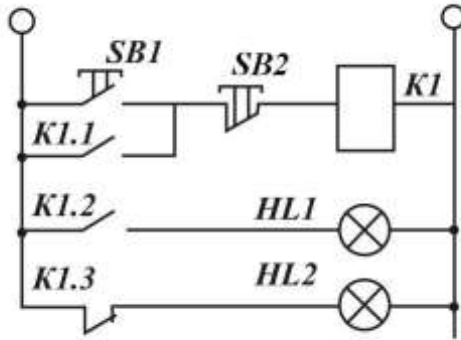


Рис. 2. Схема управления на реле

Работа релейной схемы (см. рис. 2) описывается временными диаграммами, представленными на рис. 3.

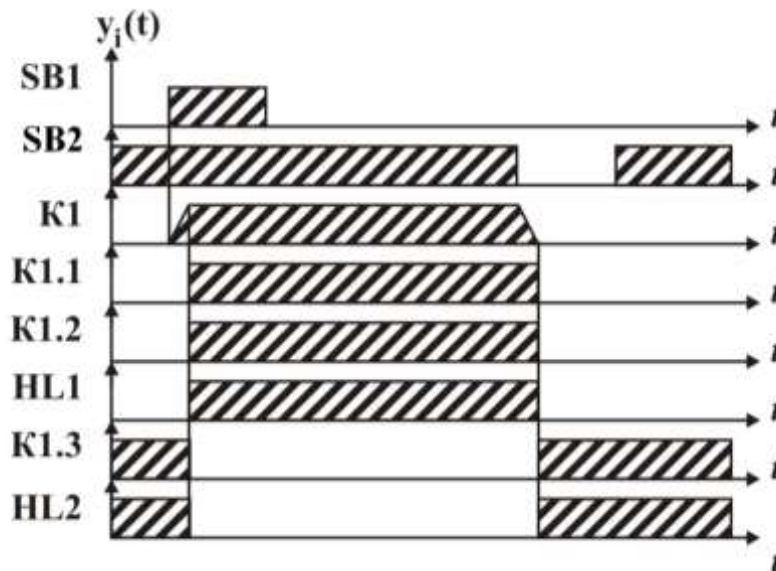


Рис. 3. Временные диаграммы работы релейной схемы управления

5. ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД

Лабораторный стенд представляет собой автоматическое программное устройство (рис. 4), выполненное на реле с магнитоуправляемыми контактами ($KV1$), реле постоянного тока типа РНК ($KV2$), реле переменного тока типа РП 23У ($KV3$), реле времени с пневмоприводом типа РПВ 72-3 ($KT1$) и моторном реле времени типа ВС-10-62 ($KT2$). В работе схемы стенда участвуют первые три ступени реле ВС-10-62 (контакты $KT2.1$, $KT2.2$ и $KT2.3$, срабатыва-

ющие с задержкой по времени). Запуск схемы осуществляется кнопкой *SB3* «ПУСК», а отключение – кнопкой *SB4* «СТОП». Проверка работоспособности реле *KV1*, *KV2*, *KT1* производится соответственно тумблерами *S1*, *S2*, *S5*. При срабатывании реле *KV1...KV3* и *KT1*, *KT2* загораются сигнальные лампы *HL1...HL5*. Программное устройство может работать в режимах однократного и многократного запуска. Выбор нужного режима осуществляется тумблером *S6*.

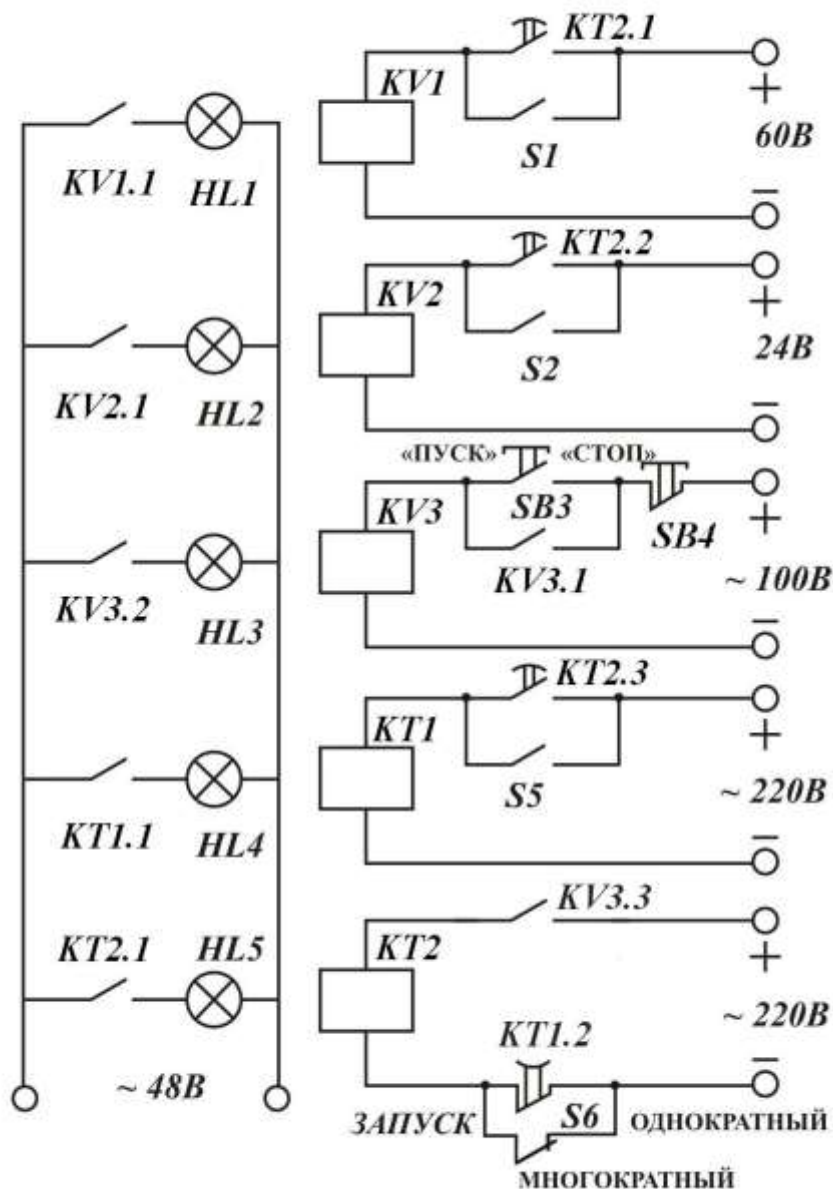


Рис. 4. Принципиальная электрическая схема программного устройства

Питание стенда включается тумблером *S2* (см. лицевую панель стенда).

Работа на стенде выполняется в следующем порядке:

1) ознакомиться со схемой программного устройства (см. рис. 4), разобраться с назначением и работой всех входящих в схему элементов, усвоить методику построения временных диаграмм (см. рис. 2, 3);

2) получить задание у преподавателя: временные интервалы включения выходных цепей реле времени *KT2*;

3) в соответствии с заданием установить на реле времени *KT2* требуемые выдержки времени. Для этого необходимо отвернуть на пол-оборота фиксирующую гайку с правой стороны реле времени, первыми тремя дисками установить нужные выдержки времени и завернуть гайку;

4) подать питание на реле *KT2*, нажав кнопку *SB3* “ПУСК”, и проследить за работой схемы. По окончании наблюдений отключить схему кнопкой *SB4* “СТОП”. Отключить питание стенда;

5) построить временные диаграммы работы программного устройства для трех каналов, индицируемых лампами *HL1*, *HL2*, *HL4*.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение релейных преобразовательных устройств (реле).
2. Чем отличается электромагнитное реле переменного тока от реле постоянного тока?
3. Устройство и принцип действия герконов.
4. Принцип действия моторного реле времен.
5. Можно ли по имеющейся временной диаграмме построить схему программного устройства?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подлесный Н. И. Элементы систем автоматического управления и контроля: учебник / Н. И. Подлесный, В. Г. Рубанов. – Киев: Вища школа, 1991. – 461 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4. УСТРОЙСТВО УКС

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить устройство и принцип действия устройства контроля скорости УКС.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Ознакомиться с конструкцией аппарата контроля скорости КС и его расположением на стенде. Изучить принцип действия устройства УКС.

2.2. Осуществить настройку аппарата КС на заданные преподавателем значения номинальной скорости ленточного конвейера (0,6–5 м/с) и выдержки времени на отключение выходного реле (2–5 с) при снижении скорости конвейера ниже $0,75 V_n$ ленты, где V_n – установленная при настройке номинальная скорость ленты.

2.3. Проверить работоспособность устройства УКС в части контроля выхода скорости ленты из зоны допустимых значений $(0,75–1,0)V_n$. Определить коэффициент возврата исполнительного реле аппарата КС.

3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

3.1. Назначение и технические характеристики УКС.

3.2. Структурная схема УКС (составить, используя принципиальную электрическую схему УКС).

3.3. Принципиальная электрическая схема лабораторного стенда. Параметры настройки УКС на стенде. Коэффициент возврата.

4. НАЗНАЧЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

4.1. Общие сведения

Устройство УКС предназначено для контроля скорости ленты ленточного конвейера либо цепи скребкового конвейера и работы механизмов.

Устройство имеет узел аварийного отключения конвейера из любой точки по его трассе.

Устройство УКС состоит из аппарата контроля скорости КС и датчика скорости (БКВ для ленточных конвейеров, ДМ-2 для скребковых конвейеров).

Технические характеристики УКС представлены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика	Нормативное значение
Уровень взрывозащиты цепи подсоединения датчика и линии аварийного отключения конвейера	Иа
Степень защиты аппарата КС	IP30
Напряжение питания, В	220, 380
Количество контактов выходного реле, шт.	1з, 2п
Чувствительность аппарата КС (амплитуда напряжения сигнала датчика), В	2
Контролируемая величина снижения скорости ленты, % от V_n	25
Диапазон настройки на номинальную скорость ленточного конвейера, м/с	0,6–5,0
Диапазон настройки на выдержку времени на отключение выходного реле аппарата КС, с	2–5
Аварийное отключение конвейера из любой точки по его трассе	имеется
Сопrotивление шлейфа линии аварийного отключения конвейера, Ом	не более 50
Наработка на отказ, ч	не менее 5000
Коммутационная способность контактов выходного реле для активной нагрузки, А/В/Вт	0,2-5,0/ 10-250/50-500
Условия эксплуатации:	
- температура среды, °С	от –10 до +45
- относительная влажность, %	98 при 25 °С
- вибрация:	
а) частота, Гц	до 30
б) максимальная амплитуда, мм	0,1

4.2. Принципиальная схема

Схема электрическая принципиальная представлена на рис. 1. Устройство УКС включает датчик скорости ДС и аппарат контроля скорости КС, который состоит из следующих элементов: источника питания ИП, входного узла ВУ, преобразователя ПР, узла настрой-

ки УН, коммутатора уровней сравнений КУС, узла сравнения УС, выходного блока ВБ и узла аварийного отключения УАО.

Сигнал переменного тока с датчика ДС, частота которого пропорциональна скорости движения ленты конвейера, преобразуется в преобразователе ПР в постоянное напряжение, которое сравнивается в узле УС с сигналом с коммутатора КУС. Если скорость ленты соответствует заданным уровням сравнения (находится в зоне $(0,75 \div 1,0V_H)$), то в блоке ВБ включается исполнительное реле.

В противном случае выходной сигнал с узла УС отсутствует и исполнительное реле отключено.

Аварийное отключение конвейера с любой точки по его трассе обеспечивается с помощью кабельтросовых выключателей КТВ, при воздействии на которые узел УАО отключает исполнительное реле блока ВБ. Последнее, в свою очередь, отключает конвейер.

Ниже приводится описание элементов и работы УКС (см. рис. 1).

Источник питания ИП

Источник питания состоит из двух каналов напряжения постоянного тока: ± 9 В и 24 В.

Первый канал содержит обмотку II Т2, выпрямительный мост VD17, фильтрующий конденсатор С24 и стабилизатор на элементах R46, R47, С25, С26, VT10, VT11, VD19, VD20.

Второй канал содержит обмотку II Т2, диод VD18 и фильтрующий конденсатор С23.

Пульсирующее напряжение для управления транзистором VT3 узла КУС берется с обмотки II.

Искробезопасное напряжение питания узла УАО снимается с обмотки III трансформатора Т2.

Входной узел ВУ

Входной узел содержит полупроводниковый мост на диодах VD1...VD4 для получения пульсирующего напряжения удвоенной частоты и искрозащиты цепей датчика ДС и разделительный трансформатор Т1.

Преобразователь ПР

Преобразователь ПР преобразует переменный сигнал датчика ДС в постоянное напряжение, величина которого пропорциональна частоте этого сигнала.

Он содержит диоды VD6...VD8, транзисторы VT1, VT2, резисторы R1...R4, конденсаторы C1...C10, переключатель XT и кнопку S1 «проверка».

Транзисторы VT1 и VT2 работают в режиме электронного ключа. Набор конденсаторов C1...C8 предназначен для выбора с помощью переключателя XT поддиапазона контролируемых скоростей ленты. Положения переключателя XT приведены в табл.2.

Таблица 2

Положение лепестка переключателя XT	1	2	3	4	5
Номинальная скорость конвейера, М/с	3,5–5,5	2,2–3,5	1,4–2,2	0,85–1,4	0,55–0,85

При контроле движения цепи скребкового конвейера подключается конденсатор C9 (положение 6 переключателя XT).

При отсутствии сигнала датчика ДС транзистор VT1 закрыт, VT2 открыт, конденсаторы C1, C2 разряжены, напряжение на C10 отсутствует. После поступления сигнала датчика (включения конвейера) на базу VT1 через входной узел ВУ начнут поступать сигналы ДС с частотой, пропорциональной скорости движения ленты. С частотой сигнала открывается транзистор VT1 и происходит заряд конденсаторов C1, C2. Зарядным током этих конденсаторов заряжается интегрирующая емкость C10. При открытом состоянии VT2 конденсаторы C1, C2 разряжаются. Затем цикл заряда-разряда повторяется. Количество энергии для заряда конденсаторов C1, C2 (также и C10) в течение одного цикла постоянно. Поэтому напряжение на конденсаторе C10 будет пропорционально только частоте сигнала датчика, а следовательно, и скорости ленты.

Коммутатор уровней сравнения КУС

Коммутатор КУС содержит диод VD9, резисторы R12...R18, транзистор VT3, конденсатор C12 и кнопку S3.

Коммутатор КУС формирует сигнал в виде двух фиксированных (заданных) уровней опорного $U_{оп}$ напряжения. При этом уровень опорного напряжения меняется с частотой включения транзистора VT3 (50 Гц). Верхний уровень опорного напряжения $U_{оп}$ (VT3 закрыт) соответствует номинальной скорости ленты ленточного конвейера ($1,0 U_n$), нижний уровень напряжения (VT3 открыт) пропорционален скорости ленты $0,75 U_n$ (рис. 2).

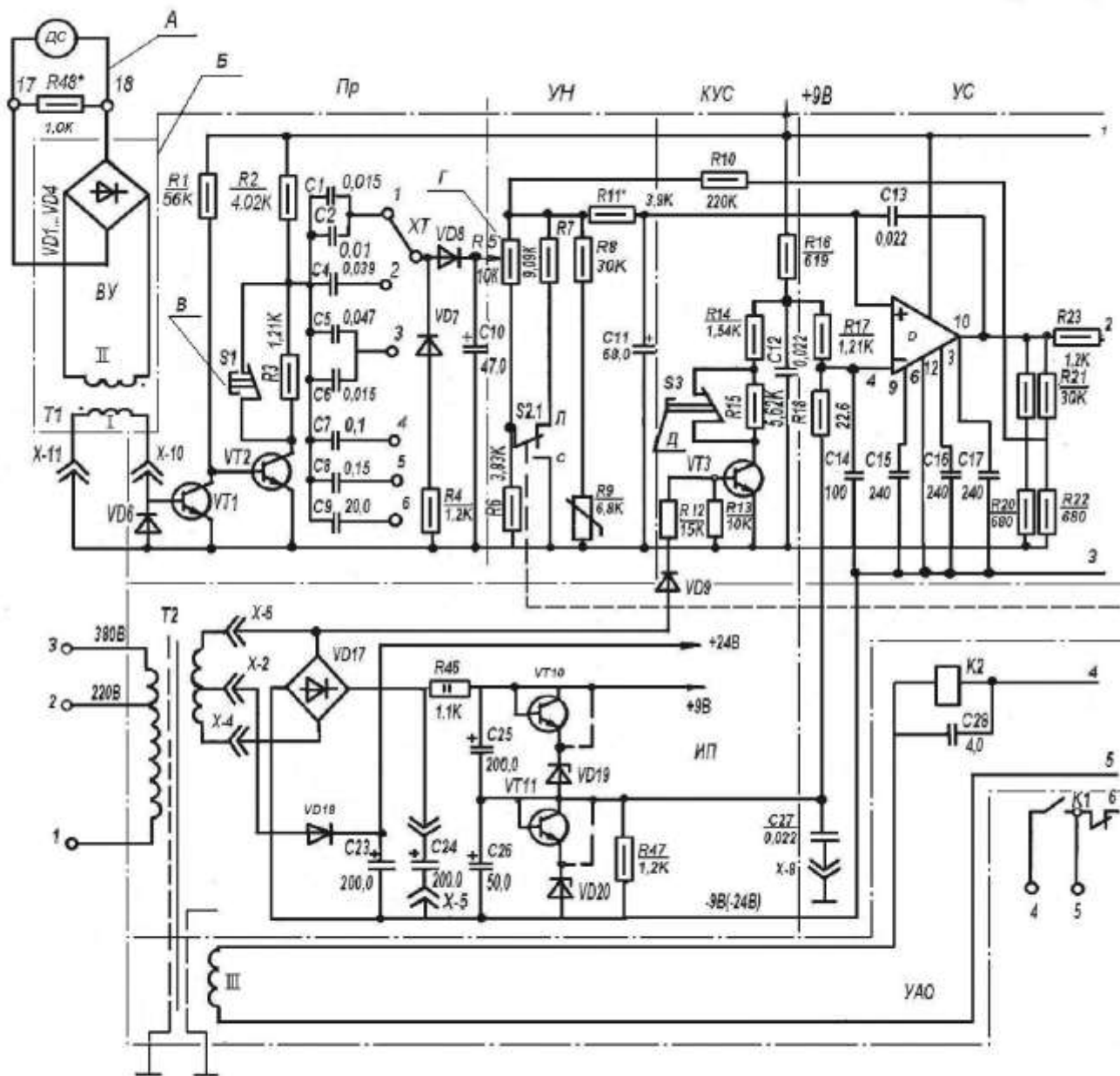
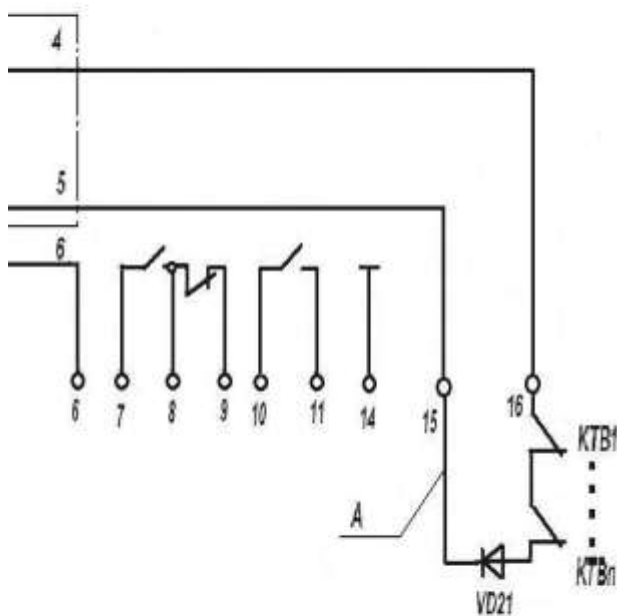
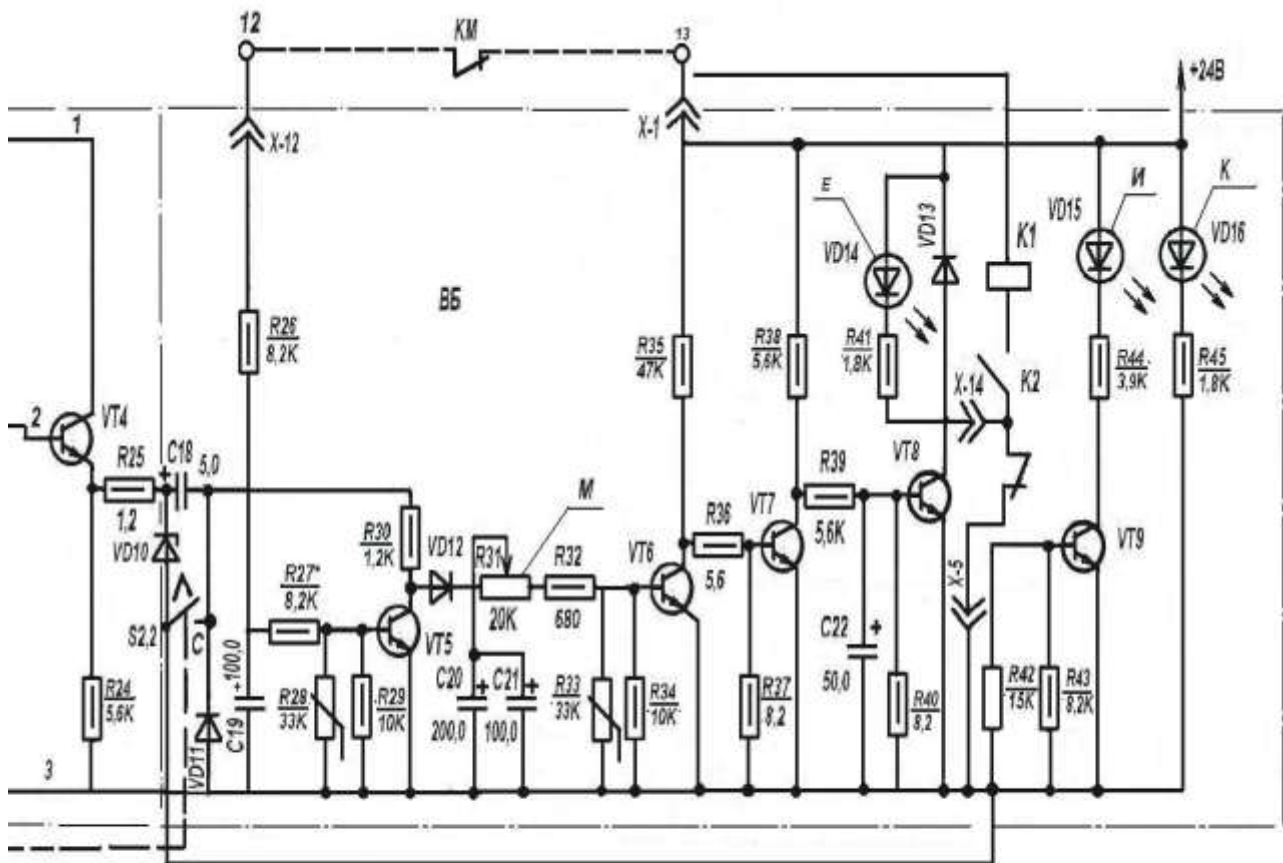


Рис. 1. Схема электрическая принципиальная устройства УКС



- А - искробезопасная цепь
- Б - заливка компаундом
- В - проверка
- Г, Д - настройка
- Е - работа (зеленый свет)
- И - настройка (красный цвет)
- К - сеть (желтый цвет)
- М - время
- ДС - датчик скорости
- ХТ - переключатель
- КТВ - кабельтросовый выключатель

Рис. 1. Продолжение

Узел настройки УН

Узел настройки УН на номинальную скорость ленточного конвейера содержит резисторы R5...R11, конденсатор C11 и контакт S2.1 тумблера S2.

Резистор R5 предназначен для установки напряжения фактической скорости, близкого к верхнему опорному уровню. Резистором R11* и конденсатором C11 сглаживается пульсация напряжения.

Узел сравнения УС

Узел УС выполнен на операционном усилителе D и содержит, кроме него, конденсаторы C13...C17, резисторы R19...R25 и транзистор VT4. Напряжение сигнала, пропорциональное скорости конвейера $U_{вх}$, подается на неинвертирующий вход 5 усилителя D и сравнивается с напряжением опорных уровней $U_{оп}$, поступающих на инвертирующий вход 4.

Результат сравнения в виде напряжения $U_{в}$ снимается с выхода 10.

Диаграмма входных напряжений $U_{вх}$, $U_{оп}$ и выходного $U_{в}$ на усилителе D в различных режимах работы представлена на рис. 2.

При настройке с помощью резистора R5 на входе 5 усилителя D устанавливается напряжение $U_{вх}$.

Особенность работы компаратора заключается в следующем:

- 1) когда уровень сигнала фактической скорости $U_{вх}$ находится между заданными уровнями опорного напряжения на выходе 10 усилителя D и транзисторе VT4, будет переменное напряжение;
- 2) если $U_{вх}$ превышает верхний уровень $U_{оп}$ или становится меньше нижнего уровня, то на выходе 10 усилителя и транзистора VT4 будет постоянное напряжение $U_{в}$ соответственно высокого или низкого уровней.

При контроле работы ленточного конвейера $U_{вх}$ с помощью резистора R5 устанавливается близким к верхнему опорному уровню (в зоне $0,97 \div 1,0 U_n$ при нажатой кнопке S3). На выходе компаратора в этом случае переменный сигнал и исполнительное реле K1 включено. При отпущенной кнопке S3, как видно из графика рис. 2, контролируемая зона скоростей увеличивается и равна $0,75 \div 1,0 U_n$.

Выходной блок ВБ

Выходной блок ВБ предназначен для:

- I) усиления выходного сигнала устройства сравнения УС;

- 2) включения (отключения) выходного реле К1;
- 3) обеспечения выдержки времени на включение выходного реле К1 после размыкания контакта КМ;
- 4) обеспечения выдержки времени на отключение после исчезновения сигнала на выходе устройства сравнения УС;
- 5) индикации наличия напряжения питания, состояния реле К1 и К2.

Выходной блок содержат резисторы R25...R45, конденсаторы C18...C22, стабилитрон VD10, диоды VD11...VD13, транзисторы VT5...VT9, светодиоды VD14...VD16, реле К1, контакт S2.2 тумблера S2.

Выдержка времени на включение обеспечивается времязадающим узлом на элементах R26...R29, C19 и VT5. Времязадающий узел обеспечивает выдержку времени на включение лишь в том случае, когда к зажимам 12, 13 аппарата КС подключен размыкающий контакт КМ. В этом случае транзистор VT5 открыт и его коллектор-эмиттерный переход шунтирует выходной сигнал устройства сравнения УС. После размыкания контакта КМ транзистор VT5 закрывается с выдержкой времени 2–6 с, определяемой временем разряда емкости C19, после чего становится возможным включение реле К1 (КМ – контакт пускателя).

Регулируемая выдержка времени на отключение обеспечивается включением ко входу усилителя на транзисторах VT6... VT8 времязадающей цепочки на элементах C20, C21, R3I.

Индикация настройки выполнена на светодиоде VD15.

Транзисторный ключ VT9 управляется выходным сигналом устройства сравнения УС.

Узел аварийного отключения УАО

Узел УАО (рис. 1) содержит искробезопасную обмотку III трансформатора T2, реле К2, конденсатор C28 и концевой диод VD21. Узел УАО работает следующим образом: в исходном состоянии через реле К2, концевой диод VD21 и замкнутые контакты выключателей КТВ, включенные в линию аварийного отключения конвейера, протекает постоянно ток, в результате чего реле К2 находится во включенном состоянии и его переключающий контакт подключает коллектор транзистора VT8 к обмотке реле К1.

При размыкании контакта выключателя КТВ разрывается цепь питания реле К2. Его переключающий контакт отключает коллектор транзистора VT8 от обмотки реле К1. Реле К1 отключается и, в свою очередь, выдает сигнал на отключение привода контролируемого конвейера. Светодиод VD15 при этом гаснет.

После отключения реле К2 его контакт подключает светодиод VD14 к минусовому полюсу источника питания и он продолжает светиться.

При коротком замыкании в линии аварийного отключения конвейера реле К2 отключается и дальнейшее изменение состояния аппарата КС аналогично размыканию контакта КТВ.

Работа устройства в режиме контроля скорости движения ленты ленточного конвейера

Коммутационные элементы схемы должны находиться в следующих положениях: переключатель ХТ – в положении 1...5 (работа устройства будет рассмотрена в положении I), тумблер S2 – в положении Л (ленточный), контакт КМ в схему не включен.

При отсутствии сигнала датчика ДС (конвейер не включен) транзистор VT1 закрыт, а VT2 открыт, напряжение на С10, С11 и, следовательно, на входе 5 усилителя D отсутствует, на выходе 10 напряжение близко к нулю (относительно точки -9В). Реле К1 отключено, светодиоды VD14 и VB15 не светятся.

Поворотом оси резистора К5 «настройка» по часовой стрелке в крайнее положение устанавливают на входе 5 усилителя D максимальный сигнал $U_{вх}$.

Запуск конвейера

После разгона конвейера светодиод VD15 «настройка» начинает ярко светиться, так как на выходе 10 усилителя D появляется постоянное напряжение высокого уровня, которое через транзистор VT4, резистор R25 и стабилитрон VD10 поступает на базу транзистора VT9.

Нажатием кнопки S3 «настройка» устанавливают на коммутаторе КУС нижний уровень опорного напряжения, соответствующий $0,97 U_n$. Одновременно медленным вращением оси резистора R5 против часовой стрелки уменьшают величину сигнала $U_{вх}$ до

величины напряжения, лежащей в пределах между верхним и нижним опорными уровнями, т. е. между скоростями $1,0U_n$ и $0,97U_n$.

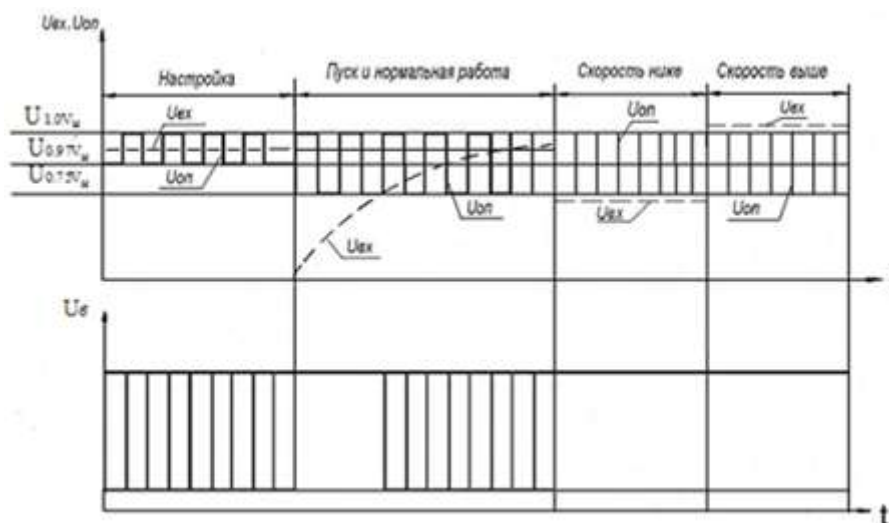


Рис. 2. Диаграмма напряжений

- U_{op} – уровень опорного напряжения
- $U_{вх}$ – уровень входного напряжения
- $U_{в}$ – уровень выходного напряжения
- U_n – нормальная скорость ленты конвейера
- $U_{1.0V_n}$, $U_{0.97V_n}$, $U_{0.75V_n}$ – уровни напряжения, соответствующие $1.0V_n$, $0.97V_n$, $0.75V_n$ скоростям ленты конвейера

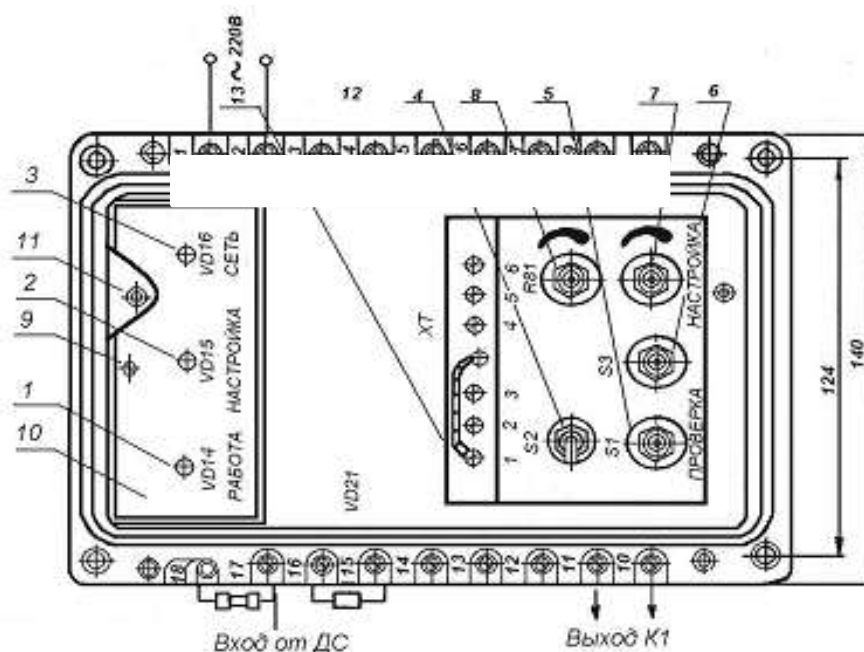


Рис. 3. Выемная часть аппарата КС

В это время на выходе IC усилителя D и эмиттере транзистора VT4 появляется напряжение переменного тока, который через резистор R25, конденсатор C18 (постоянный сигнал через конденсатор C18 не проходит), резистор R30, диод VD12 и резисторы P31, P32 подается на вход усилителя на VT6...VT8. Включается реле K1, светодиод VD14 начинает светиться, яркость свечения светодиода VD15 уменьшается, так как он периодически гаснет с частотой напряжения U_v . Затем отпускают кнопку S3 «настройка» и вращением оси резистора R31 устанавливают необходимую выдержку времени на отключение. После этого осуществляется проверка. Проверка преследует цель убедиться в отключении реле при снижении скорости ленты на 25 %. Напряжение фактической скорости $U_{вх}$, подаваемое на вход 5 усилителя, пропорционально частоте сигнала и разности напряжений, прикладываемых к конденсаторам C1, C2 в момент заряда и разряда. Проверка выполняется путем снижения на 25 % перепада прикладываемых напряжений при заряде-разряде конденсаторов C1, C2, что эквивалентно снижению частоты (скорости) на 25 %.

При нажатии кнопки S1 «проверка» расшунтируется резистор R3. Благодаря этому, в полупериоды разряда конденсаторов C1, C2 (когда открыт VT2) образуется делитель напряжения R2-R3 и разряд емкости происходит не до нуля. За счет этого импульсы энергии при последующих зарядах C1, C2 оказываются соответственно меньшими. Поэтому напряжение $U_{вх}$ на входе 5 усилителя D пропорционально падает и становится меньше нижнего опорного уровня. При этом гаснет светодиод VD15 (красный) и с выдержкой времени на отключение – светодиод VD14 (зеленый). Реле отключается. Настройка закончена.

4.3. Конструкция аппарата КС

Аппарат КС заключен в пластмассовую оболочку, состоящую из корпуса и основания. Корпус имеет подпружиненную крышку, закрывающую элементы настройки и регулировки. На основании размещены выемная часть (рис. 3) и 18 винтовых зажимов.

На верхней плате съемного блока размещены (см. рис. 3) светодиоды 1-3 (VD14 «работа», VD16 «сеть»), тумблер 4 (S2), кнопки 5, 6 (S1 «проверка», S3 «настройка»), резисторы 7, 8 (R5 «настройка», R31 «время»), переключатель ХТ для настройки устройства на

заданную номинальную скорость конвейера, представляющий собой ряд винтовых зажимов 12 и лепестков 13, подключаемый к одному из этих зажимов.

Между 15 и 16-м винтовыми зажимами основания установлен концевой диод VD21.

Датчик DC подключается к зажимам 17-18, питание ~ 220 В – к зажимам 1-2. Выходной сигнал может быть снят с контактов исполнительного реле (зажимы 4-14).

5. ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД

Стенд включает следующие элементы (рис. 4):

- аппарат КС серийного устройства УКС.1;
- датчик скорости BR, представляющий собой датчик типа ДКС (синхронный тахогенератор);
- электропривод датчика скорости, состоящий из электродвигателя М постоянного тока и регулятора напряжения (имитатор конвейера);
- тумблер SA1 и светодиод HL1 «сеть» для включения и индикации напряжения питания ~ 220 В аппарата КС;
- светодиод HL2, сигнализирующий о включении исполнительного реле аппарата КС (о включении конвейера);
- вольтметр PV для измерения скорости конвейера.

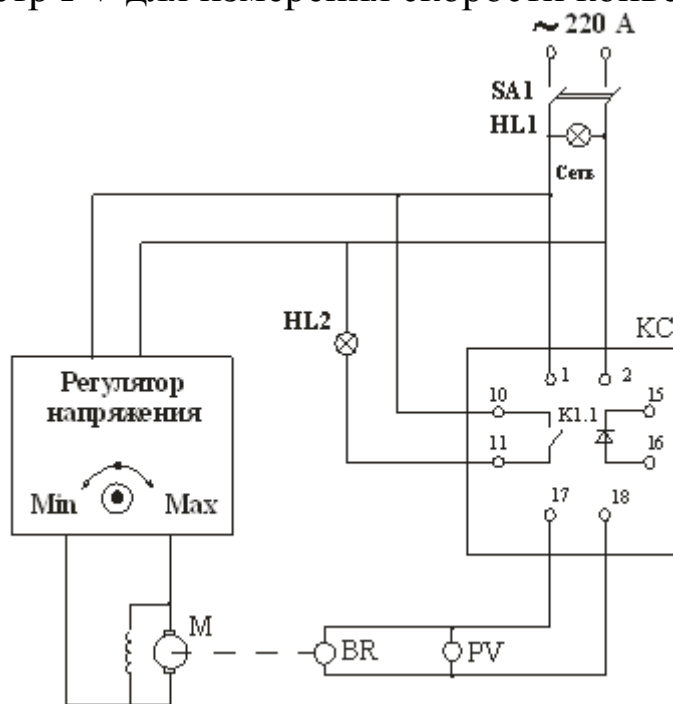


Рис. 4. Принципиальная электрическая схема лабораторного стенда

Настройка и проверка работоспособности устройства УКС на стенде включает в себя следующие операции:

1) подготовить аппарат КС к работе. Тумблер 4 (S2) аппарата КС (см. рис. 3) установить в положение Л (ленточный). Ось регулятора 7 (R5 «настройка») повернуть в крайнее правое положение, а резистора 8 (R31 «время») в крайнее левое положение, что соответствует минимальной выдержке времени. Лепесток 13 установить в положение, соответствующее той зоне, в которой находится заданная номинальная скорость конвейера (см. табл. 2);

2) тумблером SA1 включить питание аппарата КС (должны засветиться светодиоды HL1 на стенде и VD16 в аппарате КС);

3) запустить конвейер – установить регулятором напряжения такую скорость вращения электродвигателя М, при которой загорится светодиод VD15 «настройка» в аппарате КС;

4) настроить аппарат КС на заданную преподавателем номинальную скорость конвейера. Нажать кнопку 6 (S3 «настройка») плавно поворачивать ось резистора 7 (R5 «настройка») против часовой стрелки до тех пор, пока яркость свечения светодиода VD15 «настройка» не уменьшится. При этом должен начать светиться светодиод VD14 «работа». Если вместо уменьшения яркости светодиод VD15 вообще гаснет, необходимо плавно поворачивать ось резистора R5 и добиться одновременного свечения светодиодов VD14 и VD15, что сигнализирует об окончании настройки аппарата КС на заданную скорость. Отпустить кнопку 6 (S3 «настройка»);

5) установить заданную выдержку времени на отключение конвейера (отключение исполнительного реле). Это обеспечивается плавным поворотом оси резистора 8 (R31 «время») по часовой стрелке и периодическим замером времени отключения секундометром;

6) проверить работоспособность устройства в части контроля снижения скорости. Нажать кнопку 5 (S1 «проверка»). При этом гаснет светодиод VD15 (красный) и с выдержкой времени на отключение – светодиоды VD14 (зеленый) и HL2. Реле К1 отключается;

7) изменяя плавно регулятором напряжения скорость конвейера, определить с помощью прибора PV значения скорости срабатывания и отпускания исполнительного реле аппарата КС (скорости

сти, при которых загорается и гаснет светодиод HL2). Вычислить коэффициент возврата реле $K_{\epsilon} = \frac{V_{omn}}{V_{cp}}$.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Состав и назначение устройства УКС.
2. Технические характеристики устройства.
3. Устройство и принцип действия основных элементов аппарата контроля скорости (элементов Пр, КУС, УС, ВБ, УАО).
4. Как настраивается УКС на номинальную скорость конвейера?
5. Как настраивается УКС на заданную выдержку времени на отключение конвейера?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5. УСТРОЙСТВО АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ПОЖАРА

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить устройство и принцип действия автоматической защиты от пожара, использующей установку водяного пожаротушения (УВП).

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Ознакомиться с конструкцией установки водяного пожаротушения. Изучить принцип действия извещателя пожара ИПК и пускового устройства ПУ, обеспечивающего автоматическую подачу воды в трубопровод с оросителями для тушения пожара.

2.2. Проверить на лабораторном стенде работоспособность устройства автоматической защиты от пожара. Определить время срабатывания и отключения датчика-извещателя пожара ИПК.

3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

3.1. Привести структурную схему установки УВП, записать состав ее элементов и функции, выполняемые ими.

3.2. Привести принципиальную схему извещателя пожара ИПК.

3.3. Представить результаты лабораторных испытаний работоспособности УВП и временные параметры ИПК.

4. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ УВП

4.1. Назначение и состав УВП

Установка водяного пожаротушения предназначена для автоматической защиты объектов, например конвейерных установок, от пожаров путем создания водяной завесы в защищаемой зоне при повышении температуры в нем до заданного предельного значения, регулируемого в диапазоне от 30 до 60 %.

Структурная схема УВП представлена на рис. 1. Она включает в свой состав дискретные датчики типа ИПК (до 4 шт.), реагирующие на температуру среды в местах их установки, пусковое устройство ПУ, содержащее электрическую схему и механический привод, запорное устройство (клапан) ЗУ, задвижку и трубопровод с оросителями. Электрическая схема ПУ формирует сигналы:

- а) на открывание запорного устройства ЗУ;
- б) на отключение электропитания защищаемого объекта
- в) на блокировку соседних УВП (запрет на их включение) при срабатывании данной установки;
- г) оперативному персоналу (диспетчеру) о срабатывании защиты (включении ПУ).

Механический привод ПУ содержит рычаг для взвода пружины, чеку для ручного включения привода, шток, приводимый в движение пружиной.

При возникновении пожара и повышении температуры окружающего воздуха до заданного значения срабатывает ИПК и подает электрический сигнал в схему ПУ, вследствие чего подается напряжение на нагреватель, плавится термопластическая нить ПУ, шток его выдвигается пружиной и действует на клапан запорного устройства, вызывая открывание ЗУ и подачу воды к оросителям. При этом образуется водяная завеса, которая, орошая пожароопасные места, ликвидирует пожар. В случае визуального обнаружения пожара еще до автоматического срабатывания установки последняя

должна быть включена в работу вручную путем выдергивания чеки ручного пуска ПУ.

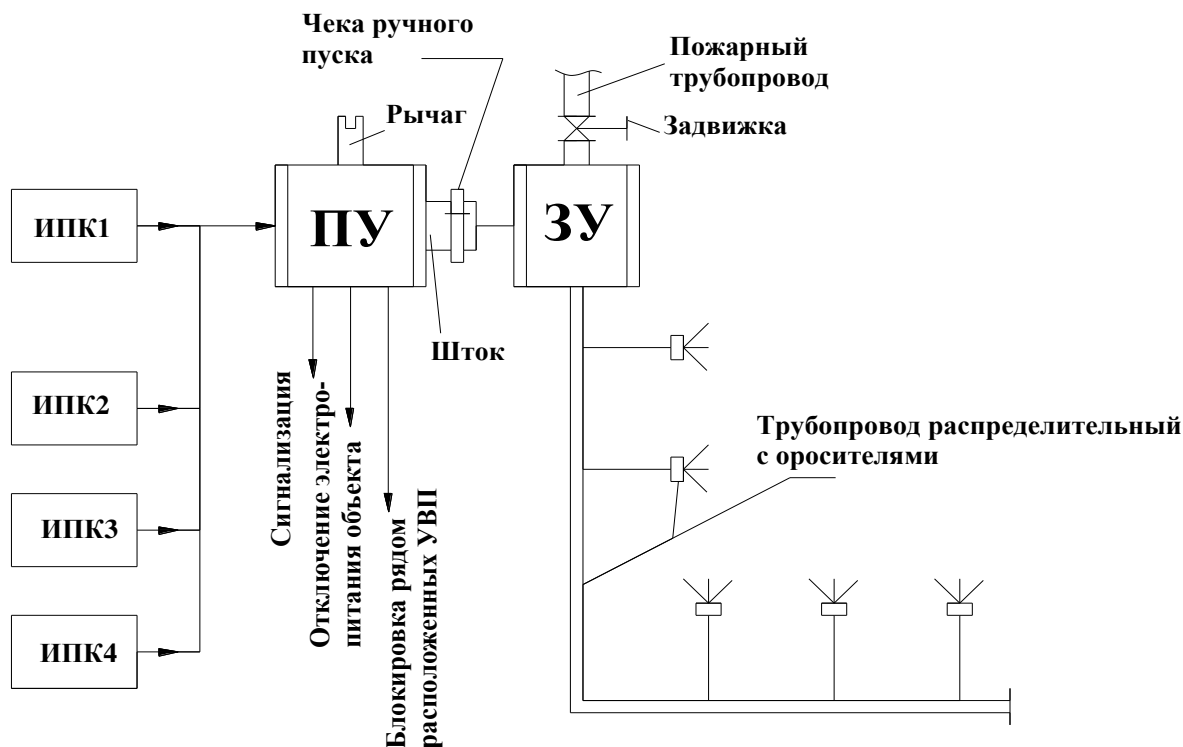


Рис. 1. Структурная схема установки водяного пожаротушения (УВП): ИПК – извещатель пожарный комбинированный; ПУ – пусковое устройство; ЗУ – запорное устройство (клапан)

4.2. Извещатель пожара ИПК

4.2.1. Общие положения

Извещатель ИПК выпускается одной модификации. Основные параметры и размеры приведены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование основных параметров и размеров	Нормы
1. Порог срабатывания при температуре, °С:	
для предельного значения	Регулируемый от 30 до 60
для скачкообразного изменения	Регулируемый от 10 до 30
2. Инерционность срабатывания при достижении предельного значения температуры, °С, не более	60

Наименование основных параметров и размеров	Нормы
3. Инерционность срабатывания при скачкообразном изменении температуры на 10 °С для нижнего и 30 °С для верхнего порога, с, не более	60
4. Напряжение питания постоянного тока, В	От 3,75±0,25 (для искробезопасного источника) до 12 В
5. Ток, потребляемый в режиме ожидания при напряжении до 4 В, мА, не более	2
6. Ток, потребляемый в режиме сигнализации, мА, не более	100

Извещатель может эксплуатироваться в условиях, указанных в табл. 2.

Таблица 2

Условия работы	Норма
1. Температура окружающей среды, °С	От –10 до +35
2. Относительная влажность окружающей среды при температуре 35 °С, %	100
3. Вибрация: диапазон частот, Гц амплитудное значение виброперемещения, мм	От 5 до 30 0,1
4. Предельное значение запыленности окружающей среды, мг/м	1600

4.2.2. Устройство и принцип действия

Извещатель ИПК (рис. 2) состоит из пластмассового корпуса 1, платы компараторов 2, блока чувствительных элементов 3, установленных на корпусе. Корпус 1 имеет элемент крепления извещателя на объекте контроля, два кабельных ввода для подключения с гайками наживными 4, съемную крышку 5 с уплотнением 6.

Чувствительные элементы, вынесенные на корпус, имеют защитное покрытие.

Принципиальная электрическая схема ИПК представлена на рис. 3. Извещатель имеет две чувствительные системы: одну, реагирующую на заданную температуру; вторую – на скачкообразное повышение температуры.

Микросхема D3 соединена по схеме «ИЛИ». Для соединения по схеме «И» удалить на плате А1 перемычки между контактами 6

и 9, 7 и 13 и установить их между контактами 9 и 11, 7 и 12, для получения выхода ИПК по схеме эмиттерного повторителя удалить перемычки между контактами 8 и 14 платы А1, 15 платы А1 и зажима со шпилькой и установить перемычки между контактами 10 и 15 и 3 зажима со шпилькой 14 платы А1.

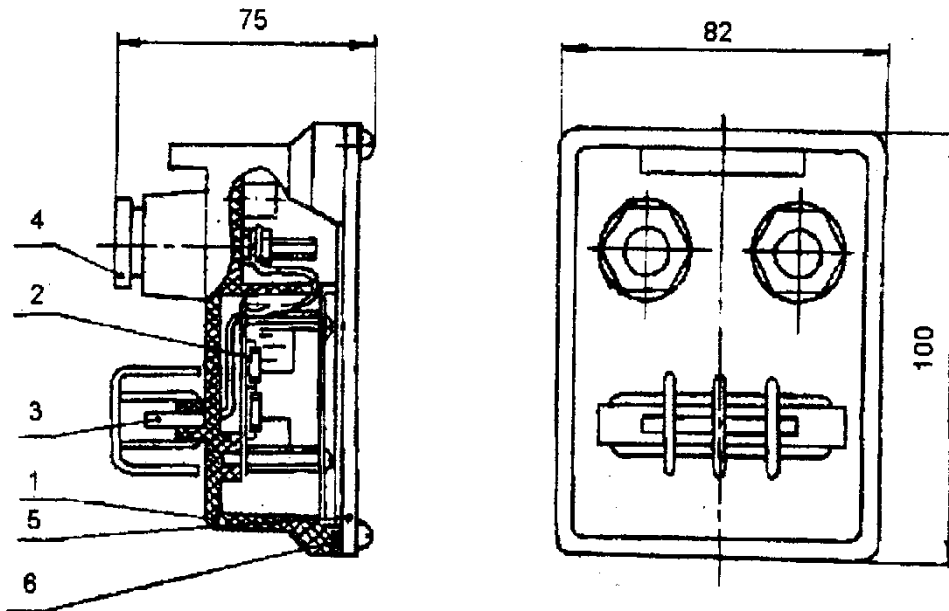


Рис. 2. Извещатель пожарный комбинированный ИПК

Впервой использован терморезистор, включенный в мостовую схему, во второй – две группы кремниевых диодов (включенных по 4 последовательно в проводящем направлении), образующих два прилежащих плеча моста. Выходы первой и второй мостовых схем включены на входы соответствующих компараторов, выполненных на микросхемах D1 и D2.

В нормальном состоянии мосты не уравновешены. Повышение температуры до заданного значения или скачкообразное повышение температуры приводят к равновесию соответствующих мостов и появлению на выходах D1 и D2 усиленного выходного сигнала в виде повысившегося напряжения.

Выходы микросхем включены на входы логической схемы, выполненной на микросхеме D3.

Выходной сигнал микросхемы D3 поступает на базу транзистора V9. Сигнал о пожаре выдается при открывании транзистора V9.

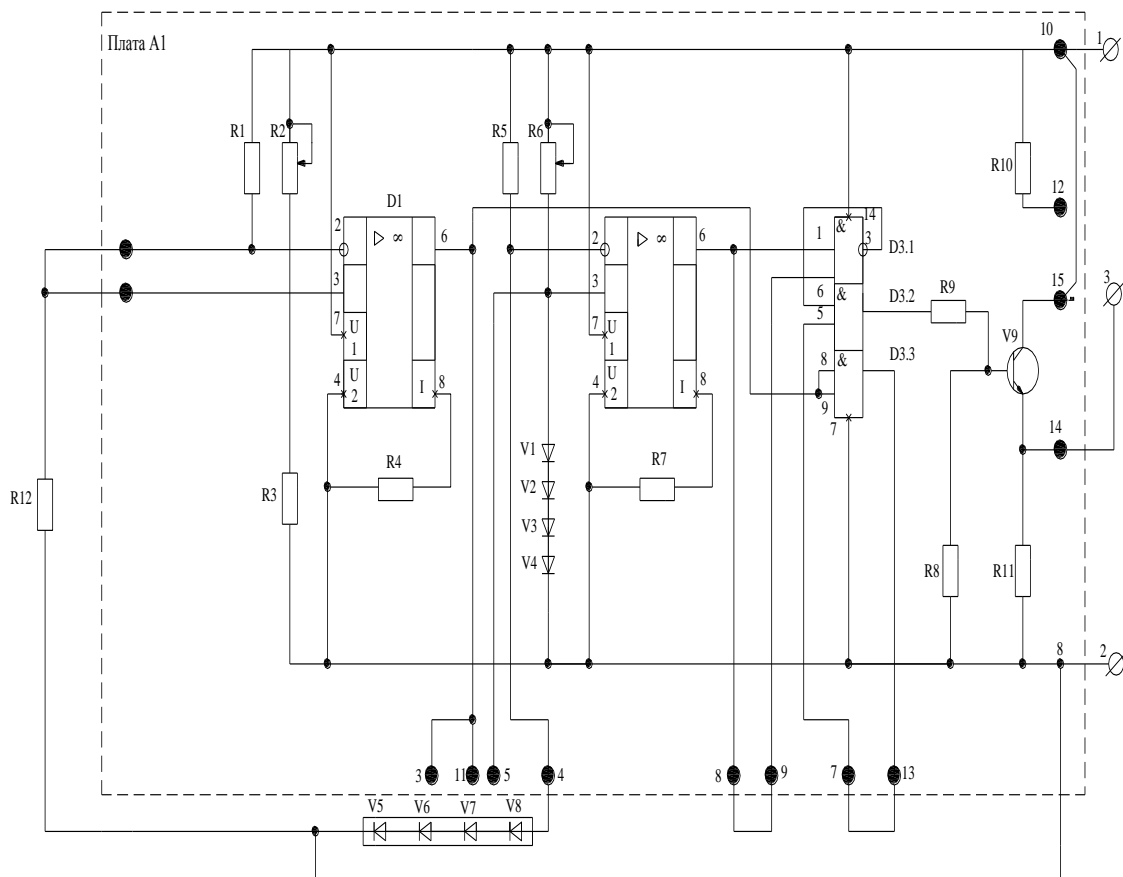


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема ИПК.

Питание извещателя осуществляется от источника питания установки, с которой он работает.

Настройка чувствительных элементов на заданные пороги срабатывания извещателя осуществляется переменными резисторами R2, R6.

Использование микросхемы D3 позволяет сформировать выходной сигнал извещателя по логической схеме «И» или «ИЛИ». Необходимые переключения для указанных логических схем выполняются с помощью установки соответствующих перемычек на плате.

Перечень элементов принципиальной электрической схемы приведен в табл. 3.

Поставляемые заводом извещатели, предназначенные для работы с ПУ установки УВП, настроены на порог срабатывания по максимальной температуре 40 °С и порог срабатывания по скачкообразному повышению температуры 10 °С. Выходной сигнал извещателя сформирован по логической схеме «ИЛИ», т. е. при аварий-

ных изменениях температурного режима, вне зависимости от того, приводят они к срабатыванию какого-либо одного чувствительного элемента, или сразу двух, извещатель выдает сигнал срабатывания.

Для правильного использования возможностей, заложенных в конструкцию и схему извещателя, необходимо предварительно определить температурный режим в местах его установки и использования при нормальных условиях работы и аварийных, приводимых к срабатыванию извещателя.

Таблица 3

Позиционное обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
V1-V8	Диод КД 522Б дРЗ.362.029 ТУ	8	К140УД12
D1, D2	Микросхема КР140УД1208 б.КО.348.467 ТУ	2	
D3	Микросхема К561ЛА7 б.КО.348.467 ТУ	1	
R4, R7	Резистор МЛТ-0,25-1 МОм + 20% ОЖО.467.180ТУ	2	
R9	Резистор МЛТ-0,25-510 Ом + 20% ОЖО.467.180ТУ	1	
R1, R3, R5	Резистор МЛТ-0,25-5,1 кОм + 5% ОЖО.467.180ТУ	3	
R10	Резистор МЛТ-0,25-22 кОм + 20% ОЖО.467Л80ТУ	1	
R2, R6	Резистор СП5-2В-20 кОм + 10% ОЖО.468.561 ТУ	2	
R12	Терморезистор ММТ-1,6,8кОм ОЖО.468.086 ТУ	1	
V9	Транзистор КТ630Еа АО.336.146.ТУ	1	
R11	Резистор МЛТ-0,25-10 кОм±20%	1	
R8	Резистор МЛТ-0,25-51кОм+20%	1	

Например, если нормальная температура среды (21–25) °С, а аварийным является подъем температуры до (30–35) °С, то по максимальному порогу срабатывания извещатель должен быть настроен на температуру (30–35) °С. В таком случае его порог срабатывания, установленный заводом, должен быть перестроен в сторону снижения. Это обеспечит более раннее и своевременное обнаружение пожара.

Если же нормальный температурный режим среды близок к 40 °С, или превосходит его, то порог срабатывания извещателя должен быть перестроен в сторону повышения, например, до (45–50) °С, что исключает ложные срабатывания извещателя, вызванные не аварийным повышением температуры, а неправильной настройкой извещателя.

При установке извещателя в зоне, где не предполагаются значительные периодические температурные помехи и нарастание температуры может быть вызвано только аварийным режимом, целесообразно формирование его выходного сигнала по схеме «ИЛИ».

Выходной сигнал извещателя следует формировать по схеме «И» в тех случаях, когда он используется в местах, где режимы работы не относящиеся к аварийным, приводят к значительным температурным помехам, например, пиковым повышениям температуры на (15–20) °С и выше.

Этим можно исключить влияние на нормальную работу извещателя тепловых помех. При этом сигнал срабатывания извещателя подается только при наличии двух аварийных факторов: скачкообразного аварийного подъема температуры и аварийной максимальной температуры.

4.3. Пусковое устройство

Принципиальная электрическая схема ПУ приведена на рис. 4. Она содержит управляемый ключ на транзисторе VI, тиристор V2, подключающий нагреватель R4 термопластичной нити к источнику питания, реле блокировки K1, магнитоуправляемые контакты S1–S4, изменяющие свое состояние при срабатывании ПУ (на схеме состояние этих контактов показано для режима ожидания УВП, когда рычаг пусковых устройств взведен, т. е. его привод готов к работе).

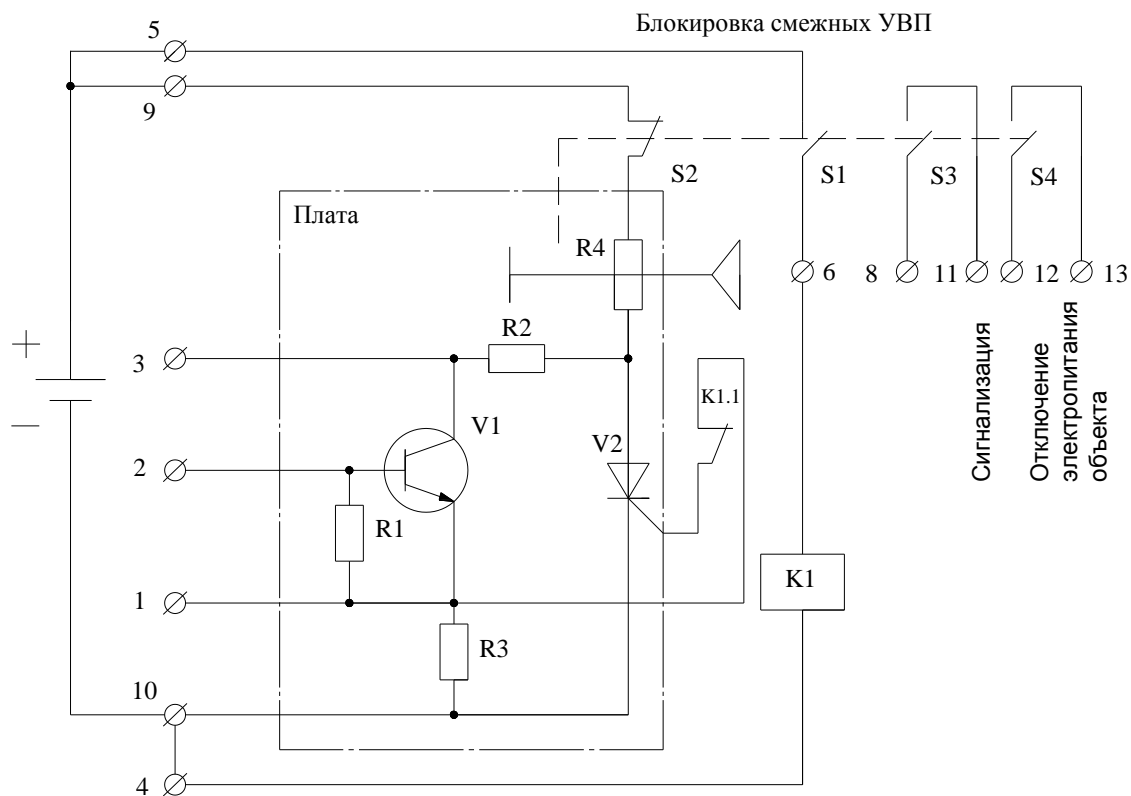


Рис. 4. Принципиальная электрическая схема пускового устройства

В случае необходимости блокировки, например при использовании пусковых устройств для автоматического включения установок пожаротушения вдоль конвейерного става, где необходимо исключить одновременное включение всех установок пожаротушения, обмотки блокировочных реле пусковых устройств соединяются по схеме рис. 5, а их контакты включаются в цепи управления тиристорами в электрических схемах ПУ (см. рис. 4). В этом случае при срабатывании любого ПУ замыкается магнитоуправляемый контакт S1 в цепи обмотки реле данного ПУ и питание подается на обмотки всех реле K1 в пусковых устройствах, что приводит к размыканию их контактов K 1.1 и, следовательно, исключено срабатывание других ПУ. Если блокировка работы отдельных ПУ не требуется, то реле K1 к схеме не подключается, его контакты K 1.1 исключаются из цепи управления тиристором V2 (см. рис. 4).

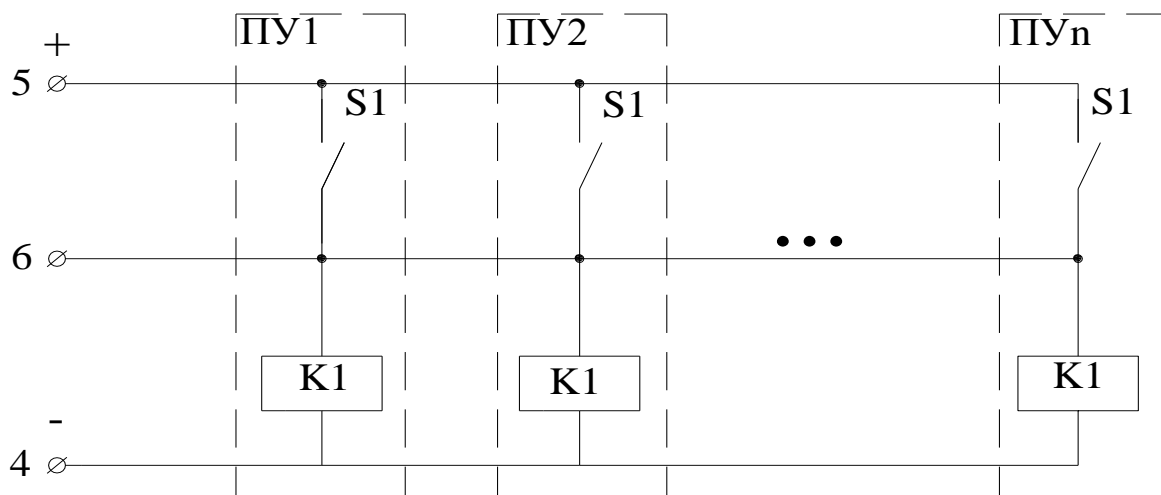


Рис. 5. Схема автоматической блокировки включения пусковых устройств рядом расположенных УВП

5. ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД

Стенд (рис. 6) включает в свой состав: а) источник питания ИП (трансформатор Т1, выпрямитель UZ1 и др.); б) типовые элементы УВП: извещатель пожара ИПК и пусковое устройство ПУ; в) нагреватель-лампу HL1, имитирующую возникновение пожара путем повышения температуры воздуха рядом с ИПК; г) сигнальные лампы срабатывания ИПК (лампа HL2) и ПУ (лампа HL3); д) тумблеры включения сети – SA1, нагревателя – SA2, блокировочного реле, запрещающего срабатывание ПУ – SA3.

Последовательность операций на стенде при проверке работоспособности УВП:

1) включить тумблеры SA1 и SA3 (подать питание на ИПК и ПУ и заблокировать срабатывание ПУ);

2) включить тумблером SA2 лампу HL1, которая нагреет чувствительные элементы ИПК, что через некоторое время приведет к его срабатыванию;

3) определить время запаздывания срабатывания ИПК, отсчитывая его по наручным часам от момента включения лампы HL1 до момента загорания лампы HL2 (срабатывания ИПК), сравнить его с паспортным значением;

4) отключить тумблеры SA2 и SA3 (отключить нагреватель ИПК и блокировку ПУ), перевести тем самым УВП в режим ожидания в течение 3-5 мин;

5) включить тумблер SA2 (лампу HL1), зафиксировать моменты срабатывания датчика ИПК и пускового устройства ПУ по загоранию ламп HL2 и HL3;

6) отключить тумблер SA2, зафиксировать время отключения ИПК (погасание лампы HL2). Лампа HL3 должна продолжать гореть, сигнализируя о том, что пусковое устройство находится не во взведенном состоянии;

7) взвести в рабочее состояние ПУ поворотом его рычага, лампа HL3 должна погаснуть;

8) выключить тумблеры SA1, SA3.

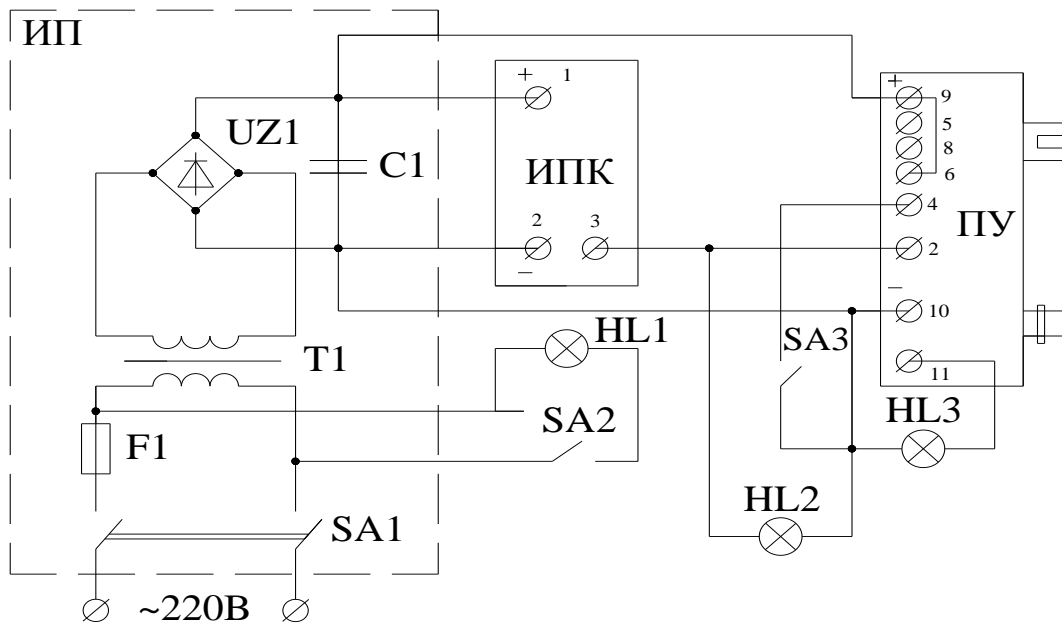


Рис. 6. Принципиальная электрическая схема лабораторного стенда УВП

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Состав и функции установки водяного пожаротушения;
2. Технические данные ИПК и условия его работы;
3. Принцип действия ИПК;
4. С какой целью в ИПК введено два чувствительных элемента;

5. Принцип действия ПУ;
6. Назначение и схема включения блокировочных реле.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6. МИКРОПРОЦЕССОРНОЕ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ УТ24

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить назначение, устройство и программирование на выполнение требуемых функций автоматизации технологических объектов микропроцессорного реле времени УТ24.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Ознакомиться с назначением, устройством и функциональными возможностями УТ24.

2.2. Изучить принципы программирования УТ24 с помощью кнопок, цифровых и световых индикаторов лицевой панели прибора для задания и записи в память требуемых при эксплуатации рабочих параметров.

2.3. Осуществить программирование УТ24 – установить параметры, необходимые для реализации временных функций управления компрессорным агрегатом на стенде САКУ (система автоматизации компрессорной установки).

2.4. Провести на стенде САКУ экспериментальные исследования УТ24 в режиме РАБОТА, в котором прибор производит опрос входов и выполняет заранее заданные в режиме ПРОГРАММИРОВАНИЕ программы по управлению его выходными устройствами, включенными в цепи управления САКУ.

3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

3.1. Назначение и технические характеристики УТ24;

3.2 Функциональная схема прибора, программы управления исполнительными механизмами (программы таймеров 1 и 2), которые могут быть заданы пользователем, и порядок программирования (схема установки параметров реле);

3.3 Лицевая панель УТ24: Элементы управления и индикации;

3.4 Перечень и значения программируемых параметров УТ24, установленные пользователем при настройке реле на выполнение программы управления электропневмоклапанами ЭПК1 и ЭПК2 на стенде САКУ;

3.5 Временные диаграммы работы УТ24 на стенде САКУ – программы управления, реализуемые таймерами 1 и 2 при пуске и работе компрессора.

4. ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ УТ24

4.1. Назначение, устройство и принцип действия прибора

Прибор применяется в качестве таймера, устройства задержки включения или формирователя последовательности импульсов, длительность которых задается пользователем. Прибор может быть использован при выполнении технологических процессов, начало выполнения, которых не связано с календарным временем.

Основные технические характеристики прибора УТ24 приведены в табл. 1.

Таблица 1

Питание	
Напряжение питания	
– переменное	130... 265 В
– постоянное	180... 310 В
Потребляемая мощность	не более 4 ВА
Входы	
Количество входов управления	3
Напряжение низкого (активного) уровня на входах	от 0 до 4 В
Напряжение высокого уровня на входах	от 12 до 30 В
Характеристики таймеров	
Количество таймеров	2
Длительность временных интервалов	0..99 ч 59 мин 59,9 с
Дискретность установки длительности временных интервалов	0,1 с
Количество программируемых шагов в цикле	до 30
Количество циклов в программе	от 1 до 9999 или бесконечное
Время задержки начала выполнения программы	0...9 ч 59 мин 59,9 с

Параметры встроенных выходных устройств			
Максимальный ток, коммутируемый контактами реле	8 А при напряжении 220 В и $\cos\varphi > 0,4$		
Максимальный ток нагрузки транзисторной оптопары	0,2А при напряжении +50 В		
Максимальный ток нагрузки оптосимистора	50 мА при 300 В		
Максимально допустимый ток нагрузки дублирующего выхода второго канала	или 0,5 А при $t_{имп} = 5$ мс, 50 Гц 30 мА (при напряжении + 30 В)		
Характеристики корпусов			
Тип корпуса	настенный Н	щитовой Щ1	щитовой Щ2
Степень защиты корпуса	IP44	IP54*	IP20*
Габаритные размеры корпуса, мм	130×105×65	96×96×70	96×48×100
Масса прибора	не более 1,0 кг		

*Со стороны передней панели

Функциональная схема прибора приведена на рис. 1. Прибор имеет три входа для подключения управляющих сигналов, два независимых таймера для отсчета временных интервалов и селектор входов для коммутации входов прибора на входы таймеров. Каждый таймер имеет свое выходное устройство, которое в зависимости от модификации прибора может представлять собой либо реле, либо транзисторную оптопару, либо оптосимистор.

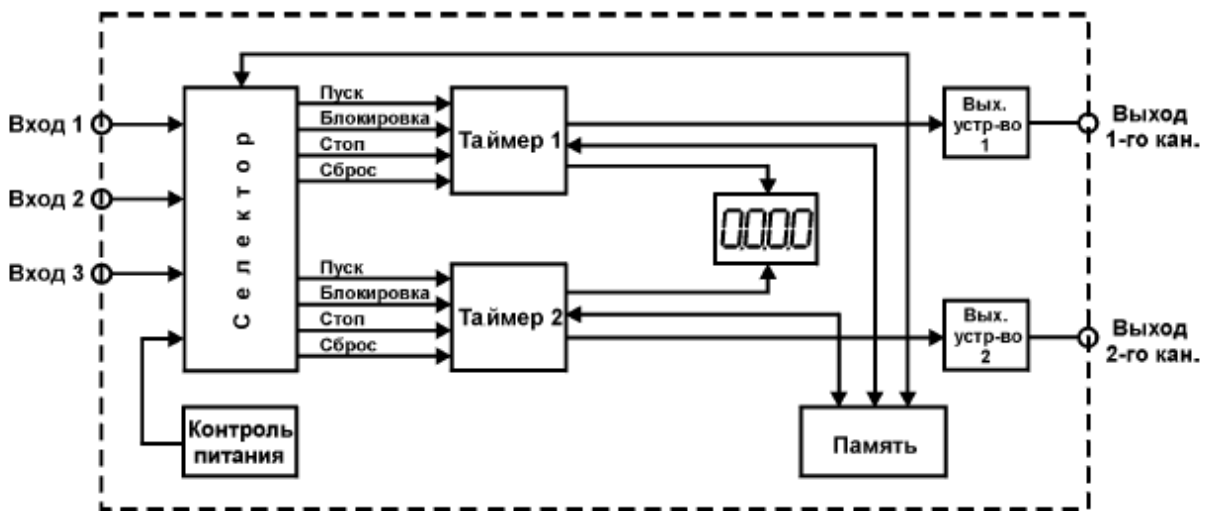


Рис. 1

Два независимых таймера прибора выполняют свою программу, состоящую в выдаче на соответствующее выходное устройство повторяющейся заданное количество раз последовательности импульсов произвольной длительности, называемой **циклом** (рис. 2).

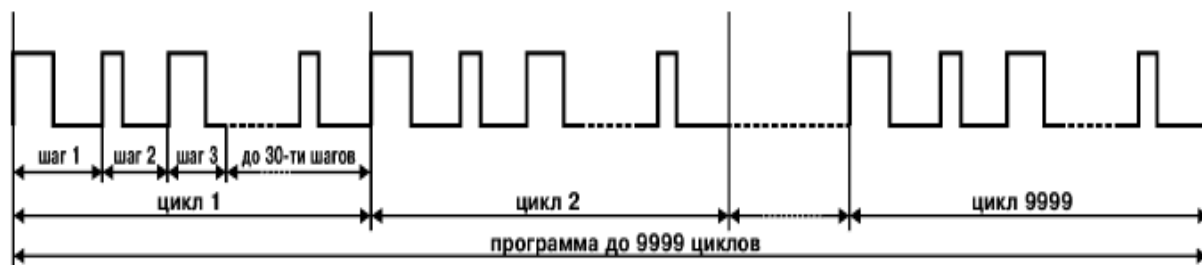


Рис. 2

Количество циклов для каждого таймера задается в параметре «**nX**»*, который может принимать значения от 1 до 9999 или «**CYCL**». Если $nX = 1$ до 9999, то после выполнения соответствующего числа циклов таймер останавливается, оставляя выходное устройство в выключенном состоянии.

Если $nX = \text{CYCL}$, то таймер, не останавливаясь, до бесконечности повторяет выполнение заданной последовательности.

Параметр «**tXon**» задает время длительности импульса, в течение которого выходное устройство должно быть включено.

Параметр «**tXoF**» задает длительность паузы, в течение которой выходное устройство должно быть выключено.

* **X** в названии параметра – здесь и далее обозначает номер таймера.

Каждый из тридцати шагов последовательности имеет свою пару параметров «**tXon**» и «**tXoF**», которая выбирается при программировании прибора параметром «**SttX**» (рис. 3).

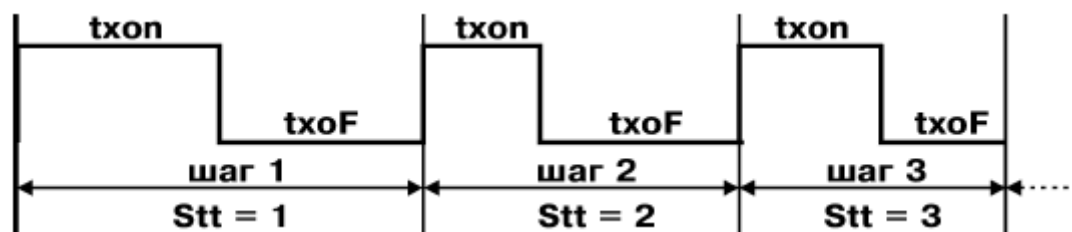


Рис. 3

Каждый цикл может содержать от одного до тридцати шагов, длительность каждого из которых задается параметрами «**tXon**» и «**tXoF**».

Количество шагов, которое должно быть выполнено в цикле, можно изменять. Для этого в приборе предусмотрен параметр «**StnX**». Например, если задать $StnX=2$, то таймер будет выполнять не все 30, а только первые два шага последовательности. После выполнения очередного цикла время длительности импульса в каждом шаге последовательности может автоматически изменяться на величину «**dXon**», а время длительности паузы – на величину «**dXoF**». Для этого необходимо задать значения этих параметров отличными от нуля (рис. 4).

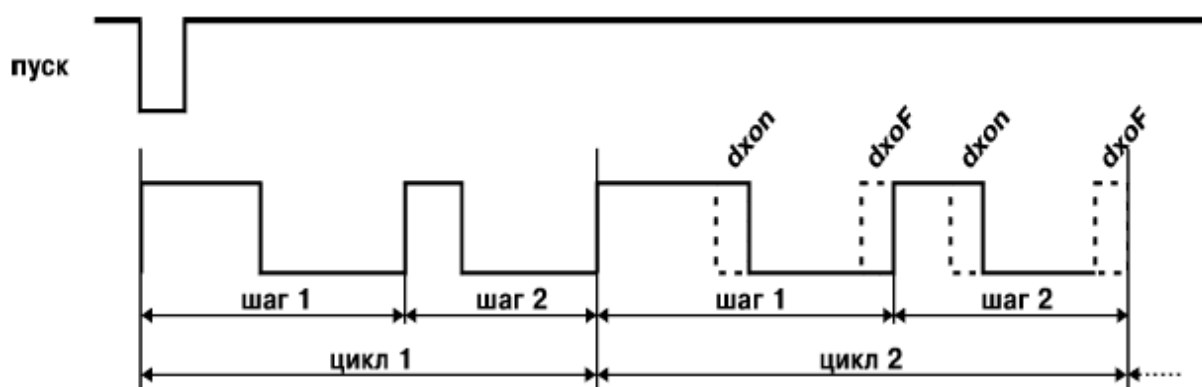


Рис. 4

Сигналы управления таймерами

На каждый таймер подаются четыре сигнала: «ПУСК», «СТОП», «БЛОКИРОВКА», «СБРОС».

Импульс «**Пуск**» запускает выполнение программы сначала или с места установки (рис. 5). Длительность импульса не менее 0,1 с. Задержка реакции прибора на сигнал «Пуск» составляет не более 0,1 мс.

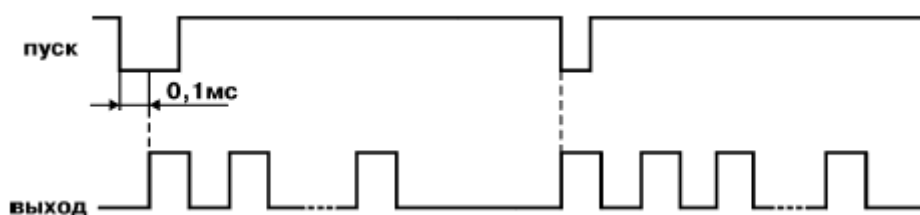


Рис. 5

При необходимости можно задержать начало выполнения программы каждого таймера относительно сигнала «Пуск» на время, заданное в параметре « t_{XdL} » (рис. 6).

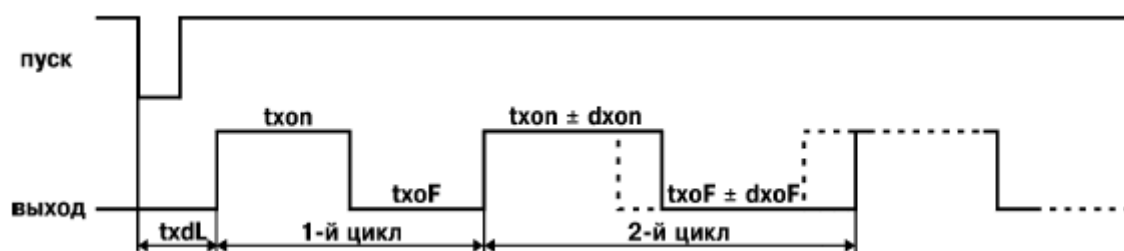


Рис. 6

Поступление сигнала «Стоп» останавливает выполнение программы. При этом выходное устройство остается в том состоянии, в котором оно было в момент прихода сигнала «Стоп». Выполнение программы продолжается после поступления сигнала «Пуск», если отсутствует активный уровень на входе «Стоп» (рис. 7).

Задержка реакции прибора на сигнал «Стоп» составляет не более 0,1 мс.

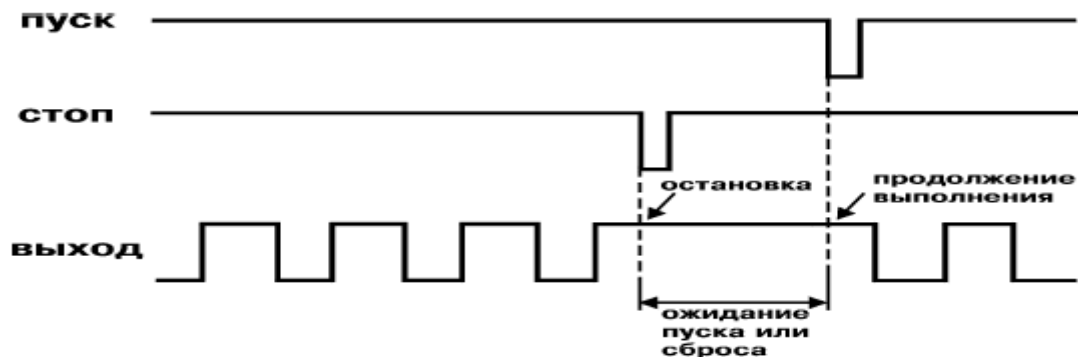


Рис. 7

Низкий уровень сигнала «Блокировка» останавливает выполнение программы (рис. 8). При этом выходное устройство остается в том состоянии, в котором оно было в момент прихода сигнала. Задержка реакции прибора на изменение сигнала блокировки составляет не более 0,1 мс. После снятия сигнала выполнение программы продолжится с момента остановки.

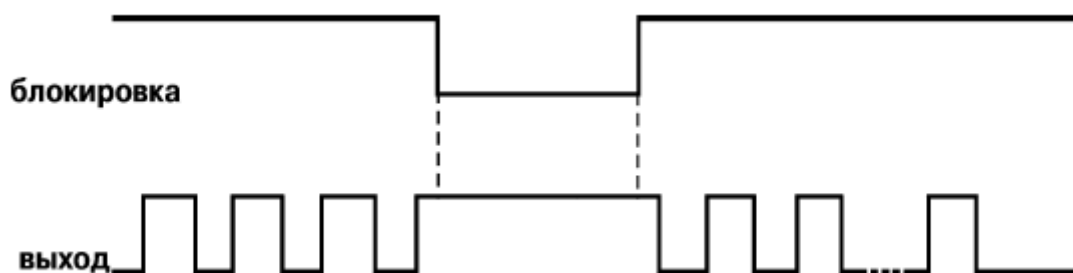


Рис. 8

Сигнал «Сброс» прекращает выполнение программы и возвращает таймер в исходное состояние. Время задержки реакции прибора на сигнал «Сброс» составляет не более 0,1 мс (рис. 9).

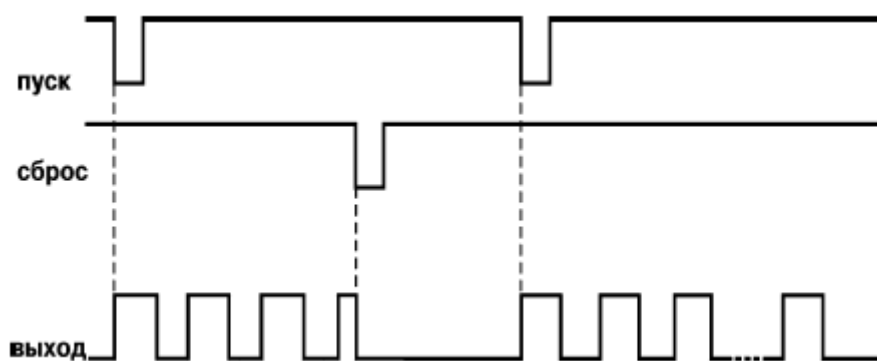


Рис. 9

Внешнее управление

Прибор имеет три входа для подключения внешних управляющих сигналов. К входам могут быть подключены:

- контакты кнопок, выключателей, герконов, реле и т. п. (рис. 10);

- активные датчики, имеющие на выходе транзистор n-p-n-типа с открытым коллекторным выходом. Для питания таких датчиков на клеммник прибора выведено напряжение +24...+30 В (максимальный ток нагрузки 100 мА) (рис. 11);

- другие типы датчиков с выходным напряжением высокого уровня от 12 до 30 В и низкого уровня от 0 до 4 В (рис. 12). Входной ток при напряжении низкого уровня не превышает 15 мА.

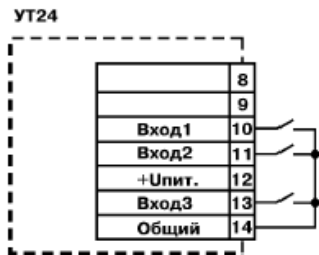


Рис. 10

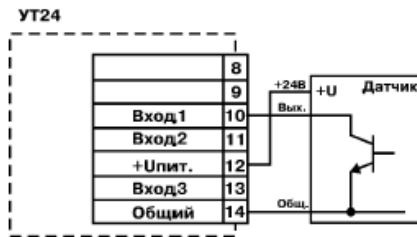


Рис. 11

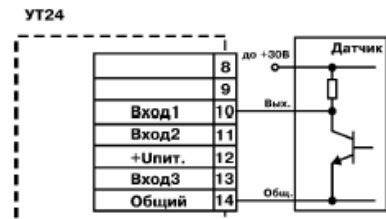


Рис. 12

Коммутацию входов прибора на входы таймеров выполняет селектор входов, состояние которого определяется параметром «InP».

Раздельный запуск таймеров осуществляется по первому и второму входам прибора соответственно при значениях «Inp»=1, 2 или 3. Третий вход прибора может быть подключен соответственно к входам «Сброс», «Блокировка» или «Стоп» одновременно обоих таймеров (рис. 13).

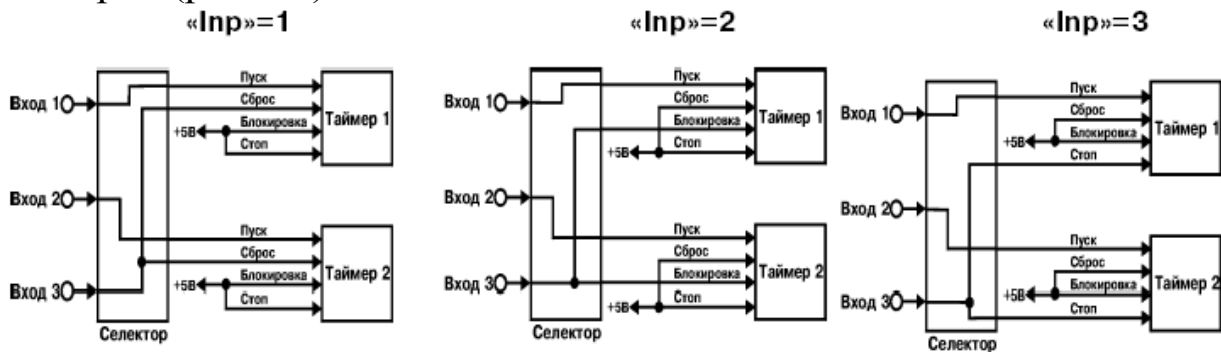


Рис. 13

Одновременный запуск таймеров осуществляется по первому входу прибора при «Inp»=4, а **одновременный сброс** – по третьему входу при «Inp»=5.

Второй вход имеет назначение соответственно «Блокировка» или «Стоп» (рис. 14).

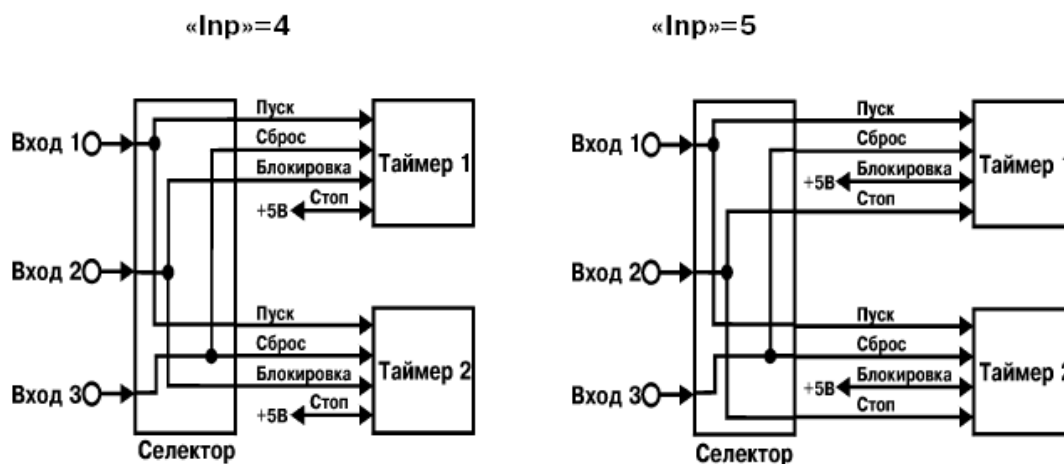


Рис. 14

Одновременный запуск таймеров при включении питания осуществляется при значении «Inp»=6 или 7, если на входах прибора отсутствует активный уровень сигналов «Сброс» или «Блокировка». При «Inp»=6 первые два входа предназначены для блокировки соответствующего таймера, а третий вход – для их одновременного «Сброса». При «Inp»=7 первые два входа предназначены для «Сброса» соответствующего таймера, а третий вход – для их одновременной «Блокировки» (рис. 15).

Сигнал «Пуск» для каждого таймера формируется селектором автоматически либо при подаче питания на прибор, либо после снятия активного уровня с входов «Сброс».

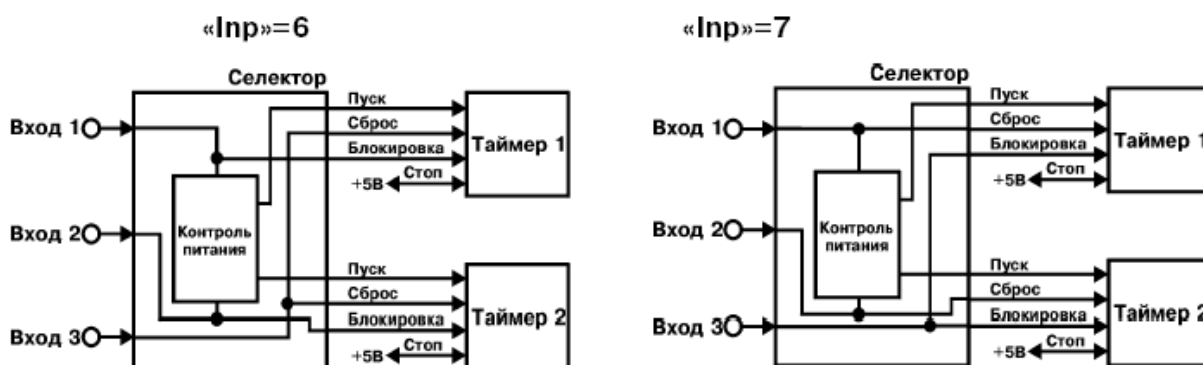


Рис. 15

В приборе предусмотрен контроль питания, благодаря которому производится запись текущих значений параметров выполняемой программы в энергонезависимую память. При восстановлении питания выполнение программы продолжается с того места, где оно было прервано.

Контроллер питания также формирует сигналы «Пуск», которые подаются на входы таймеров при соответствующих значениях параметра «**Inp**».

В приборе предусмотрена возможность задания различных условий перезапуска таймеров по окончании выполнения программы.

В зависимости от значения параметра «**rESt**» таймеры могут перезапускаться совместно или поочередно, запуская друг друга в различных комбинациях.

При «**rESt**»=1 условия перезапуска отсутствуют, т. е. по окончании выполнения программы ожидается поступление внешнего управляющего сигнала.

При «**rESt**»=2 оба таймера перезапустятся после окончания выполнения программы первого таймера (рис. 16).



Рис. 16

При «**rESt**»=3 оба таймера перезапустятся после окончания выполнения программы таймера 2 (рис. 17).

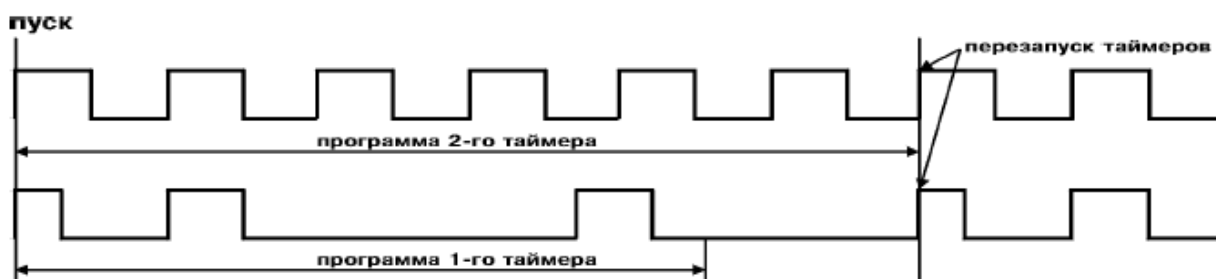


Рис. 17

При «**rESt**»=4 (установка возможна только при значениях «**Inp**»=1, 2 или 3) запуск или перезапуск таймера 2 происходит после окончания выполнения программы таймера 1 (рис. 18).

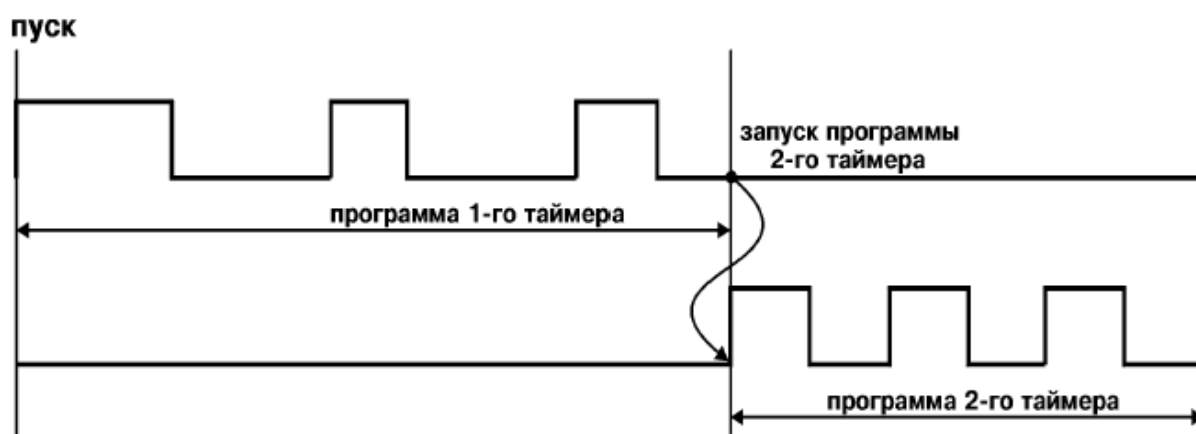


Рис. 18

При «rESt»=5 (установка возможна только при значениях «Inp»=1, 2 или 3) запуск или перезапуск таймера 1 происходит после окончания выполнения программы таймера 2 (рис. 19).

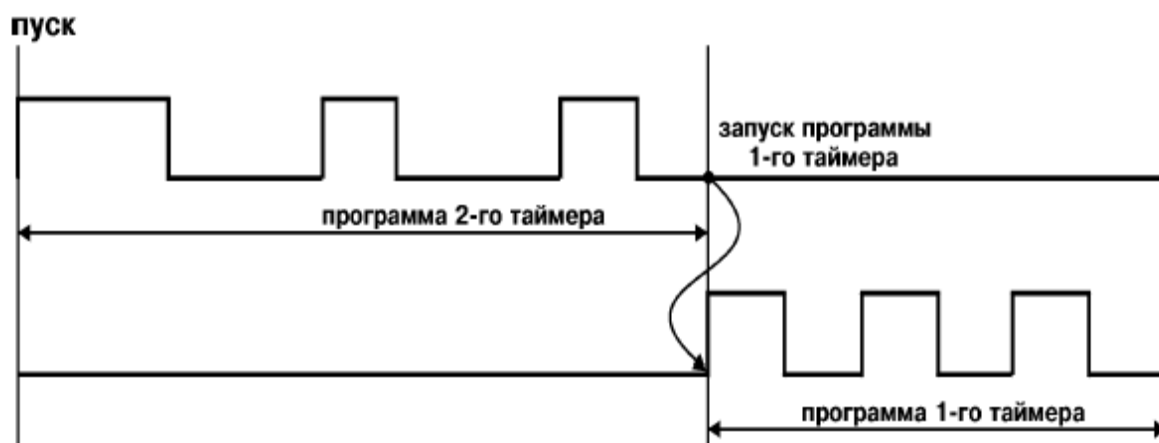


Рис. 19

При «rESt»=6 (установка возможна только при значениях «Inp»=1, 2 или 3) в случае завершения выполнения программы таймера 1 произойдет запуск или перезапуск таймера 2. В свою очередь завершение выполнения программы таймера 2 приведет к запуску или перезапуску таймера 1 (рис. 20).

Выходные устройства управления, подключенные к выходам таймеров, могут быть выполнены в виде реле, транзисторной оптопары или оптосимистора. Они используются для управления (включения/выключения) нагрузкой либо непосредственно, либо через более мощные управляющие элементы, такие как пускатели, твердотельные реле, тиристоры или симисторы. Все выходные устройства имеют гальваническую развязку от схемы прибора.

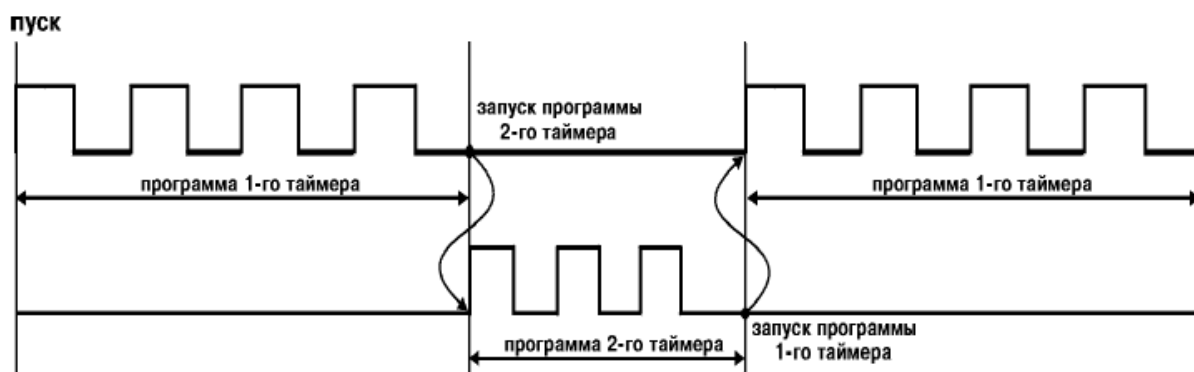


Рис. 20

Транзисторная оптопара применяется, как правило, для управления низковольтным реле (до 50 В). Схема подключения приведена на рис. 21.

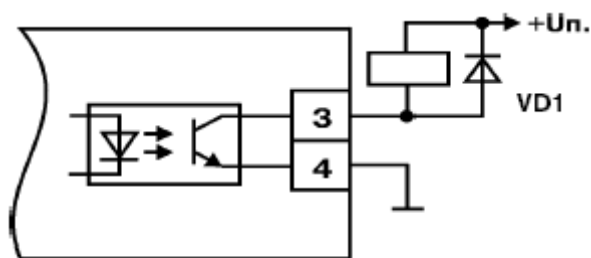


Рис. 21

Во избежание выхода из строя транзистора из-за большого тока самоиндукции, параллельно обмотке реле необходимо устанавливать диод VD1 (типа КД103 или аналогичный).

Оптосимистор включается в цепь управления мощного симистора через ограничивающий резистор R1 по схеме, представленной на рис. 22. Величина резистора определяет ток управления симистора.

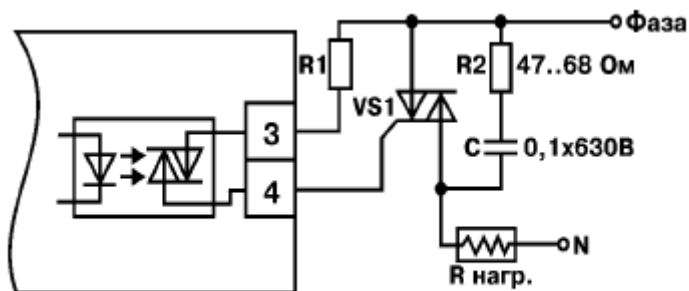


Рис. 22

Оптосимистор может также управлять парой встречно-параллельно включенных тиристоров (см. рис. 23).

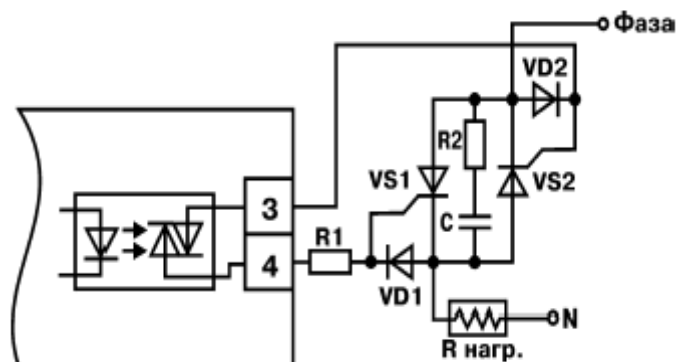


Рис. 23

Для предотвращения пробоя тиристоров или симисторов из-за высоковольтных скачков напряжения в сети к их выводам рекомендуется подключать фильтрующую RC-цепочку.

Второй канал прибора имеет дублирующий выход – транзисторную оптопару для управления другими подобными приборами (например, такими же таймерами, счетчиками и т. д.) (рис. 24).

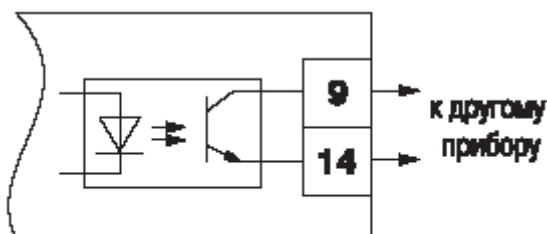


Рис. 24

Элементы управления и индикации

Четырехразрядный цифровой индикатор служит для отображения отсчета временных интервалов либо функциональных параметров прибора.

Восемь светодиодов красного свечения сигнализируют о состоянии выходных устройств и указывают, какая информация в данный момент выводится на цифровой индикатор прибора:

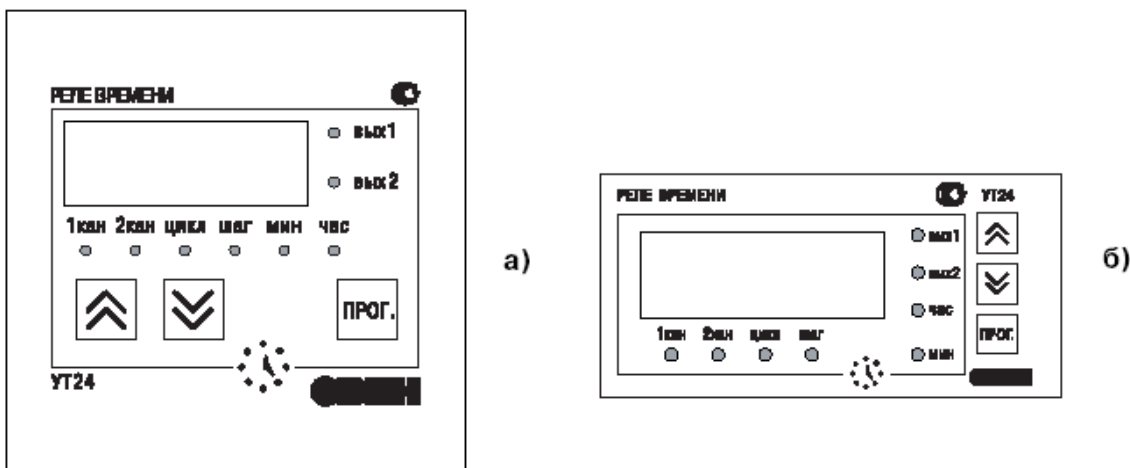


Рис. 25

«1кан» – на цифровом индикаторе отображается информация о состоянии 1-го таймера;

«2кан» – на цифровом индикаторе отображается информация о состоянии 2-го таймера;

«цикл» – на цифровом индикаторе отображается количество оставшихся

до конца программы циклов;

«шаг» – на цифровом индикаторе отображается количество оставшихся


до конца цикла шагов;

«мин» – на цифровом индикаторе в старшем разряде отображаются минуты, т. е. показания имеют вид [ММ.СС] или [М.СС.Д];

«час» – на цифровом индикаторе в старшем разряде отображаются часы, т. е. показания имеют вид [ЧЧ.ММ] или [Ч.ММ.С];

«Вых1» – включено выходное устройство первого таймера;

«Вых2» – включено выходное устройство второго таймера.

Кнопка  предназначена для входа в режим программирования (просмотра и установки рабочих параметров), для перехода к установке значения параметра после его выбора, а также для записи нового установленного значения в энергонезависимую память прибора и выхода в режим РАБОТА.

Кнопка  предназначена:

- в режиме РАБОТА – для переключения индикации с первого таймера на второй и обратно;

- в режим ПРОГРАММИРОВАНИЕ – для выбора параметра из списка и увеличения его значения.

Кнопка  предназначена:

- в режиме РАБОТА для переключения формата выводимых на цифровой индикатор значений временных интервалов, а также для просмотра числа шагов, оставшихся до конца цикла, и количества циклов, оставшихся до конца программы;

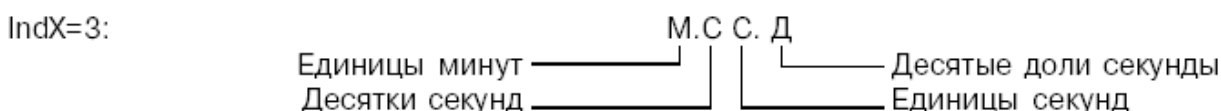
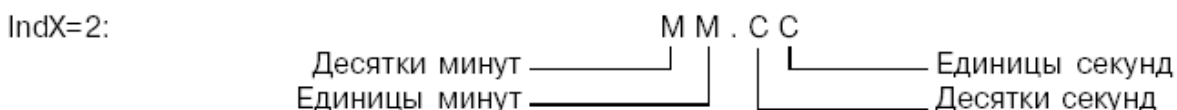
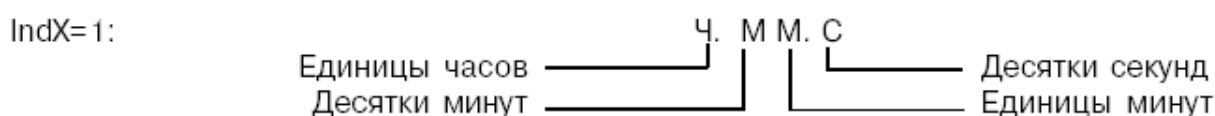
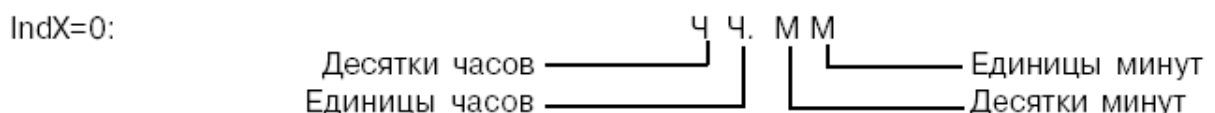
- в режиме ПРОГРАММИРОВАНИЕ – для выбора параметра из списка и уменьшения его значения.

Режимы индикации

Четырехразрядный цифровой светодиодный индикатор отображает по выбору пользователя:

- либо обратный отсчет времени;
- либо оставшееся до конца выполнения программы число циклов;
- либо оставшееся до окончания цикла число шагов.

Для выбора выводимой на индикатор информации служит параметр «IndX». При отображении временных интервалов в нем задается удобная для пользователя размерность времени



IndX=4: Отображать количество шагов, оставшееся до окончания цикла.

IndX=5: Отображать количество циклов, оставшееся до окончания программы.

4.2. Режимы работы прибора





Прибор функционирует в одном из режимов: РАБОТА или ПРОГРАММИРОВАНИЕ.

Режим ПРОГРАММИРОВАНИЕ предназначен для задания и записи в энергонезависимую память прибора требуемых при эксплуатации рабочих параметров. Заданные значения сохраняются в памяти прибора при выключении питания. При входе в режим ПРОГРАММИРОВАНИЕ выходные устройства переводятся в состояние ВЫКЛЮЧЕНО.



Режим РАБОТА является основным эксплуатационным режимом, в который прибор автоматически переходит при включении питания. В этом режиме УТ24 производит опрос входов и выполняет ранее заданные программы по управлению выходными устройствами.


Программирование



Полный перечень и установленные при наладке значения программируемых параметров УТ24 приведены в табл. 2, а порядок (схема), программирования показан на рис. 26.


Для входа в режим ПРОГРАММИРОВАНИЕ нужно нажать и удерживать кнопку  до появления на цифровом индикаторе горизонтальных прочерков. Пользуясь кнопками  и  установить код полного доступа «77» и нажать кнопку .

В параметре «Сn» установить номер таймера, параметры которого требуется изменить.

При помощи кнопок  и  выбрать нужный параметр и нажать кнопку  для задания его значения.

Установить требуемое значение и вновь нажать кнопку  для возврата в меню параметров.

Если для изменения выбран параметр «tXon», «tXoF», «tXdL», «dXon» или «dXoF», то на цифровом индикаторе его значение отобразится в виде «ЧЧ.ММ». Мигание индикатора «ЧЧ» сообщает о готовности к изменению значения. Если значение десятков часов равно нулю, то старший разряд цифрового индикатора будет погашен. Установить требуемое значение кнопкой  в диапазоне от 0 до 99 часов и нажмите кнопку , что приведет к

переключению на установку минут. При этом замигает индикатор «ММ». Установка значения производится в диапазоне от 00 до 59 минут кнопкой 



Нажать кнопку . Информация на индикаторе будет представлена в виде «М.СС.Д». При этом в мигающих разрядах кнопкой  можно произвести установку значения секунд в диапазоне от 00 до 59.

Таблица 2

Программируемые параметры

Обознач.	Название	Допустимые значения	Таймер1	Таймер2
Cn	Номер таймера, для которого задаются параметры	1 – первый 2 – второй	1	2
StnX	Количество исполняемых шагов цикла	1...30	1	1
tXdl	Время задержки начала выполнения программы	0...99 ч 59 м 59,9 с	10 с	0
dXon	Приращение длительности импульса	-9 ч 59 м 59,9 с ... 9 ч 59 м 59,9 с	0	0
dXoF	Приращение длительности паузы	-9 ч 59 м 59,9 с ... 9 ч 59 м 59,9 с	0	0
nX	Количество циклов в программе	0...9999 или CYCL	1	CYCL
IndX	Режим индикации выбранного канала	0...5	2	2
Inp	Состояние селектора входов	1...7	7	7
rESt	Режим перезапуска таймеров	1...6	1	1
SEC	Защита от несанкционированного изменения параметров	0 – снята 1 – установлена	1	1
Corr	Коррекция точности отсчета	0...200	100	100
SttX	Номер выполняемого шага	1...30	1	1
tXon	Время включения состояния таймера	0...99 ч 59 м 59,9 с	1 час	3 сек
tXoF	Время выключения состояния таймера	0...99 ч 59 м 59,9 с	0	4 мин
InTt	Контроль питания	0; 1	1	1

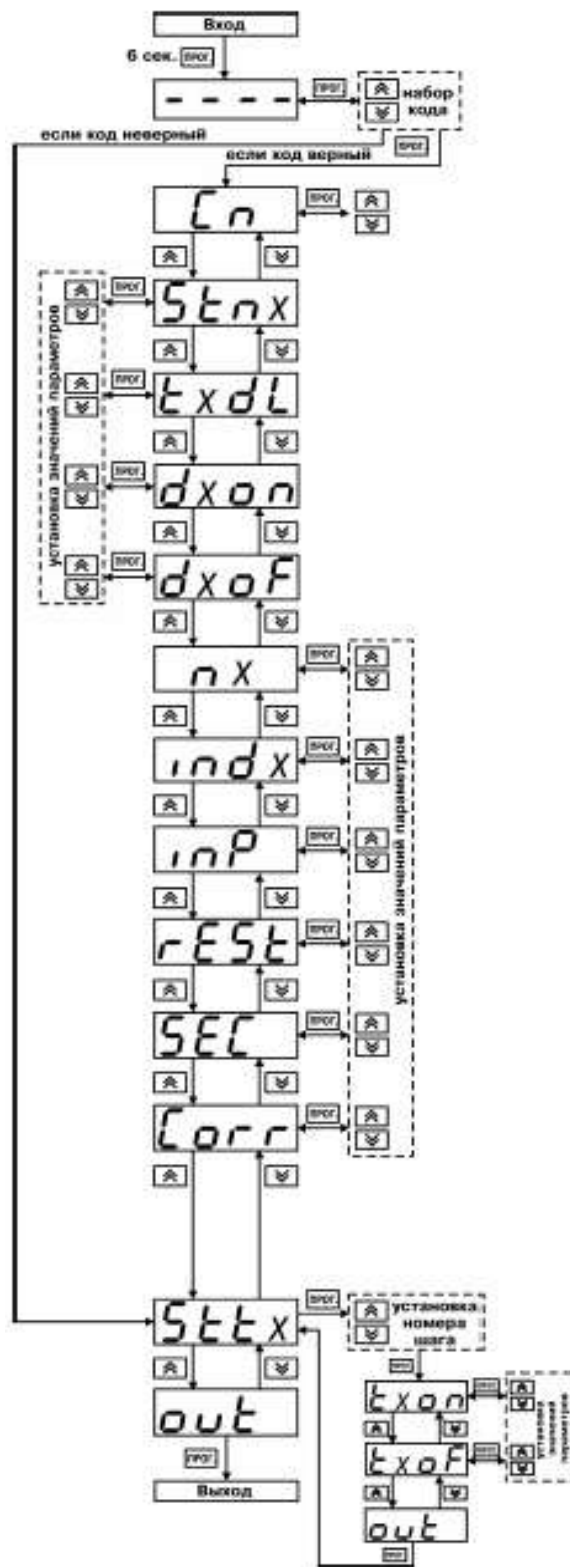





Рис. 26

Нажать кнопку  и выполнить установку десятых долей секунды в диапазоне от 0 до 9.

При изменении значений параметров «dXon» и «dXoF», информация на индикаторе отображается в виде «.Ч.ММ» или «.Ч.ММ». Мигающая в старшем разряде точка говорит о готовности изменения знака. Диапазон задания значения часов лежит в пределах от 0 до 9.

При задании значения параметров «nX», «IndX», «InP», «rESt», «SEC», «Cn», «SttX» и «StnX» кнопка  используется для увеличения, а кнопка  – для уменьшения, задаваемого значения.



Для защиты от несанкционированного изменения параметров в приборе предусмотрен параметр «SEC». При «SEC»=1 доступ в режим ПРОГРАММИРОВАНИЕ возможен только через код доступа «77». При этом разрешен просмотр значений параметров «tXon» и «tXoF» без остановки работы таймеров. При «SEC»=0 прибор переходит в режим ПРОГРАММИРОВАНИЕ без набора кода, но позволяет изменять только значения параметров «tXon» и «tXoF». Набор кода «77» при любом значении параметра «SEC» разрешает доступ к изменению значения любого параметра прибора.







Для коррекции точности отсчета в приборе предусмотрен параметр «Corr». Заводская уставка Corr=100. Уменьшая или увеличивая значение этого параметра в пределах от 0 до 200, можно соответственно уменьшать и увеличивать скорость хода часов. При изменении значения параметра «Corr» на одну единицу скорость хода изменяется примерно на 0,7 с в сутки.

Режим РАБОТА

В режиме РАБОТА оператор может осуществлять визуальный контроль за работой выходных устройств по светодиодам «вых.1» и «вых.2», расположенным на передней панели прибора. Засветка светодиода сигнализирует о переводе соответствующего выходного устройства в состояние «включено», а погасание – в состояние «выключено».

В режиме РАБОТА, при «SEC»=1 возможен просмотр ранее заданных уставок «tXon» и «tXoF» без прекращения выполнения программы. Для этого нужно:

- кнопками  и  переключить режим индикации так, чтобы на индикаторе появилась информация о состоянии того таймера, параметры которого необходимо проверить;

- нажать и удерживать кнопку  до появления на индикаторе горизонтальных прочерков;
 - еще раз нажать и отпустить кнопку ;
 - после появления на индикаторе символов «SttX» выбрать номер шага и нажать ;
 - кнопками  и  выбрать параметр, значение которого нужно вывести на индикатор, и нажать кнопку .
- Для возврата в исходное состояние выбрать параметр «Out».




5. ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД

Прибор УТ24 установлен на лицевой панели стенда САКУ, полное описание которого представлено в [3].

Порядок работы на стенде

1. Включить питание стенда выключателем АВ, включить тумблеры SA1, SA2 (установить их рукоятки вверх). При этом загораются контрольная лампа СЕТЬ и цифровые индикаторы ТРМ138;

2. Установить тумблер SA3 в положение НАЛАДКА (рукоятка вниз), при этом реле УТ24 получает питание, а его цифровой индикатор загорается;

3. Войти в режим ПРОГРАММИРОВАНИЕ реле. Для этого нужно нажать и удерживать кнопку  до появления на цифровом индикаторе горизонтальных прочерков, далее кнопками  и  установить код полного доступа 77 и нажать кнопку;

4. По схеме рис. 26 произвести проверку (просмотр) ранее установленных значений программируемых параметров (см. табл. 2) и при необходимости (по заданию преподавателя) установить новые значения для определенных параметров УТ24. Изменяемыми параметрами могут быть например:

- время задержки начала выполнения программы таймером 1;
- время включения состояния таймеров;
- время выключения состояния таймеров;
- количество циклов в программе таймера 2 и др.

5. Установить тумблер SA3 в положение РАБОТА (рукоятка вверх), питание реле через SA3 отключится. При повторном включении питания УТ24 (это произойдет при нажатии кнопки SB1 (ПУСК) для запуска компрессора на стенде САКУ) прибор автоматически переходит в основной режим РАБОТА. Визуальный кон-

троль за работой выходных устройств (реле) в этом режиме можно осуществлять по светодиодам «Вых1» и «Вых2», расположенным на передней панели прибора: светодиод горит – контакт выходного реле замкнут, не горит – контакт разомкнут. В режиме РАБОТА на цифровом индикаторе отображается время, оставшееся до конца цикла выбранного канала, так как установлен режим индикации $Indx=2$. Первый канал реле времени управляет клапаном ЭПК1, осуществляющим при пуске режим холостого хода компрессора в течение заданного времени T_x . Второй канал управляет клапаном ЭПК2, осуществляющим продувку конденсата через заданное время T_n в течение времени T_b (рис. 27). При продувке конденсата будет слышен щелчок срабатывания клапана ЭПК2 и шум стравливаемого воздуха, а также загорится лампа ПРОДУВКА.

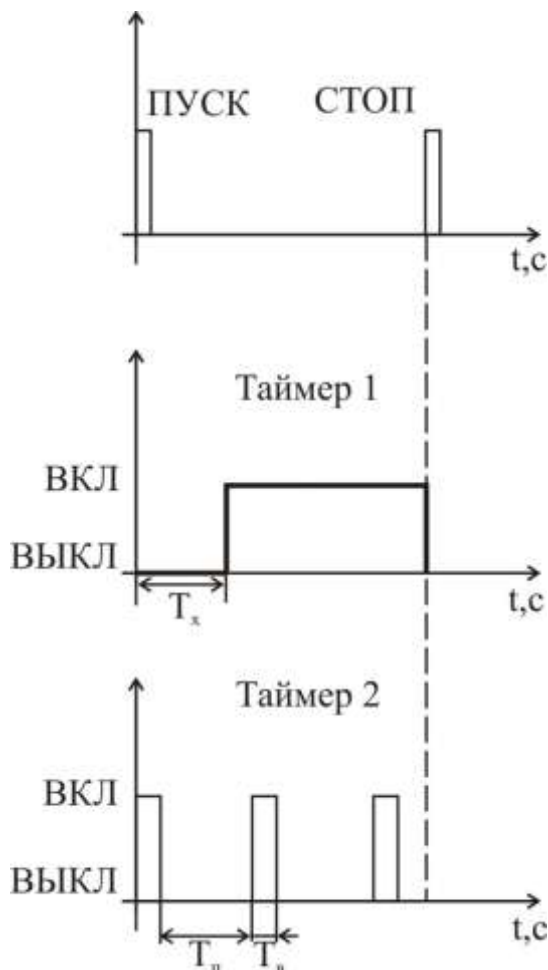


Рис. 27. Программы таймеров, установленные в реле УТ24 для управления работой электропневмоклапанов на стенде САКУ: T_x – время работы компрессора в холостую при запуске (задержка включения ЭПК1); T_n – время паузы между продувками конденсата (ЭПК2 закрыт); T_b – время включенного состояния ЭПК2 (время продувки конденсата из ресивера компрессора).

При срабатывании ЭПК1 на стенде загорится лампа НАГРУЗКА компрессора.

6. Кнопкой ПУСК на стенде САКУ включить компрессор, произвести замеры временных параметров T_n , T_b и T_x и построить

графики работы каналов УТ24 – они должны соответствовать программам работы таймеров (см. рис. 27). Сравнить значения $T_{п}$, $T_{в}$ и $T_{х}$ с уставками (см. в табл. 2 параметры $t_{ХoF}$, $t_{Xoп}$ и t_{XdI} соответственно).

7. Кнопкой СТОП через 9–10 мин отключить компрессор, выключателем АВ отключить питание стенда САКУ.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение УТ24.
2. Состав функциональной схемы прибора;
3. Программа управления, реализуемая таймерами УТ24 (ее сущность).
4. Назначение сигналов управления таймерами реле.
5. Внешние управляющие сигналы реле УТ24.
6. Запуск таймеров реле при включении питания.
7. Какие выходные устройства управления могут быть подключены к выходам таймеров реле?
8. Элементы управления и индикации, расположенные на передней панели УТ24.
9. Режимы работы прибора, их назначение.
10. Программируемые параметры УТ24.
11. Поясните порядок (схему) программирования УТ24.
12. Порядок просмотра ранее заданных уставок времени включения/выключения таймеров в режиме «Работа».
13. Поясните программы таймеров УТ24, установленные при настройке реле на управление электропневмоклапанами стенда САКУ.
- 14.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Паспорт и руководство по эксплуатации микропроцессорного реле времени УТ24. – М.: НПО ОВЕН, 2005. – 51 с.
2. КИП и средства автоматизации. Каталог продукции. – М.: НПО ОВЕН, 2005. – 176 с.
3. Разработка, изготовление и наладка лабораторного стенда «Система автоматизации компрессорной установки». Пояснительная записка ДР / А. В. Спиридонов, А. В. Шмачилин; КузГТУ. Кемерово, 2007. – 60 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7. РЕГУЛЯТОР-СИГНАЛИЗАТОР ЭРСУ-3

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить устройство и принцип действия регулятора-сигнализатора уровня ЭРСУ-3.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Ознакомиться с конструкцией блока релейного и электронных датчиков уровня. Изучить принцип действия регулятора сигнализатора ЭРСУ-3.

2.2. Проверить на стенде работу ЭРСУ-3 в качестве сигнализатора уровней воды в сосуде.

3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

3.1. Записать назначение и основные технические характеристики регулятора-сигнализатора.

3.2. Представить принципиальные схемы:

- субблока блока релейного;
- регулирования (управления электродвигателем насоса) и сигнализации верхнего уровня.

4. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ РЕГУЛЯТОРА-СИГНАЛИЗАТОРА УРОВНЯ ЭРСУ-3

4.1. Назначение

Регулятор-сигнализатор уровня ЭРСУ-3 предназначен для сигнализации и поддержания в заданных пределах уровня воды в паровых котлах.

Регулятор-сигнализатор может быть использован для контроля других жидких электропроводных сред с удельной электрической проводимостью не менее 0,015 См/м при температуре до 200 °С и рабочем давлении до 25 кгс/см² в зависимости от исполнения датчика.

Нормальная работа регулятора-сигнализатора гарантируется при температуре окружающего воздуха от $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности до 98 % при $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ и при более низких температурах без конденсации влаги.

Прибор не предназначен для эксплуатации в условиях:

- наличия в окружающей среде едких газов и паров, разрушающих металлы и изоляцию,
- взрывоопасных помещений,
- контроля вязких, пленкообразующих, кристаллизирующихся и дающих твердый осадок на электроде датчика жидкостей,
- воздействия тряски и ударов.

Регулятор-сигнализатор в части воздействия климатических факторов внешней среды пригоден для эксплуатации в условиях нормированных для исполнений: У (районы с умеренным климатом); ХЛ (районы с холодным климатом); Т (районы с сухим и влажным тропическим климатом).

4.2. Технические характеристики

Основные технические характеристики приведены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование характеристики	Норма
1. Число сигнализируемых положений уровня	3 (нижний, средний, верхний)
2. Потребляемая мощность, ВА, не более	15
3. Минимальная удельная электропроводность контролируемой среды, См/м первый диапазон (сопротивление срабатывания 2800 Ом) второй диапазон (сопротивление срабатывания 700 Ом)	0,015 0,06
4. Погрешность сигнализации уровня, мм	+10
5. Разрывная мощность контактов встроенных реле: а) при напряжении до 380 В переменного тока, ВА б) при напряжении до 220 В постоянного тока, при индуктивной нагрузке не более 2 Гн, Вт	500 50
6. Сопротивление проводов, соединяющих релейный блок с датчиком, Ом, не более	10

Наименование характеристики	Норма
7. Напряжение переменного тока на электродах датчиков, В, не более	7
8. Длина части датчика, погружаемой в сосуд, м: для вертикального монтажа для горизонтального монтажа	0,10; 0,25; 0,60; 1,0; 1,6; 2,0 0,10; 0,25

Регулятор-сигнализатор сохраняет работоспособность при воздействии вибрации с частотой от 5 до 30 Гц и амплитудой не более 0,1 мм. В комплект регулятора-сигнализатора уровня ЭРСУ-3 входят:

- Блок релейный - 1 шт.
- Датчик электродный - 3 шт.

4.3. Принцип работы

Принцип работы регулятора-сигнализатора основан на изменении электрического сопротивления между электродом датчика и стенкой сосуда. Погружение электрода датчика в контролируемую электропроводящую среду вызывает уменьшение сопротивления, осушение – увеличение сопротивления.

Блок релейный преобразует электрическое сопротивление датчика в электрический релейный сигнал.

Электрическая схема блока релейного (рис. 1) состоит из трех субблоков, каждый из которых содержит выпрямитель, питающийся от пониженного трансформатора *T1*.

Каждый транзисторный релейный каскад собран на двух транзисторах *VT1* и *VT2* по схеме усилителя с эмиттерной обратной связью. Нагрузкой усилителя служит электромагнитное реле, контакты которого выведены к штепсельному разъему типа РП 14-30.

При погружении электрода датчика в контролируемую среду на базу транзистора *VT1* усилителя поступает напряжение положительной полярности, снимаемое с обмотки *W4* трансформатора. Транзистор *VT1* выходит из режима насыщения, переводя при этом транзистор *VT2* в режим насыщения. Электромагнитное реле срабатывает.

При осушенном электроде датчика сигнал на базе транзистора *VT1* отсутствует, транзистор *VT2* находится в режиме отсечки, катушка электромагнитного реле обесточена.

Схема использования ЭРСУ-3 в качестве регулятора уровня между нижним и средним датчиками, управляющего работой электродвигателя M насоса, подающего воду в емкость (паровой котел), и одновременно в качестве сигнализатора нижнего, среднего, а также верхнего уровня и контроля питания представлена на рис. 2.

Возможны другие варианты использования ЭРСУ-3, в частности в качестве сигнализатора аварийного верхнего, среднего и нижнего уровней с одновременной выдачей релейных электрических сигналов, которые могут быть использованы для управления, защиты или блокировки.

Управление работой насоса (см. рис. 2) осуществляется следующим образом. При осушении электрода датчика нижнего уровня катушка реле $K1$ в релейном блоке (см. рис. 1) обесточивается и своим н.з. контактом $K1.1$ замыкает цепь катушки контактора $K4$, который включает электродвигатель M насоса и самоблокируется. При достижении уровнем воды отметки установки датчика среднего уровня срабатывает реле $K2.1$ в блоке релейном и своим контактом $K2.1$ отключает электродвигатель насоса.

При снижении уровня до отметки установки датчика нижнего уровня процесс повторяется.

Для обеспечения высшего сопротивления срабатывания (первый диапазон) датчики подключаются к контактам 1а, 1б и 1с разъема блока релейного. В регуляторе-сигнализаторе также предусмотрена возможность подключения датчиков через резисторы (контакты 2а, 2б, 2с разъема), при которой сопротивление срабатывания снижается (второй диапазон) и уменьшается возможность ложных срабатываний при загрязнении изолятора датчиков.

Если аварийным является нижнее положение уровня, то аварийный датчик устанавливается на требуемом расстоянии ниже нижнего датчика. Если аварийным является верхнее положение уровня, то аварийный датчик устанавливается на требуемом расстоянии выше верхнего датчика.

Подключение устройств аварийной сигнализации производится при нижнем аварийном уровне к нормально замкнутым контактам реле аварийного датчика.

Датчик регулятора-сигнализатора (рис. 3) состоит из двух основных частей: штуцера и электрода, погружаемого в сосуд.

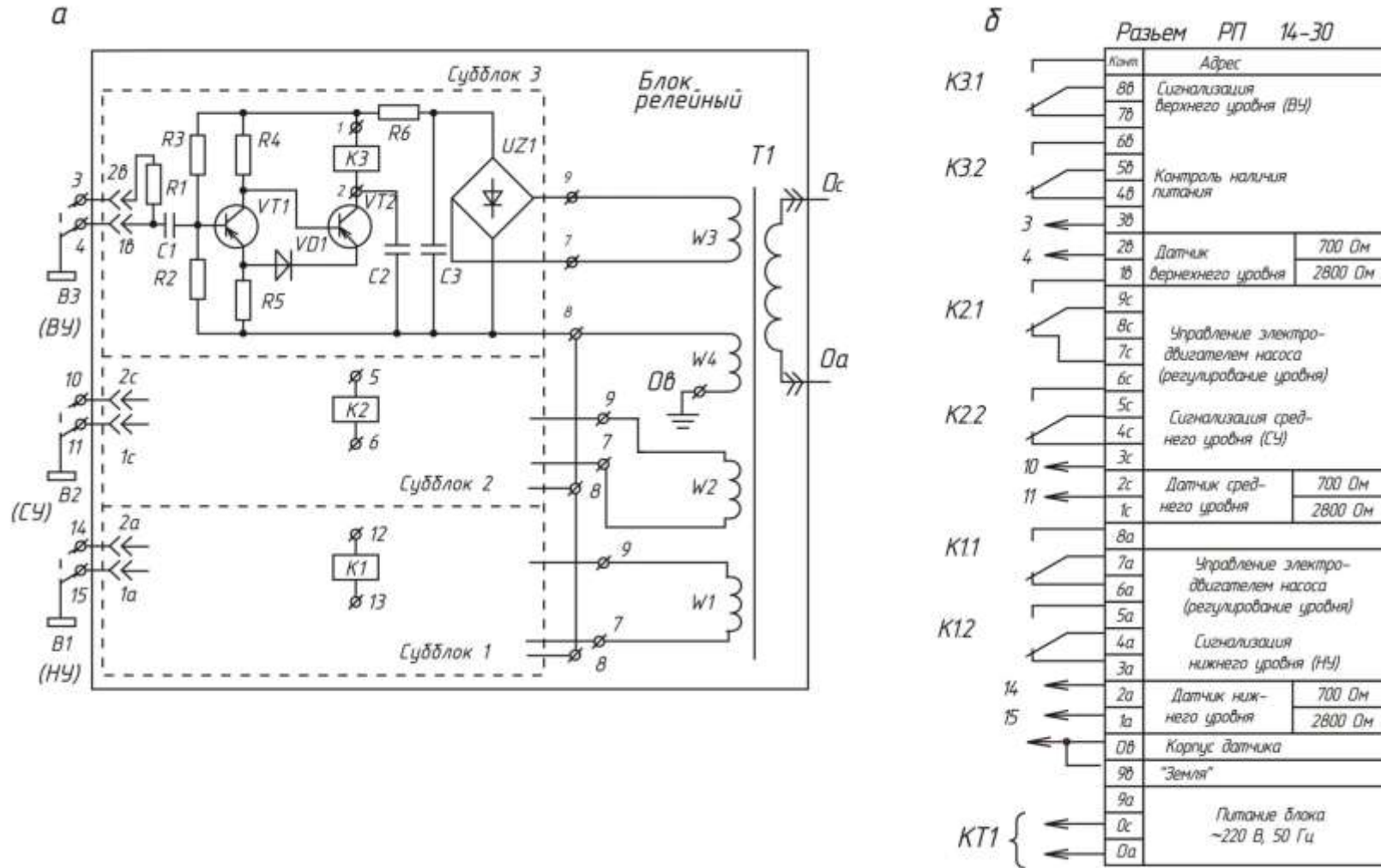


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема блока-релейного (а) и адресация контактов его разъема (б)

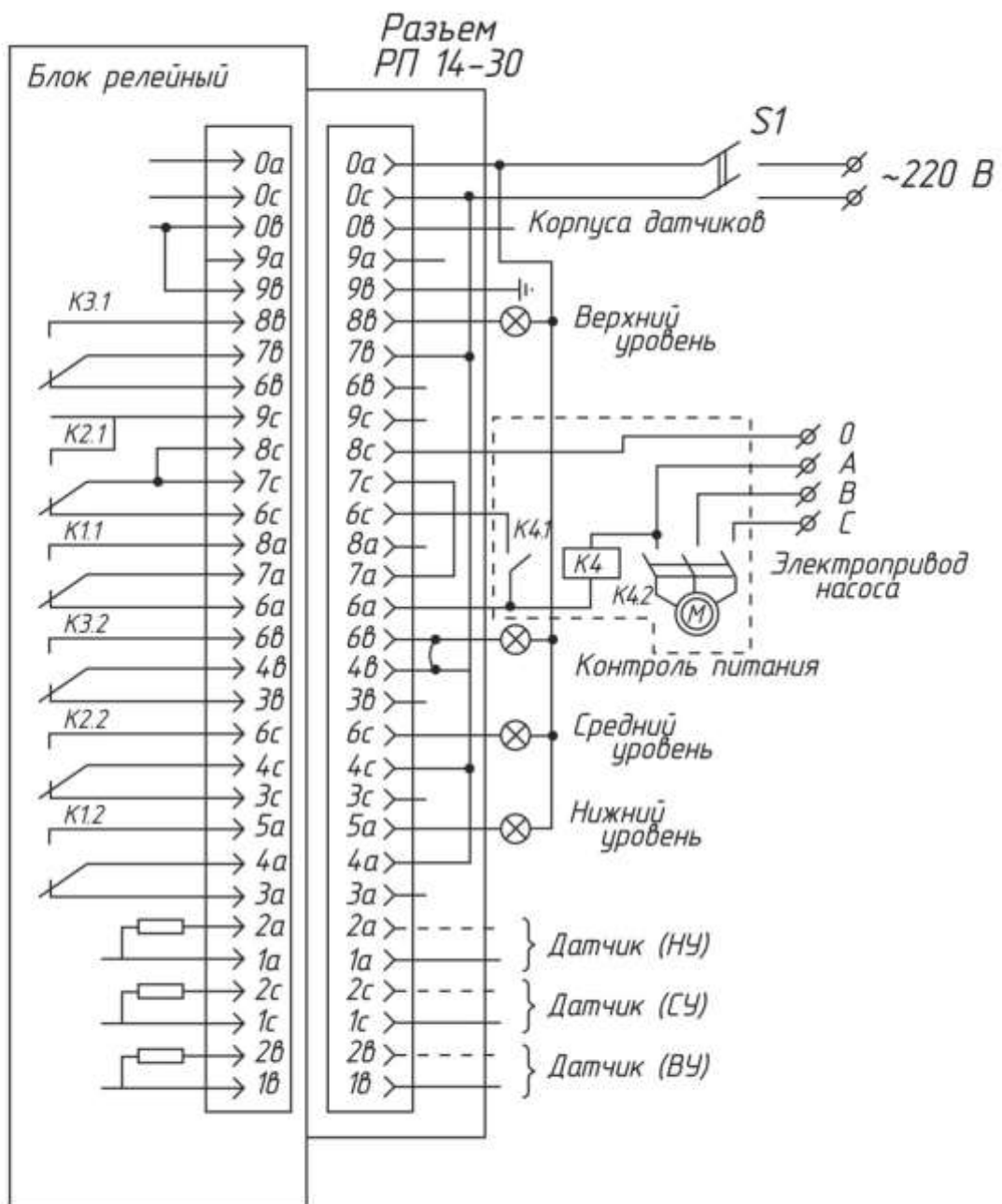


Рис. 2. Схема внешних соединений регулятора-сигнализатора ЭРСУ-3

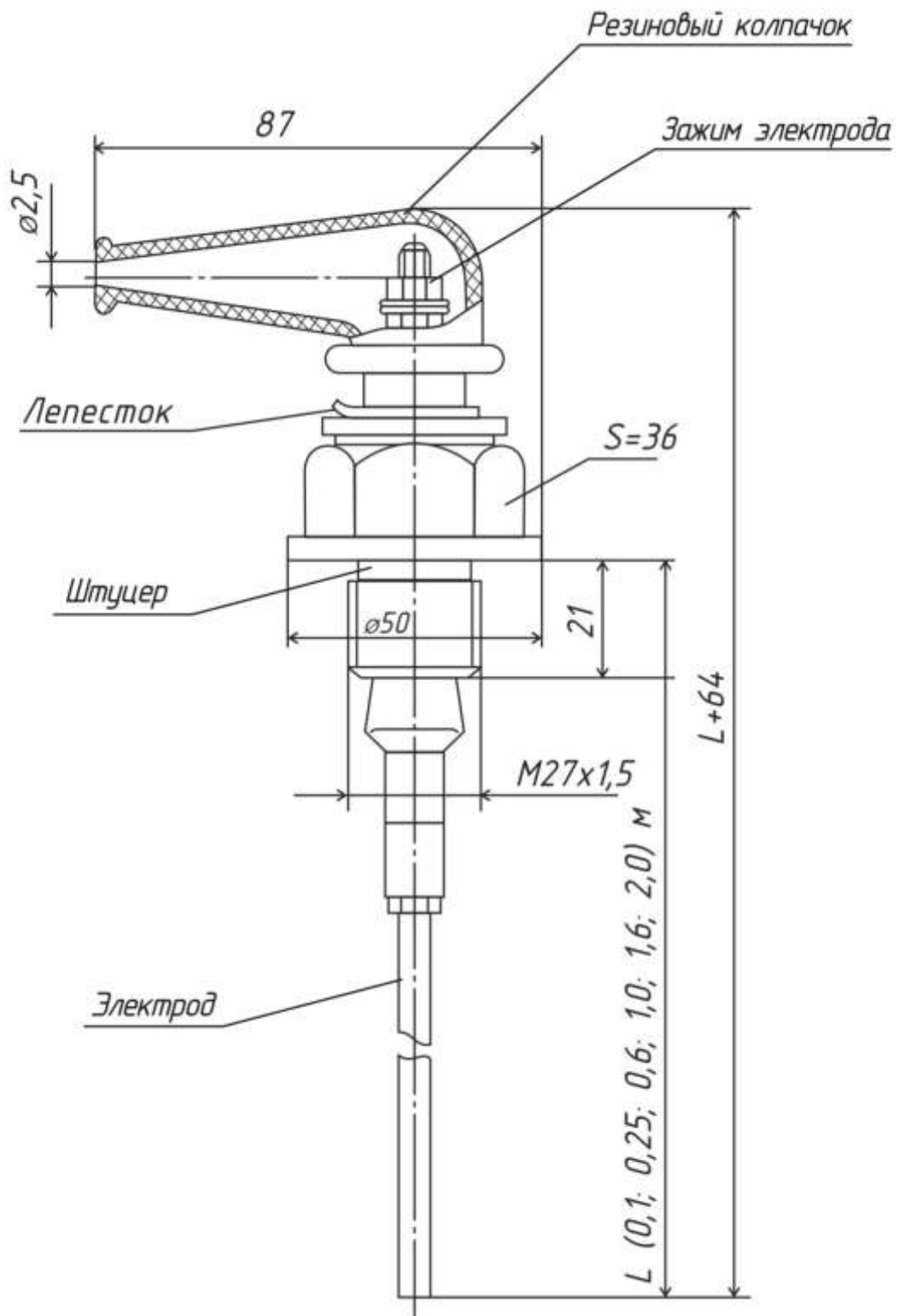


Рис. 3. Электродный датчик:
 L – длина погруженной части электрода

Датчик рассчитан на рабочее давление до 25 % кгс/см² и температуру среды до 200 °С (фторопластовое уплотнение) и до 80 °С (полиэтиленовое уплотнение).

Электрод электрически изолирован от корпуса с помощью полиэтиленового или фторопластового уплотнения.

Провод к центральному электроду подводится через резиновый колпачок.

Блок релейный имеет брызгозащищенное исполнение. Детали и узлы блока крепятся на общем стальном шасси внутри литого алюминиевого корпуса. Подвод внешних проводов питания и сигнализации осуществляется через групповой кабельный сальник.

Корпус закрывается литой алюминиевой крышкой через уплотнительную резиновую прокладку с помощью винтов.

5. ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД

Стенд (рис. 4) включает в себя следующие узлы:

1. Панель, на которой размещены:

- блок релейный регулятора-сигнализатора уровня ЭРСУ-3;
- сигнальные лампы верхнего *HL1* и среднего *HL2* уровня и наличия питания *HL3*;
- тумблер «Сеть» *S1*;
- разъем *X1* для подключения датчиков.

2. Стекланный сосуд с водой, в крышке которого установлены 3 электродных датчика специального (не заводского) изготовления *B1*, *B2*, *B3* для контроля среднего СУ и верхнего ВУ уровней заполнения сосуда водой (датчики *B2* и *B3*) и организации общей точки (корпуса, заземления) Ов (см. рис. 1) в сосуде (датчик *B1* с присоединенным к нему оголенным проводником)

Стенд позволяет проверить работу ЭРСУ-3 в качестве сигнализатора верхнего и среднего уровней.

Порядок работы на стенде

1. Включить вилку блока релейного в розетку напряжением 220 В. Установить тумблер *S1* в положение “ВКЛ”, при этом должна загореться лампа *HL3*;

2. Снять крышку с электродами с сосуда, подключить датчики к блоку через разъем *X1*, заполнить сосуд водой, при медленном погружении электродов в сосуд должны последовательно загореться лампы *HL2* и *HL1* в моменты касания соответствующими электродами датчиков поверхности воды. При обратном движении крышки с датчиками лампы будут гаснуть в обратной последовательности – вначале *HL2*, затем *HL1*.

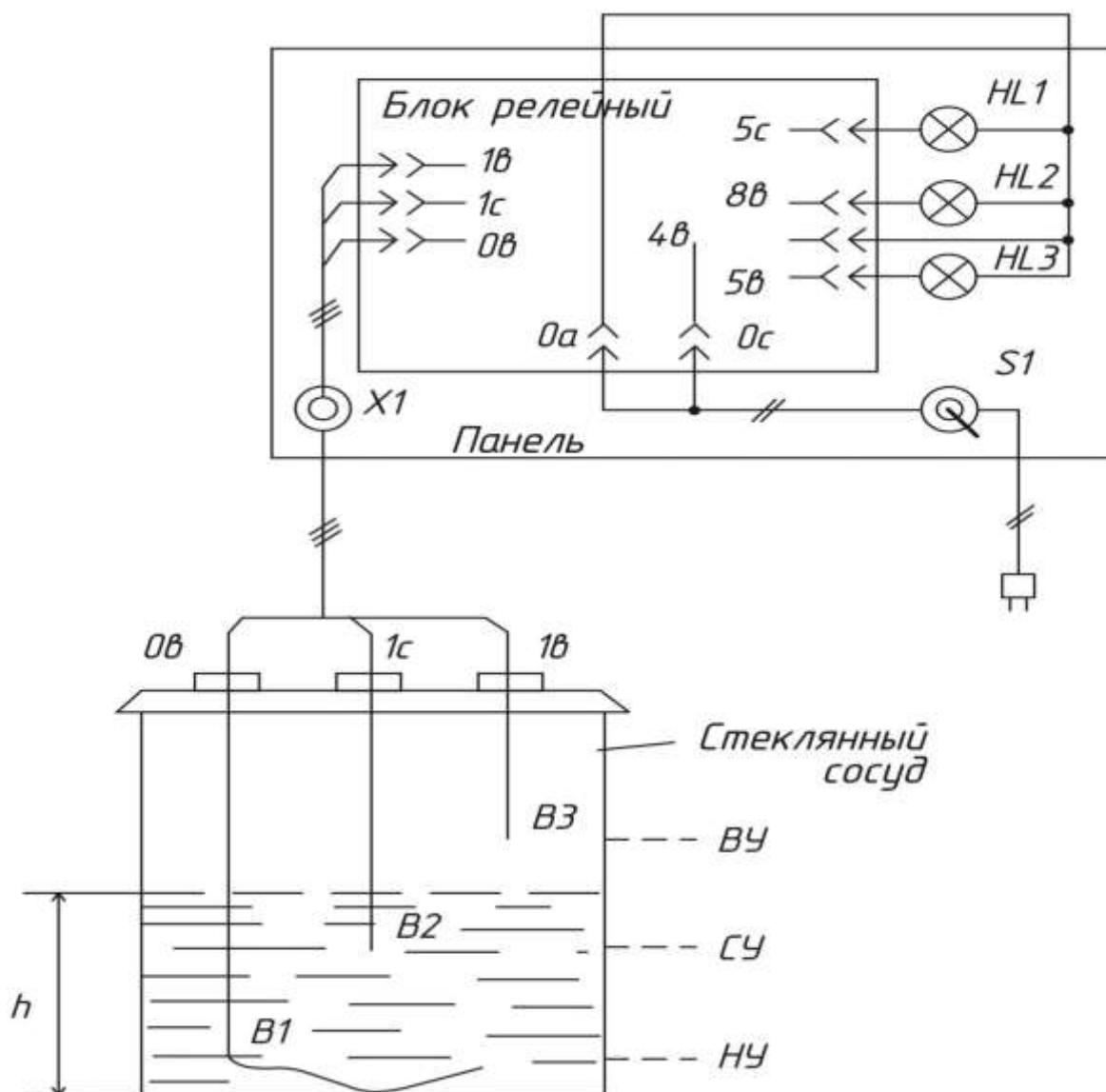


Рис. 4. Схема лабораторного стенда

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Состав регулятора-сигнализатора и его назначение.
2. Устройство электродного датчика уровня.
3. Как работает ЭРСУ-3 в качестве сигнализатора трех уровней – нижнего, среднего и верхнего?
4. Как работает ЭРСУ-3 в качестве регулятора уровня жидкости в емкости?
5. Поясните принцип действия субблока в блоке релейном.
6. Назовите основные технические характеристики регулятора-сигнализатора ЭРСУ-3.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8. УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ ПИД-РЕГУЛЯТОР ТРМ 151-03

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить устройство, функциональные возможности и принципы программирования универсального программного ПИД-регулятора ТРМ 151-03, предназначенного для построения автоматических систем контроля и управления технологическими процессами.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Ознакомиться с устройством, техническими характеристиками и основными функциями программного ПИД-регулятора ТРМ 151-03.

2.2. Изучить принципы программирования прибора ТРМ 151-03 с помощью кнопок на лицевой панели прибора, используя также [1]. Осуществить просмотр значений программируемых параметров прибора, установленных для использования его в качестве автоматического регулятора в САР соотношения давлений «топливо–воздух», применяемого в системах автоматизации паровых котлов, работающих на газообразном топливе.

2.3. Ознакомиться с конструкцией и расположением элементов на лабораторном стенде «САР соотношения параметров». Провести на этом стенде испытания работы ПИД-регулятора ТРМ 151-03.

3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

3.1. Прибор ТРМ 151-03: назначение, основные функции, структурная схема прибора и ее элементы (программы технолога, входы, вычислитель, регулятор, выходные элементы);

3.2. Лицевая панель прибора. Индикация и управление;

3.3. Список программируемых параметров и их значения, установленные при программировании прибора для работы в САР соотношения параметров;

3.4. Результаты стендовых испытаний работы регулятора в системе регулирования соотношения параметров:

- структурная схема САР соотношения параметров P_T/P_B ;
- графики изменения давлений топлива P_T и воздуха P_B при увеличении и уменьшении давления топлива с помощью ручного регулятора РРТ;
- коэффициент соотношения давлений P_T/P_B для различных режимов работы системы (увеличение и уменьшение P_T).

4. ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИБОРА ТРМ 151-03

4.1. Назначение, устройство и принцип действия прибора

ТРМ 151-03 предназначен для построения автоматических систем контроля и управления производственными технологическими процессами в различных областях промышленности, сельского и коммунального хозяйства и др.

Прибор ТРМ 151-03 выполняет следующие основные функции:

- измерение одной или двух физических величин, контролируемых входными первичными преобразователями;

- цифровую фильтрацию для уменьшения влияния промышленных импульсных помех на результат измерения;
- коррекцию измеренных величин для устранения погрешностей первичных преобразователей;
- отображение результатов измерений или вычислений на встроенном светодиодном четырехразрядном цифровом индикаторе;
- регулирование одной измеренной физической величины по ПИД-закону;
- управление трехпозиционными ИМ;
- изменение уставки регулируемой величины по заданной технологической программе, а также как функции другой величины;
- формирование аварийного сигнала при обнаружении неисправности первичных преобразователей с отображением его причины на цифровом индикаторе;
- формирование аварийного сигнала при выходе регулируемой величины за допустимые пределы;
- отображение на встроенном светодиодном цифровом индикаторе текущих значений параметров технологической программы и мощности, подаваемой на исполнительный механизм;
- формирование команды ручного управления исполнительным механизмом с клавиатуры прибора;
- передачу в сеть RS-485 текущих значений измеренных или вычисленных величин, а также выходной мощности регулятора и параметров программы технолога;
- изменение значений программируемых параметров прибора с помощью клавиатуры управления на его лицевой панели;
- изменение значений параметров с помощью компьютерной программы-конфигуратора при связи с компьютером по RS-485;
- сохранение заданных программируемых параметров в энергонезависимой памяти при отключении напряжения питания ТРМ 151-03.

Основные технические характеристики ТРМ 151-03 приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Общие характеристики

Наименование	Значение
Диапазон напряжения питания	90...245 В частотой 47...63 Гц
Потребляемая мощность	Не более 6 ВА
Количество входов для подключения датчиков	2
Время опроса одного входа	0,3 с
Количество выходных элементов	2
Интерфейс связи с компьютером	RS-485
Протокол передачи данных по RS-485	ОВЕН
Степень защиты корпуса - для корпуса Щ1 - для корпуса Н	IP54 IP44
Габаритные размеры прибора - корпус Щ1 - корпус Н	96Ч96Ч70 мм 130Ч105Ч65 мм
Масса прибора	не более 0,5 кг
Средний срок службы	8 лет

На любой из двух входов прибора могут быть подключены следующие датчики (первичные преобразователи):

- Термопреобразователи сопротивления с диапазоном измерения от $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+750\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Термопары с диапазоном измерения от $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+1800\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Активные датчики с унифицированным выходным сигналом постоянного тока $0...5\text{ mA}$, $0...20\text{ mA}$, $4...20\text{ mA}$ и напряжения $-50...+50\text{ mV}$, $0...1\text{ V}$;
- Резистивные датчики положения задвижки $0...900\text{ }\Omega$, $0...2\text{ k}\Omega$.

По заказу потребителя завод-изготовитель может установить в приборе следующие выходные элементы (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Выходные элементы

Обозначение при заказе	Наименование	Электрические характеристики
Р	Реле электромагнитное	4 А при напряжении не более 220В 50Гц и $\cos\varphi > 0,4$
К	Оптопара транзисторная п-р-п типа	400 мА при напряжении не более 60 В пост. тока
С	Оптопара симисторная	50 мА при напряжении до 600 В (в импульсном режиме $t_{имп} < 5$ мс и частоте 100 Гц – до 1 А)
Т	Выход для управления внешним твердотельным реле	Выходное напряжение 4...6 В, выходной ток до 100 мА

Прибор ТРМ 151-03 – одноканальный, осуществляет пошаговое регулирование трехпозиционным ИМ (задвижкой) с датчиком положения или без него.

Далее описываются назначение и программируемые параметры для каждого элемента структурной схемы прибора.

Состав элементов прибора и их взаимосвязи показан на рис. 4.1.

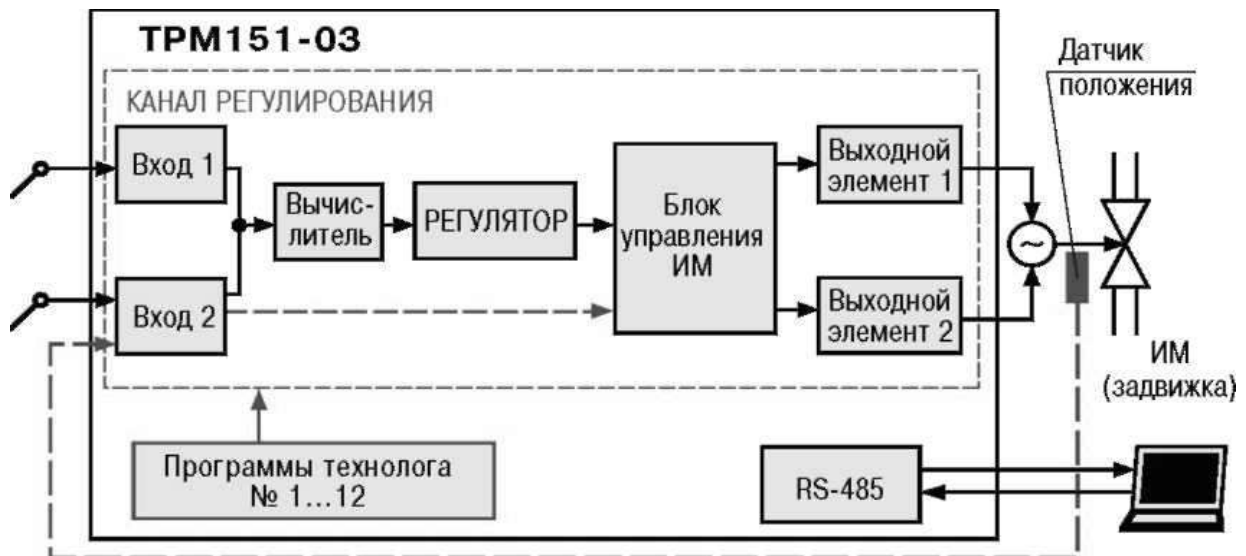


Рис. 4.1. Структурная схема ТРМ 151-03

Канал регулирования

Канал регулирования (далее — «Канал») предназначен для регулирования одной физической величины (температуры, давления). Эта величина измеряется датчиком, подключенным к Входу 1.

Возможно также регулирование вычисленной величины (влажности, среднего значения и т. д.) из значений, измеренных на Входе 1 и Входе 2. При этом регулирование производится без использования датчика положения задвижки.

Для регулирования в Канале используется исполнительный механизм (ИМ) типа «нагреватель», который позволяет увеличивать значение регулируемой величины. Управление ИМ производится при помощи ВЭ 1 и ВЭ 2, выбранного пользователем при заказе (э/м реле, оптотранзистор, оптосимистор).

Пошаговое регулирование. Программа технолога

ТРМ 151-03 предназначен для пошагового управления технологическим процессом, который может включать следующие этапы (на примере регулирования температуры):

- Поддержание заданного значения (уставки) температуры;
- Нагрев до заданного значения температуры или в течение заданного времени;
- Охлаждение до заданного значения температуры или в течение заданного времени.

При нагреве можно задать скорость нагрева или мощность, подаваемую на исполнительный механизм.

Охлаждение осуществляется путем отключения нагревателя, при этом можно ограничить скорость охлаждения.

Последовательность этапов технологического процесса мы будем называть Программой технолога (или Программой), а каждый этап – Шагом Программы технолога.

Пример Программы технолога, представленной в виде графика изменения уставок во времени, показан на рис. 4.2.

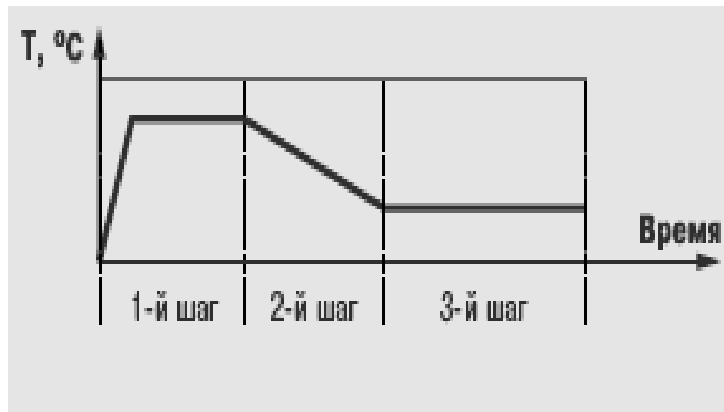


Рис. 4.2. Пример Программы технолога для ТРМ 151-03

Всего в ТРМ 151-03 можно задать до 12 независимых Программ технолога по 10 шагов каждая.

Для каждого шага Программы технолога задаются следующие параметры:

- Тип шага **St.tY**;
- Логика перехода на следующий шаг **LGPS**;
- Условие при переходе «по значению» **Sn. PS**;
- «Значение» для перехода **SP.PS**;
- Длительность шага **t.PS**;

Шаг Программы может быть трех типов:

- «Обычный шаг»;
- «Шаг с переходом»;
- «Конец программы».

Для «обычного шага» и «шага с переходом» задаются уставки и условия перехода на следующий Шаг, для «конца программы» эти параметры задавать не нужно.

«Шаг с переходом» позволяет по окончании данного Шага перейти не к следующему за ним Шагу, а к Программе и Шагу, которые указаны параметрами **nU.Pri** и **nU.St** (номерами Программы и шага для перехода).

Используя «шаг с переходом», Вы можете создать:

- Программу, состоящую более чем из 10 Шагов;
- Программу, работающую по бесконечному циклу.

В ТРМ 151-03 возможны четыре варианта логики перехода на следующий Шаг:

- 1) «по значению» – по достижении физической величиной значения, заданного параметром **SP.PS**;
- 2) «по времени» – по истечении длительности шага **t.PS**;
- 3) «по значению И времени» – при выполнении одновременно двух первых условий;
- 4) «по значению ИЛИ времени» – при выполнении хотя бы одного из двух первых условий.

Логика перехода на следующий Шаг задается параметром **LG.PS**.

Длительность Шага при переходе «по времени» задается параметром **t.PS**.

При переходе «по значению» текущее значение физической величины (значение с Вычислителя) сравнивается с заданным **SP.PS**, и если оно стало больше **SP.PS** (или меньше, это определяется параметром **Sn.PS**), то происходит переход на следующий Шаг.

Общим параметром для всех Программ технолога является параметр **t.SCL** – масштаб времени. Вы можете выбрать единицы, в которых будет задаваться длительность Шага в Программе: «часы/минуты» или «минуты/секунды».

Запуск любой Программы можно разрешить или запретить, установив соответствующее значение параметра <Разрешение запуска программы > – **rnPr**.

Рекомендуется запретить запуск всех Программ, которые не используются или не сконфигурированы.

Измерительные Входы ТРМ 151-03 являются универсальными, т. е. к ним можно подключать любые Первичные преобразователи (Датчики) из вышеперечисленных. К Входам ТРМ 151-03 можно подключить одновременно два Датчика разного типа в любых сочетаниях.

Для каждого Входа необходимо задать параметром **in-t** тип подключенного к нему Датчика, выбрав его из предложенного списка. Если Вы не используете какой-либо Вход, установите значение параметра **in-t** «Датчик отключен».

В ТРМ 151-03 существует возможность устанавливать период опроса Датчика на каждом Входе. Этот параметр определяет период тактов регулирования. Это означает, что изменение мощности, подаваемой на Исполнительный механизм, будет производиться с частотой, равной частоте опроса Входов.

Период опроса задается параметром **itrL** в секундах с точностью до 0,1 с.

Не допускается задавать значение периода опроса датчика менее 0,3 с.

Сигналы, полученные от Датчиков, прибор преобразует (по данным НСХ) в текущие цифровые значения. Далее в процессе обработки сигналов осуществляется:

- Цифровая фильтрация сигнала от помех;
- Коррекция измерительной характеристики Датчика;
- Автоматическая коррекция показаний прибора по температуре свободных концов ТП;
- Масштабирование шкалы измерения (для Датчиков с аналоговым выходным сигналом).

Параметры цифровых фильтров, установленные на заводе изготовителе, в большинстве случаев удовлетворяют условиям эксплуатации прибора. Если в процессе работы Вы обнаружите сильное влияние внешних импульсных помех на результаты измерений, Вы можете изменить заводские значения параметров цифровых фильтров.

Заводские значения параметров коррекции измерительной характеристики Датчика можно изменять только в технически обоснованных случаях, так как при этом изменятся стандартные метрологические характеристики ТРМ 151.

Автоматическая коррекция показаний прибора по температуре свободных концов термопар обеспечивает правильные показания прибора при изменении температуры окружающей его среды. Датчик температуры свободных концов термопар расположен внутри прибора у клеммных контактов.

Коррекция включается/выключается параметром **Cj.C**.

Отключение этого вида коррекции может быть необходимо, например, при проведении поверки прибора. При отключенной коррекции температура свободных концов термопар принимается равной 0 °С и ее возможные изменения в расчет не принимаются.

При работе с активными Датчиками, выходным сигналом которых является напряжение или ток, в приборе осуществляется масштабирование шкалы измерения. После масштабирования контролируемые физические величины отображаются непосредственно в единицах их измерения (атмосферах, килопаскалях, метрах и т. д.).

Для каждого такого Датчика необходимо установить диапазон измерения:

- Нижняя граница диапазона измерения задается параметром **Ain.L** и соответствует минимальному уровню выходного сигнала Датчика;
- Верхняя граница диапазона измерения задается параметром **Ain.H** и соответствует максимальному уровню выходного сигнала Датчика.

Дальнейшая обработка сигналов Датчика осуществляется в заданных единицах измерения по линейному закону (прямо пропорциональному при **Ain.H > Ain.L** или обратно пропорциональному при **Ain.H < Ain.L**).

Вычислитель

Вычислитель производит вычисление физической величины по одному или нескольким входным значениям. К Вычислителю можно подключить один или два измерительных входа прибора.

Данные с Вычислителя передаются одновременно Регулятору и Инспектору.

Для Вычислителя задаются следующие параметры:

- Тип вычислителя (формула для вычисления);
- Количество используемых Входов;
- Количество знаков после десятичной точки;
- Весовые коэффициенты измерительных входов при расчете взвешенной суммы.

Тип Вычислителя задается значением параметра **CAL.t**, а количество используемых входов – параметром **n.in.C**.

Вычислитель производит одну математическую операцию с входными величинами. Типы Вычислителей (формулы для вычисления) и количество входных величин, используемых в этих формулах, представлены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Тип Вычислителя и количество используемых им входов

Симв. на ЦИ2*	Тип Вычислителя	Количество входов, используемых Вычислителем
rEPt	Повторитель	1
SU	Взвешенная сумма	1 или 2
rAt	Частное	2
SQr	Квадратный корень	1
toP	Максимум	1 или 2
Bot	Минимум	1 или 2
ArCF	Среднее арифметическое	1 или 2
rH	Вычислитель влажности	2
oFF	Вычислитель отключен	-

* Значение параметра **CAL.t** при программировании кнопками на лицевой панели прибора.

- **Повторитель** просто передает Регулятору значение, измеренное на Входе 1, не производя математических действий.

Установите значение Повторитель, если регулируемая физическая величина измеряется на Входе 1 и не требует никаких дополнительных вычислений. Пример – регулирование температуры, которая измеряется датчиком температуры.

- **Взвешенная сумма** вычисляется по формуле

$$S = Д1 Ч К1 + Д2 Ч К2,$$

где D_1 и D_2 – значения, измеренные на входах 1 и 2; K_1 и K_2 – весовые коэффициенты для входов 1 и 2;

Весовые коэффициенты задаются параметром **SCA** и в других формулах не учитываются.

С помощью Взвешенной суммы вычисляется разность двух измеренных величин. Для этого нужно задать одному входу весовой коэффициент «-1», а другому «+1».

- **Частное** вычисляет результат деления значения с первого входа на значение со второго входа.

- **Квадратный корень** извлекается из значения, измеренного на Входе 1.

- Функции **Минимум** и **Максимум** передают наименьшее и наибольшее из входных значений.

- **Вычислитель влажности** производит расчет влажности психометрическим методом по температурам сухого и влажного термометров. При этом на Входе 1 измеряется температура сухого термометра, на Входе 2 – температура влажного термометра.

- Значение **Вычислитель отключен** Вы можете установить для отключения Канала регулирования. В этом случае ТРМ 151-03 можно использовать как двухканальный измеритель.

Вычисленная физическая величина может быть отображена на 4-разрядном индикаторе ЦИ1 с различной точностью. В параметре **dP** Вы можете задать количество знаков, отображаемых после десятичной точки.

По умолчанию установлено значение **dP**, равное 2.

Если число слишком велико и не помещается на ЦИ, то прибор «отрезает» последние цифры, например: при **dP**= 2 число «485,84» отобразится как «485,8».

Регулятор

Регулятор – это программный модуль, отвечающий за поддержание измеренной или вычисленной величины на заданном уровне, называемом Уставкой.

Регулятор сравнивает значение, пришедшее с Вычислителя, с Уставкой и вырабатывает выходной сигнал, направленный на

уменьшение их рассогласования. Выходной сигнал Регулятора в ТРМ 151-03 поступает на Блок управления ИМ (задвижка), который формирует управляющие сигналы для трехпозиционного ИМ, типа «нагреватель».

ПИД-регулятор

ПИД-регулятор (пропорционально – интегрально – дифференциальный регулятор) выдает значение выходной мощности, направленное на уменьшение отклонения текущего значения регулируемой величины от Уставки.

При управлении ИМ типа «нагреватель» значение выходной мощности находится в диапазоне от «0» до «1» (или от 0 до 100 %).

Выходной сигнал ПИД-регулятора Y_i рассчитывается по формуле:

$$Y_i = \frac{1}{X_p} \left[E_i + \tau_d \cdot \frac{\Delta E_i}{\Delta t_{изм}} + \frac{1}{\tau_{и}} \sum_{i=0}^n E_i \Delta t_{изм} \right],$$

где X_p – полоса пропорциональности;

E_i – разность между Уставкой и текущим значением T_i контролируемой величины, или рассогласование;

τ_d – дифференциальная постоянная;

ΔE_i – разность между двумя соседними измерениями E_i и E_{i-1} ;

$\Delta t_{изм}$ – время между двумя соседними измерениями T_i и T_{i-1} ;

$\tau_{и}$ – интегральная постоянная;

$\sum_{i=0}^n E_i \Delta t_{изм}$ – накопленная в i -й момент времени сумма рассогласований (интегральная сумма).

Как видно из формулы, сигнал управления является суммой трех составляющих:

- Пропорциональной (1-е слагаемое);
- Интегральной (3-е слагаемое);
- Дифференциальной (2-е слагаемое).

Пропорциональная составляющая зависит от рассогласования E_i и отвечает за реакцию на мгновенную ошибку регулирования.

Интегральная составляющая содержит в себе накопленную ошибку регулирования $\sum_{i=0}^n E_i \Delta t_{изм}$ и позволяет добиться максимальной скорости достижения уставки.

Дифференциальная составляющая зависит от скорости изменения рассогласования $\Delta E_i / \Delta t_{изм}$ и позволяет улучшить качество переходного процесса.

Для эффективной работы ПИД-регулятора необходимо подобрать для конкретного объекта регулирования значения коэффициентов ПИД-регулятора X_p , τ_i и τ_d (соответственно, параметры **Pb.i** и **td.ti**, последний задается как отношение τ_d / τ_i).

Настройку ПИД-регулятора рекомендуется выполнять в автоматическом режиме. При настройке вручную Вы можете определить приблизительные значения параметров ПИД-регулятора.

При длительном выходе на Уставку ПИД-регулятор производит «перерегулирование» объекта. «Перерегулирование» связано с тем, что в процессе выхода на Уставку накопилось очень большое значение интегральной составляющей в выходном сигнале регулятора (мощности).

После «перерегулирования» начинается уменьшение значения интегральной составляющей, что, в свою очередь, приводит к провалу ниже уставки – «недорегулированию». Только после одного-двух таких колебаний ПИД-регулятор выходит на требуемое значение мощности.

Во избежание «перерегулирования» и «недорегулирования» необходимо ограничить сверху и снизу значение накопленной интегральной составляющей с помощью задания значений параметров **i.UPr** и **i.min**.

Для уменьшения колебаний при переходных процессах можно также задать номинальную выходную мощность регулятора параметром **P.nom**. Номинальная мощность – это средняя мощность, которую надо подать в объект регулирования для достижения требуемой Уставки.

При работе системы с заданной номинальной мощностью и ограничениями интегральной составляющей, переходный процесс протекает несколько быстрее, т. к. значение выходной мощности сразу начинает расти от **P_{ном}**, а не от нулевого значения.

Приведенный ниже метод позволяет определить приближенные параметры настройки регулятора для обеспечения возможности последующего применения Точной автонастройки. Это бывает необходимо в том случае, когда проведение предварительной настройки в автоматическом режиме недопустимо.

Грубая оценка параметров регулятора основана на временных характеристиках переходной функции объекта регулирования. Для снятия переходной функции объект выводят в рабочую область в ручном режиме, дожидаются стабилизации регулируемой величины и вносят возмущение изменением управляющего воздействия на ДР, [% от диапазона изменения управляющего воздействия]. Строят график переходной функции (рис. 4.3).

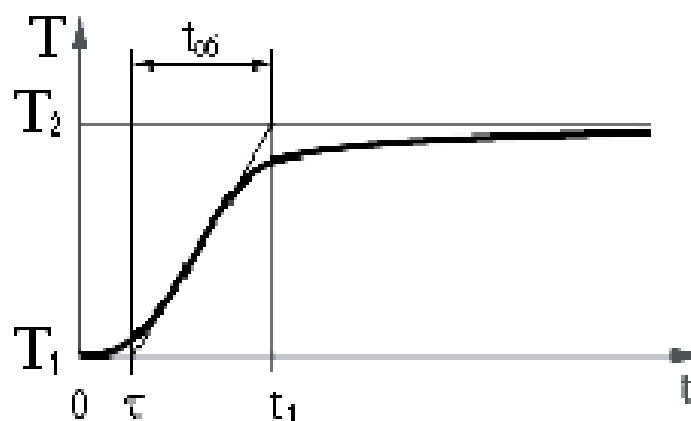


Рис. 4.3. График переходной характеристики

Используя график, можно вычислить:

$$\begin{aligned}
 t_{об} &= t_1 - \tau, \\
 V_{об} &= \frac{(T_1 - T_2)}{(t_{об} \cdot \Delta P)} \\
 \tau_i &= 4 \cdot \tau;
 \end{aligned}$$

$$X_p = 2 \cdot \tau \cdot V_{об};$$

где X_p – полоса пропорциональности, [ед. изм./%];

τ – постоянная запаздывания, [с]

$t_{об}$ – постоянная времени объекта, [с];

$V_{об}$ – максимальная скорость изменения регулируемой величины при изменении задания на один процент, [ед. изм./%/с];

τ_i – интегральная постоянная, [с];

T_2 – установившееся значение регулируемой величины;

T_1 – начальное значение;

ΔP – изменение управляющего воздействия, [%].

Коэффициент τ_d/τ_i (параметр **td.ti**), определяющий долю дифференциальной составляющей, выбирается из интервала [0,1...0,25].

Конкретное значение τ_d/τ_i задается с учетом реальных условий эксплуатации и характеристик используемых технических средств. Для того чтобы определить оптимальное значение τ_d/τ_i , необходимо сопоставить работу системы в реальных условиях эксплуатации при двух-трех различных значениях τ_d/τ_i (например, при $\tau_d/\tau_i = 0,1; 0,15$ и $0,25$).

По умолчанию введено значение $\tau_d/\tau_i = 0,15$.

Значения выходной мощности ПИД-регулятора находятся в диапазоне от «0» до «1» (или от 0 до 100 %). В некоторых случаях возникает необходимость ограничения выходной мощности сверху или снизу.

Ограничение диапазона изменения выходной мощности Регулятора задается двумя параметрами: максимальное значение **P.UPr** и минимальное **P.min**. Эти параметры задаются в процентах от максимальной мощности, которую можно подать на Исполнительный механизм. Если Регулятор выдает значение мощности, находящееся за пределами заданного диапазона, то оно принимается равным **P.UPr** или **P.min** соответственно.

Ограничение скорости роста выходной мощности Регулятора необходимо для безударного включения Исполнительного механизма. Максимальная скорость изменения выходной мощности задается параметром **P.rES** в процентах в минуту (%/мин).

Управление трехпозиционным ИМ

Прибор ТРМ 151-03 управляет трехпозиционным исполнительным механизмом (задвижкой) при помощи сигналов трех типов: «больше», «меньше», «стоп». Для управления таким ИМ необходимо два Выходных элемента.

ТРМ 151 может управлять трехпозиционным ИМ с датчиком положения или без него (рис. 4.4).

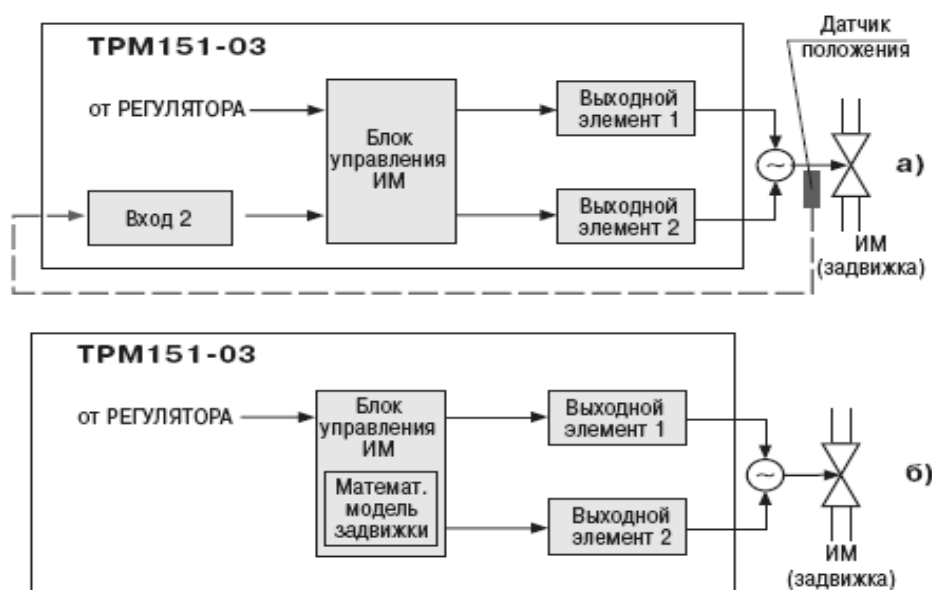


Рис. 4.4. Управление трехпозиционным ИМ:
а – с датчиком положения; б – без датчика положения

Выходные элементы

ТРМ 151-03 имеет два встроенных Выходных элемента (ВЭ).

ВЭ1 и ВЭ2 программно привязаны к Регулятору для управления трехпозиционными ИМ (задвижкой). ВЭ1 подаёт управляющий сигнал для открытия задвижки, ВЭ2 на закрытие. Для управления трехпозиционными ИМ применяются дискретные ВЭ (электромагнитное реле, транзисторная или симисторная оптопара, выход для управления твердотельным реле).

Уставка

Уставка – это значение, которое требуется поддерживать с помощью Регулятора в данный момент времени. Уставка вместе с текущим значением регулируемой величины подается на вход Регулятора.

На каждом Шаге Программы технолога для каждого Регулятора задаются следующие параметры Уставки:

- тип Уставки **P.-SP**;
- значение Уставки **SP.LU**;
- скорость выхода на Уставку **LF.LU**;
- допустимые границы изменения Уставки для работы в режиме ручного управления:
 - нижняя граница задания Уставки **b.CH.L**;
 - верхняя граница задания Уставки **b.CH.H**.

В ТРМ151-03 в качестве Уставки можно задавать:

- значение регулируемой физической величины (тип – «значение»);
- значение выходной мощности Регулятора (тип – «мощность»).

Тип Уставки задается параметром **P.-SP**.

Задание Уставки типа «мощность» бывает необходимо на некоторых стадиях техпроцесса, когда контролировать физический параметр системы не требуется или невозможно. Тогда Вы можете задать фиксированное значение мощности, которое будет подаваться на Исполнительный механизм. Регулирование при этом происходить не будет. Значение Уставки типа «значение» задается в единицах регулируемой величины и должно находиться в диапазоне измерения Датчика.

Значение Уставки типа «мощность» задается в относительных единицах и может принимать значения от «0» до «1».

В ТРМ 151-03 можно ограничить скорость выхода на Уставку.

Эта функция используется в тех случаях, когда регулируемая величина должна плавно, с заданной скоростью, возрастать или уменьшаться на данном Шаге Программы:

- в течение всего Шага (см. рис. 4.5, а);
- в течение части Шага – до достижения Значения Уставки, далее осуществляется поддержание достигнутого значения Уставки (см. рис. 4.5, б, в).



Рис. 4.5. Задание скорости выхода на Уставку

В начале Шага Уставка принимает значение, равное текущему значению регулируемой величины (T_0), и сразу начинает изменяться с заданной скоростью.

Величина T_0 – это значение Уставки на предыдущем Шаге или начальное значение, если Шаг – первый. Например, если регулируется температура, то при старте Программы T_0 примет значение температуры окружающей среды и начнет расти (или уменьшаться) с заданной скоростью от этого значения.

Параметр Скорость выхода на Уставку **LF.LU** задается в единицах регулируемой величины в минуту. Если задать параметру **LF.LU** значение «0», то скорость принимается равной бесконечности, т. е. Уставка мгновенно достигает значения, заданного параметром **SP.LU**.

Реакция прибора на отключение напряжения питания

Реакция на случайное отключение питания в приборе ТРМ 151-03 определяется параметром **bENv**, который может принимать следующие значения:

- «Продолжить с того же места». При выключении питания прибор ТРМ 151-03 сохраняет в течение примерно 2-х часов информацию о своем состоянии и возвращается в него после восстановления питания, продолжая работу с того же места. Если до выключения питания прибор находился в состоянии СТОП или АВАРИЯ, то это же состояние сохранится после включения питания. Если напряжение питания отсутствовало долгое время и информация о состоянии была утеряна, то прибор переходит в состояние СТОП.

- «Запустить первую программу с первого шага». Независимо от того, в каком состоянии прибор находился до отключения питания, при восстановлении питания напряжения будет запущена первая Программа с первого Шага.

- «Перейти в состояние СТОП». Прибор переходит в состояние СТОП.

- «Перейти в состояние АВАРИЯ». Прибор переходит в состояние АВАРИЯ.

Прибор производит подсчет случайных отключений питания (параметр 220). Кроме того, прибор подсчитывает количество собственных пересбросов (параметр **rES**), которые могут происходить при отсутствии питания длительное время.

Прибор имеет энергонезависимую память, в которой сохраняются программируемые параметры прибора. Параметры хранятся в памяти в течение нескольких десятков лет.

Сетевой интерфейс RS-485

Прибор ТРМ 151-03 имеет встроенный сетевой интерфейс RS-485, который предоставляет следующие основные возможности:

- Конфигурирование прибора с персонального компьютера;
- Регистрация на ПК параметров текущего состояния.
- Для работы прибора в сети RS-485 необходимо установить его сетевые настройки. В одной сети могут находиться несколько приборов, подключенных к одному компьютеру. Для

обеспечения корректной работы в этом случае сетевые параметры всех приборов одной сети должны быть одинаковы.

- Режим работы сети RS-485 определяют 5 параметров, представленных в табл. 4.4.

Изменение сетевых настроек прибора или программы может потребоваться при одновременной работе с несколькими приборами в сети.

При неустойчивой связи с прибором, на что указывают частые сообщения об ошибках при чтении или записи параметров, может возникнуть необходимость изменить Скорость обмена данными. Например, при работе на медленном ПК, если скорость составляла 9600 бит/с, попробуйте установить 38400 или 57600 бит/с.

Таблица 4.4

Заводские значения сетевых параметров

Имя параметра	Название параметра	Значение
bPS	Скорость обмена данными	9600 бит/с
Len	Длина слова данных	8 бит
PrtY	Контроль четности	отсутствует
Sbit	Количество стоп-бит в посылке	1
A.Len	Длина сетевого адреса	8 бит
rs.dL	Время задержки ответа по сети	1 мс

Для обеспечения совместной работы сетевые параметры всех приборов одной сети и программы «Конфигуратор ТРМ 151» должны быть одинаковы. В противном случае невозможно установить связь между приборами. Базовые адреса всех приборов одной сети должны быть различны и заданы с интервалом, кратным 8.

Каждый прибор в сети RS-485 должен иметь свой уникальный Базовый адрес в сети.

Длина Базового адреса прибора определяется параметром **A.Len** при конфигурировании сетевых настроек и может быть либо 8, либо 11 бит. Соответственно максимальное значение, ко-

торое может принимать Базовый адрес при 8-битной адресации, – 255, а при 11-битной адресации – 2047.

На заводе-изготовителе всем приборам устанавливается одинаковый Базовый адрес **Addr**, равный 16. Если планируется использовать в одной сети RS-485 несколько приборов, то им необходимо задать новые значения Базовых адресов.

Для каждого следующего прибора ТРМ 151 в сети Базовый адрес задаётся по формуле

Базовый адрес прибора ТРМ 151 = Базовый адрес предыдущего прибора +8.

Настройка сетевых параметров прибора может осуществляться двумя способами:

- с помощью программы «Конфигуратор ТРМ 151»;
- кнопками на лицевой панели прибора.

После изменения сетевых параметров прибора задайте аналогичные настройки для сетевых параметров программы с помощью Конфигуратора. Доступ к ним возможен через папку «Сетевые параметры программы» или через меню Режимы программы – Сетевые параметры программы.

4.2. Лицевая панель прибора. Индикация и управление

На лицевой панели прибора имеются следующие элементы индикации и управления:

- четыре цифровых светодиодных индикатора (ЦИ1...ЦИ4);
- 11 светодиодов;
- 6 кнопок.

Внешний вид лицевой панели ТРМ 151-03 представлен на рис. 4.6.

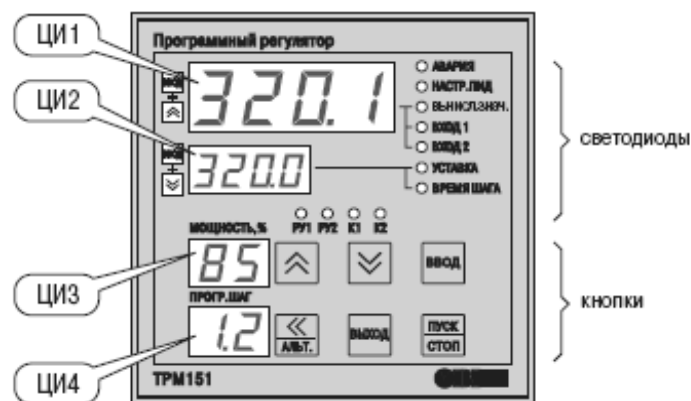


Рис. 4.6. Лицевая панель прибора

Цифровые индикаторы ЦИ1...ЦИ3 в рабочем режиме отображают символьную информацию о Канале регулирования. На ЦИ1 возможно отображение одной из 3-х величин:

- измеренной Входом 1 (светодиод «Вход 1»);
- измеренной Входом 2 (светодиод «Вход 2»);
- вычисленной Вычислителем (светодиод «Вычисленное значение»).

Переключение параметра индицируемого, на ЦИ1 производится кнопками $\boxed{\text{ввод}} + \boxed{\uparrow}$, при этом светится один из светодиодов, показывая, какой из параметров выводится на ЦИ1.

Назначение цифровых индикаторов представлено в табл. 4.5.

Таблица 4.5

Назначение цифровых индикаторов

Цифровой индикатор	Назначение
ЦИ1	Отображает текущее значение измеренной или вычисленной величины
ЦИ2	Отображает текущее значение Уставки для регулирования величины, отображаемой на ЦИ1. При этом светится светодиод «УСТАВКА»
ЦИ3	Отображает значение выходной мощности, подаваемой на Исполнительный механизм, в процентах
ЦИ4	Отображает номер текущей Программы и номер Шага



Отображение времени, прошедшего от начала текущего Шага.

Назначение светодиодов представлено в табл. 4.6.

Таблица 4.6


Назначение светодиодов

Светодиод	Назначение
«АВАРИЯ»	Светится в состоянии критической АВАРИИ (обрыв датчика, перегрев и т. п.). Мигает в состоянии некритической АВАРИИ
«НАСТР.ПИД»	Светится при автонастройке ПИД-регулятора
«ВЫЧ.ЗНАЧ»	Светится при выводе на ЦИ1 вычисленного значения
«ВХОД 1»	Светится при выводе на ЦИ1 значения, измеренного Входом 1
«ВХОД 2»	Светится при выводе на ЦИ1 значения, измеренного Входом 2
«УСТАВКА»	Светится при отображении на ЦИ2 Уставки
«ВРЕМЯ ШАГА»	Светится при отображении на ЦИ2 времени, прошедшего от начала текущего Шага
«РУ1»	Показывает, что Канал находится в режиме Ручного управления: – мигает при ручном управлении выходной мощностью Регулятора, – постоянно светится при ручном управлении Уставкой
«К1»	Светится, если Выходной элемент 1 ключевого типа (с маркировкой «Р», «К», «С») находится в состоянии «замкнуто». Для ВЭ1 типа ЦАП 4...20 мА (с маркировкой «И») светодиод «К1» не задействован
«К2»	Аналогично для Выходного элемента 2

На ЦИ2 можно отобразить время, прошедшее от начала текущего Шага. Для этого нажмите одновременно  + . ЦИ2 покажет время в единицах измерения, установленных параметром Масштаб времени. При этом засветится светодиод «ВРЕМЯ ШАГА». Для возврата к индикации Уставки на ЦИ2 нажмите еще раз «+».

Отображение Уставки типа «мощность».

Если Вы задали тип Уставки «мощность», то на ЦИ2 отображается «**PR.SP**», а значение Уставки отображается на ЦИ3. При этом светится светодиод «УСТАВКА».

















Если на каком-либо ЦИ поместилась не вся информация (например, не все разряды числа), нажмите кнопку . Окно отображения сдвинется, и Вы сможете посмотреть непоместившуюся информацию.
















Назначение кнопок в рабочем режиме





Назначение кнопок при Рабочем режиме представлено в табл. 4.7. Назначение кнопок при работе в других режимах описано в соответствующих разделах РЭ.

Таблица 4.7

Назначение кнопок

Кнопка	Назначение
 (нажать и удерживать 2–3 с)	Запуск/остановка Программы. Переход из состояния СТОП (STOP) в состояние РАБОТА (RUN) и обратно
 + 	Выбор параметра на ЦИ1
 + 	Выбор параметра, индицируемого на ЦИ2
	Сдвиг окна отображения для просмотра информации, не поместившейся на цифровых индикаторах; при аварии – отображение на ЦИ2 кода аварии
 + 	Переход в режим Выбора Программы и Шага (режим SEL)
 + 	Переход в режим «Быстрого» программирования
 + 	Переход в режим Программирования
 + 	Переход в режим Автонастройки ПИД-регуляторов
 + 	Переход в режим Юстировки

Кнопка	Назначение
	Выход из вспомогательных режимов; отключение аварийной сигнализации, переход из режима АВАРИЯ в СТОП
 +  + 	Переход в режим Ручного управления Уставкой
 +  + 	Переход в режим Ручного управления выходным сигналом регулятора (мощностью) и обратно
 +  (+ )	Изменение значения параметра (выходного сигнала или Уставки) в режиме Ручного управления
 +  + 	Принудительная перезагрузка прибора
 + 	Переход в состояние ПАУЗА (из состояния РАБОТА) и обратно

Примечание. Порядок нажатия кнопок важен. Сочетание  +  означает, что нужно нажать кнопку  и, не отпуская ее, нажать кнопку .

Состояния прибора и их индикация

Прибор может находиться в одном из описанных ниже состояний.

- В состоянии РАБОТА производится выполнение Программы технолога.
- В состоянии ПАУЗА регулирование продолжается, но «замораживаются» все динамические изменения: прекращается отсчет времени Программы технолога и изменение Уставки. После повторного старта ход Программы возобновляется с прерванного места. Состояние ПАУЗА можно использовать для искусственного продления Программы технолога.
- В состоянии КОНЕЦ ПРОГРАММЫ прибор попадает после завершения выполнения Программы технолога.
- В состоянии СТОП ни одна Программа технолога не выполняется. При этом возможно или отключение Выходных устройств, или поддержание фиксированного значения мощности на Исполнительных механизмах или регулирование по заданной Уставке.

- В состоянии АВАРИЯ прибор переходит при возникновении аварийной ситуации. В этом состоянии также возможно поддержание фиксированного значения мощности на ИМ.

Схема переключения состояний прибора приведена на рис. 4.7.

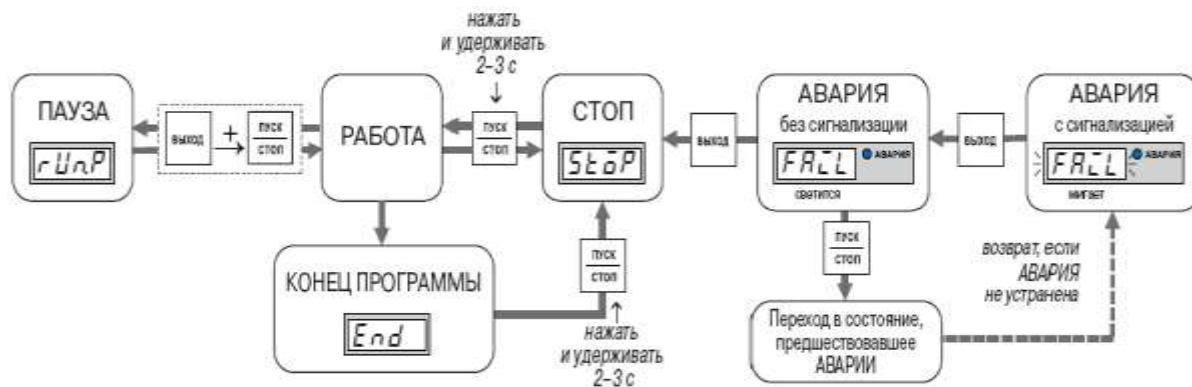


Рис. 4.7. Схема переключения состояний прибора

В каждом состоянии, кроме РАБОТА, на ЦИ2 выводится соответствующее сообщение. Список возможных сообщений приводится в табл. 4.8.

Таблица 4.8

Индикация состояния прибора

Сообщение на ЦИ2	Состояние прибора	Описание состояния прибора
<i>End</i> («End»)	КОНЕЦ ПРОГРАММЫ	Остановка после выполнения Программы
<i>StoP</i> («StoP»)	СТОП	Остановка выполнения Программы
<i>rUnP</i> («rUnP»)	ПАУЗА	Пауза при выполнении Программы
<i>FRCL</i> («FAiL»)	АВАРИЯ	Авария

Режимы прибора и общая схема их переключения

На рис. 4.9 показана общая схема переключения режимов прибора. На схеме приведены также назначения кнопок и их комбинаций в Рабочем режиме.

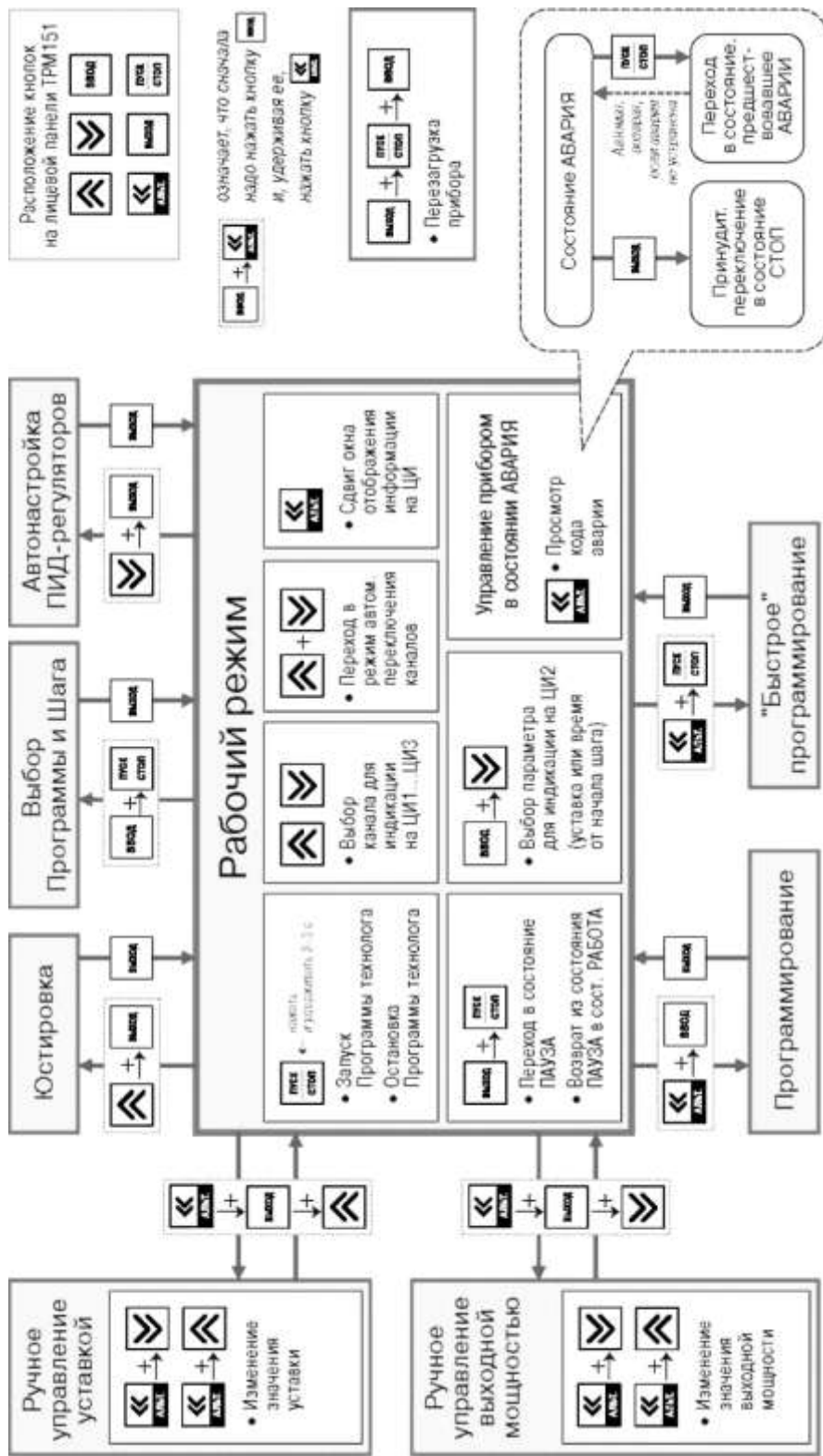
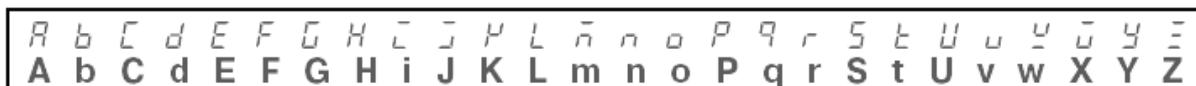


Рис. 4.9. Схема переключения режимов

4.2. Программирование прибора с помощью кнопок на лицевой панели

Соответствие символов на цифровом индикаторе буквам латинского алфавита



Общая схема задания параметров приведена на рис. 4.10.

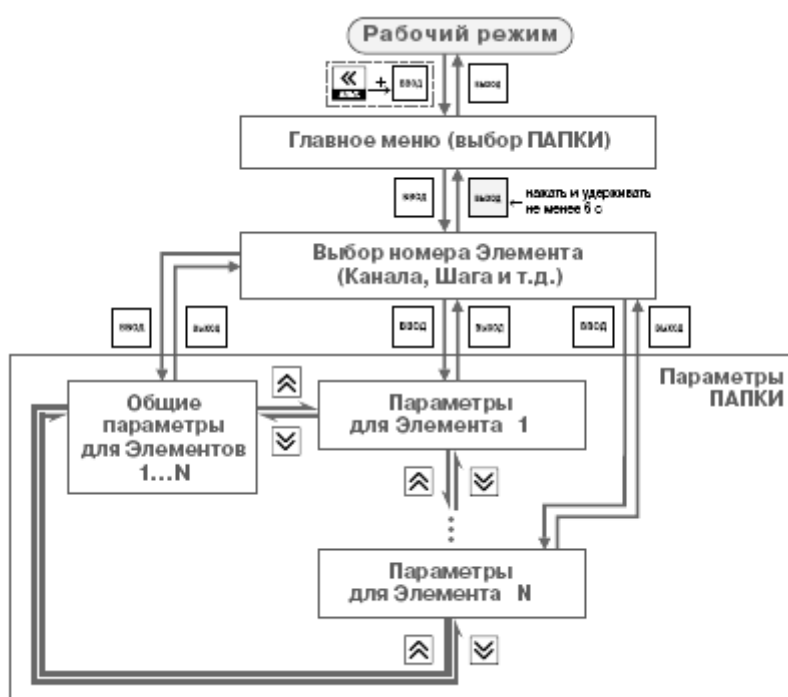
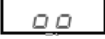




Рис. 4.10. Общая схема задания параметров

Основные правила при работе в главном меню и при выборе элемента

- Выбор в любом меню осуществляется кнопками и (циклически в любую сторону). При этом мигает тот ЦИ, на котором изменяется информация;
- – знак конца списка при циклическом перемещении;

-  – обозначение группы «Общие параметры» при выборе элемента (Канала, Программы и т. д.);
- После того, как Вы совершили выбор, нажмите ;
- Переход на предыдущий уровень всегда осуществляется кнопкой .

Вход в режим программирования. Главное меню






Для входа в режим Программирование нажмите комбинацию кнопок  +  и Вы попадете в Главное меню параметров (рис. 4.11).



Рис. 4.11 Главное меню параметров

На ЦИ1 отображаются имена папок, в которые сгруппированы параметры. Выберите кнопками  и  нужную папку и нажмите .

Выбор элемента (канала, программы, шага и т. д.)

Параметры некоторых папок сгруппированы по Элементам (Каналам, Входам, Программам/Шагам и т. д.), при этом часть параметров является общей для всех Элементов.

На ЦИ1 при выборе отображается обозначение элемента («СН» или «СНЯП» – Канал, «ПроГ» – Программа и т. д.), на ЦИ2 – номер Элемента.

Выберите номер Элемента кнопками  и  и нажмите .

Вход в папку с параметрами.

Индикация при задании параметра

При Входе в папку на индикаторе отображается информация о первом параметре.

Показания цифровых индикаторов при задании параметров (на примере параметра 5т.тУ для Шага № 1 Программы технолога) приведены на рис. 4.12.

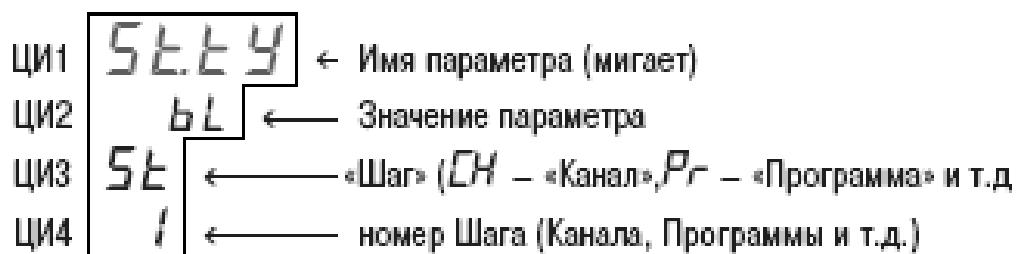






Рис. 4.12. Показания цифровых индикаторов при задании параметров

Перемещение между параметрами в папке показано на рис. 4.13.

- Перемещение между параметрами осуществляется кнопками  и  (циклически в любую сторону). При этом мигает имя параметра на ЦИ1;

-  – знак конца списка при циклическом перемещении;
-  – обозначение входа во вложенную папку; Вы выбрали Элемент (Канал, Шаг и т. д.) и попали в папку для этого Элемента, но перемещаться Вы теперь можете между параметрами всех Элементов последовательно (циклически в любую сторону): общие параметры → параметры для Элемента 1, параметры для Элемента 2 → ... → общие параметры.

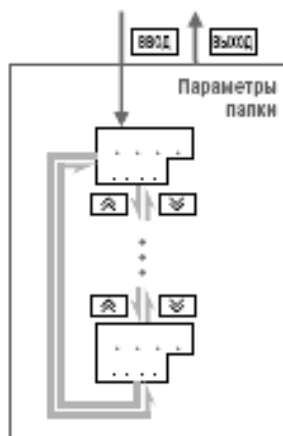


Рис. 4.13. Перемещение по параметрам папки

Задание назначения параметра показано на рис. 4.14











- Выберите параметр для изменения и нажмите . При этом начнет мигать значение параметра на ЦИ2;
- Задайте значение кнопками  и .
- Если параметр символьный, то при нажатии кнопок  значения параметра последовательно выводятся на ЦИ2;
- Если параметр числовой, то кнопка  увеличивает, а кнопка  уменьшает значение параметра;
- Если нажать кнопку  или  и удерживать ее, то изменение значения ускорится;
- После того, как значение задано, нажмите  (для вывода без записи нового значения нажмите ). Снова начнет мигать имя параметра на ЦИ1.



Рис. 4.14. Изменение значения параметра

Список программируемых параметров прибора ТРМ 151-03 представлен в табл. 4.9. Схемы задания этих параметров (программирование прибора) детально рассмотрены в [1].

Таблица 4.9

Перечень программируемых элементов

Имя	Название	Допустимые значения	
		Символы на ЦИ2	Значение (в конфигураторе)
ОБЩИЕ ПАРАМЕТРЫ			
dEv	Название прибора		Устанавливает изготовитель
vEr	Версия ПО		Устанавливает изготовитель
ПАРАМЕТРЫ ПРОГРАММ			
Общие параметры программ			
t.SCL	Масштаб времени	Ч.МН М.СЕК	Часы-минуты Минуты-секунды
Программа №...			
rnPr	Разрешение запуска программы	0 1	Разрешить Запретить
Программа №... / Шаг №...			
St.tY	Тип шага	b.L	Обычный шаг

Имя	Название	Допустимые значения	
		Символы на ЦИ2	Значение (в конфигураторе)
		<i>Conn</i> <i>no</i>	Шаг с переходом Конец программы
LG.PS	Логика перехода на следующий шаг	<i>SP</i> <i>LT.NE</i> <i>Rnd</i> <i>or</i>	По значению По времени По значению И времени По значению ИЛИ времени
Sn.Ps	Условие при переходе «по значению»	<i>LT.SP</i> <i>GT.SP</i>	Величина in.PS < значения Величина in.PS > значения
SP.PS	«Значение» для перехода		-9999...9999
t.PS	Длительность шага		0,0...1092,15
in.PS	Номер входа, величина с которого должна достичь «значения» SP.PS	<i>OFF</i> <i>1</i> <i>2</i>	Вход не назначен Вход №1 Вход №2
ПАРАМЕТРЫ ВХОДОВ			
Общие параметры входов			
Cj-.C	Автоматическая коррекция по температуре свободных концов ТП	<i>OFF</i> <i>on</i>	Выключена Включена
Вход №...			
in-t	Тип датчика	<i>OFF</i>	Датчик отключен
		<i>r.426</i>	ТСМ 100М W100=1,426
		<i>r.426</i>	ТСМ 50М W100=1,426
		<i>r.385</i>	ТСП 100П W100=1,385
		<i>r.391</i>	ТСП 100П W100=1,391
		<i>E.L</i>	ТХК (L)
		<i>E.K</i>	ТХА (K)
		<i>U-50</i>	Датчик -50...+50 мВ
		<i>r.385</i>	ТСП 50П W100=1,385
		<i>r.391</i>	ТСМ 50П W100=1,391

Продолжение табл. 4.9

Имя	Название	Допустимые значения	
		Символы на ЦИ2	Значение (в конфигураторе)
		r.428	ТСМ 50М W100=1,428
		z4.20	Датчик 4...20 мА
		z0.20	Датчик 0...20 мА
		z0.5	Датчик 0...5 мА
		u0.1	Датчик 0...1 В
		r.428	ТСМ 100М W100=1,428
		r-23	ТСМ гр. 23
		E..b	ТПР (B)
		E..5	ТПП (S)
		E..r	ТПП (R)
		E..n	ТНН (N)
		E..j	ТЖК (J)
		E.A1	ТВР (A01)
		E.A2	ТВР (A02)
		E.A3	ТВР (A03)
		E..t	ТМК (T)
		P.r.U.Y	Датчик положения резистивный 900 Ом
		PO.20	Датчик положения с токовым выходом 0..20 мА или 4...20 мА
		PO.5	Датчик положения с токовым выходом 0..5 мА
		Cont*	Датчик контактный
		r.617	ТСН 100Н W100=1,617
		t426	ТСМ 500М W100=1,426
		t428	ТСМ 500М W100=1,428
		t385	ТСП 500П W100=1,385
		t391	ТСП 500П W100=1,391
		t617	ТСН 500Н W100=1,617
		t.426	ТСМ 1000М W100=1,426

Продолжение табл. 4.9

		Ъ.428	ТСМ 1000М W100=1,428
		Ъ.385	ТСП 1000П W100=1,385
		Ъ.391	ТСП 1000П W100=1,391
		Ъ.617	ТСН 1000Н W100=1,617
		P.r.2.0	Датчик положения ре- зистивный 2000 Ом
		P.r.2.0	Датчик положения ре- зистивный 2000 Ом
<i>* В приборе TPM151-03 эти датчики не используются</i>			
in.Fd	Постоянная вре- мени цифрового фильтра		0...1800 [с]
in.FG	Полоса цифрового фильтра		0...9999 [ед. изм.]
itrL	Период опроса датчика		0,3...30 [с]
in.SH	Сдвиг характери- стики датчика		-999...9999 [ед. изм.]
in.SL	Наклон характери- стики датчика		0,9...1.1
Ain.L	Нижняя граница диапазона измере- ния		-999...9999 [ед. изм.] (только для активных датчиков)
Ain.H	Верхняя граница диапазона измере- ния		-999...9999 [ед. изм.] (только для активных датчиков)
ПАРАМЕТРЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЯ			

Продолжение табл. 4.9

CAL.t	Формула вычислителя	$rEPt$ SU Sqr rAt toP $bobt$ A_{rCF} rH oFF	Повторитель Взвешенная Сумма Квадратный корень Частное Максимум Минимум Среднее ариф- метическое Вычислитель влажности Вычислитель отключен
A.ist	Психометрический коэффициент для расчета влажности		0064...0,14
CL.Fd	Постоянная времени цифрового фильтра		0...1800 [сек]
CL.FG	Полоса цифрового фильтра		0...9999
dP	Кол-во знаков после десятичной точки на индикаторе		0...3
n.in.C	Количество аргументов вычислителя		1,2
t.in.1	Тип аргумента №1 вычислителя	dAt $FLtr$	Датчик Сетевой фильтр
In.1	Номер (считая от 0) Входа	0 1	ВХОД №1 ВХОД №2
SCA1	Весовой коэффициент		-100...1000
t.in.2	Тип аргумента №2 вычислителя	0 1	ВХОД №1 ВХОД №2
In.2	Номер (считая от 0) Входа		1,2
SCA2	Весовой коэффициент		-100...1000

Продолжение табл. 4.9

ПАРАМЕТРЫ РЕГУЛЯТОРА			
Регулятор №... \ ПИД-регулятор			
Pb	Полоса пропорциональности		1...9999 [ед. изм.]
ti	Интегральная постоянная		0...65535
td.ti	Отношение дифференциальной постоянной к интегральной		0...0.3
i.UPr	Ограничение максимума интеграла		-100...100 [ед. изм.]
i.min	Ограничение минимума интеграла		-100...100 [ед. изм.]
P.nom	Номинальная мощность		-100...100 [ед. изм.]
Регулятор №... \ Автонастройка			
Y0	Уставка автонастройки		-9999...9999 [ед. изм.]
YdoP	Максимально допустимое отклонение регулируемой величины		0...999 [ед. изм.]
t.vAL	Время полного хода трехпозиционного ИМ		0,01...999 [ед. изм.]
ПАРАМЕТРЫ УСТАВОК			
Уставки регулятора №... \ Уставки в программе №... \ Уставка на шаге №...			
LF.LU	Скорость выхода на Уставку		0...9999 [ед. изм./мин]
P._SP	Тип Уставки	$\begin{matrix} U^{RL} \\ P_D \end{matrix}$	Значение Мощность
b.CH.L	Нижняя граница задания Уставки		-9999... 9999 [ед. изм.]
b.CH.H	Верхняя граница задания Уставки		-9999... 9999 [ед. изм.]

SP.LU	Значение Уставки		–9999... 9999 [ед. изм.]
ПАРАМЕТРЫ ОГРАНИЧЕНИЯ ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТИ			
От регулятора №...			
P.rES	Максимальная скорость изменения выходной мощности		0...100 [%/мин]
P.UPr	Максимальная выходная мощность		–100...100 [%]
P.min	Минимальная выходная мощность		–100...100 [%]
ПАРАМЕТРЫ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМИ МЕХАНИЗМИ			
db.F	Зона нечувствительности для задвижек	(%)	0,05...10 [%]
DLP	Наличие датчика положения задвижек	NO YES	Нет Есть
i.DP	Номер входа датчика положения	0 1	ВХОД №1 ВХОД №2
i.DP	Номер входа датчика положения	0 1	ВХОД №1 ВХОД №2
t.StP	Мин. время остановки задвижки		0:01.....16:39 [мин]
TP.L	Мин. время работы задвижки		0.1...10 [с]
TP.H	Полное время хода задвижки		0:1.....166:9 [мин]
TFP	Время выборки люфта		0,1...10 [с]
LSP	Исходное положение задвижки в %		0...100 [%]

4.4. Сведения по эксплуатации прибора

Включение прибора

После включения в сеть прибор переходит в режим, который описан параметром Реакция после восстановления питания **вЕНv**.

При первом включении прибор находится в режиме СТОП, для выполнения автоматически установлена первая Программа и первый Шаг.

Выбор текущей программы и текущего шага для выполнения

В ТРМ 151-03 на ЦИ4 всегда отображаются через точку номера текущих Программы и Шага. Именно текущая Программа, начиная с текущего Шага, будет запущена на выполнение при нажатии кнопки

Для того чтобы выбрать другие Программу и Шаг, выполните следующий порядок действий (табл. 4.10).

Таблица 4.10

Порядок действий

Действия	Реакция прибора
1. Убедитесь, что прибор находится в состоянии СТОП.	ЦИ2: 5t oP
2. Нажмите кнопку и, удерживая ее нажатой, нажмите	ЦИ1: 5E L Прибор перейдет в режим Выбора Программы и Шага
3. Для подтверждения выбора операции по смене текущих Программы и Шага нажмите кнопку	
4. Выберите с помощью кнопок, и что Вы будете изменять: – номер текущей Программы – номер текущего Шага	ЦИ2: nP r G ЦИ2: n5 t P
5. Для подтверждения выбора нажмите кнопку	На ЦИ1 начнет мигать изменяемое значение номера Программы
6. Установите требуемое значение номера Программы (Шага) кнопками и	

Действия	Реакция прибора
7. Для подтверждения нового значения нажмите кнопку ввод	ЦИ1 перестанет мигать
8. Для выхода из режима Выбора Программы и Шага нажмите кнопку выход	

Примечание. При выборе номера программы ($nPrG$) прибор разрешает выбрать только программы, запуск которых разрешен (установлено значение «Разрешен» в параметре $rPrP$).

Запуск и остановка программы технолога


Независимо от того, выполняется Программа или нет, прибор считывает текущие измерения с подключенных датчиков, вычисленные и отображенные на ЦИ1.

Таблица 4.11

Порядок действий

Действия	Реакция прибора
Запуск Программы технолога	
<input type="checkbox"/> Нажмите кнопку ПУСК / СТОП и удерживайте ее 2–3 с.	ЦИ2: Уставка, при этом светится светодиод «УСТАВКА» или ЦИ2: время, прошедшее от начала текущего Шага, при этом светится светодиод «ВРЕМЯ ШАГА». Начинает выполняться текущая Программа с текущего Шага (их номера отображаются на ЦИ4 через точку)
Переход в состояние ПАУЗА и обратно	
Нажмите кнопки выход + ПУСК / СТОП .	ЦИ2: Уставка (время шага) \rightarrow $rUoP$.
Для выхода из режима ПАУЗА нажмите на кнопки выход + ПУСК / СТОП .	ЦИ2: $rUoP \rightarrow$ Уставка (время шага). Выполнение Программы продолжается.
Принудительная остановка Программы	
Нажмите кнопку ПУСК / СТОП	ЦИ2: Уставка (время шага) \rightarrow $StoP$ и удерживайте ее 2–3 с. Выполнение Программы останавливается. Прибор переходит в состояние СТОП. На ЦИ4 отображаются через точку номера текущих Программы и Шага, которые будут запущены при нажатии кнопки ПУСК / СТОП

Продолжение табл. 4.11











Действия	Реакция прибора
Окончание выполнения Программы. Перевод в состояние СТОП	
	После окончания нециклической программы прибор автоматически переходит в состояние КОНЕЦ ПРОГРАММЫ. ЦИ2: Уставка (время Шага) → <i>End</i> .
Для перевода прибора в режим СТОП нажмите кнопку  и удерживайте ее 2–3 с.	ЦИ2: <i>End</i> → <i>Stop</i> . На ЦИ4 восстанавливаются номер Программы и номер Шага, которые были запущены.





Режим ручного управления Уставкой

Чтобы ручное изменение Уставки стало доступным, снимите блокировку режима Ручного управления. Для этого установите для параметра Ручное управление **bL.rU** значение «разрешено» (см. также схему на рис. 4.15).

Таблица 4.12

Ручное управление Уставкой

Действия	Реакция прибора
1. Нажмите  +  +  (порядок нажатия важен) для перехода в режим Ручного управления уставкой.	Значение Уставки на ЦИ2 начнет мигать. Засветится светодиод « РУ1 »
2. Задайте требуемое значение Уставки с помощью кнопок:  +  – уменьшение значения;  +  – увеличение значения.	Изменяемое значение Уставки мигает на ЦИ2.
3. Для выхода из режима Ручного управления нажмите  +  + 	Значение Уставки перестанет мигать.

Значение Уставки, которое Вы устанавливаете в режиме Ручного управления, должно находиться в границах, заданных параметрами **b.Ch.L** и **b.Ch.H**. Если Вы установите значение Уставки, лежащее вне этих границ, то через 3 с после отпускания кнопок  +  или  +  – прибор автоматически восстановит

то значение Уставки, которое задано при конфигурировании прибора.

Заданное вручную значение Уставки не заносится в энерго-независимую память. При повторном запуске Программы восстанавливается исходное значение, заданное при конфигурировании прибора.

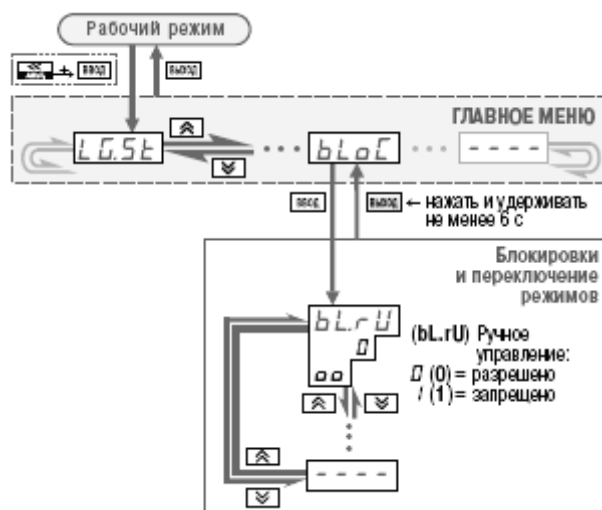


Рис. 4.15 Схема установки параметра блокировки ручного управления кнопками на лицевой панели прибора











Режим ручного управления выходной мощностью

Чтобы ручное изменение выходной мощности Регулятора стало доступным, снимите блокировку режима Ручного управления. Для этого установите для параметра Ручное управление **bL.rU** значение «разрешено».

Регулятор автоматически отключается при переходе в режим Ручного управления выходной мощностью.

Порядок действий для ручного изменения выходной мощности представлен в табл. 4.13.

Ручное управление выходной мощностью

Действия	Реакция прибора
1. Нажмите  +  +  (порядок нажатия важен) для перехода в режим Ручного управления выходной мощностью.	Значение мощности на ЦИЗ начнет мигать. Засветится светодиод «РУ1» (для Канала 1) или «РУ2» (для Канала 2).
2. Задайте требуемое значение Уставки с помощью кнопок:  +  – уменьшение значения;  +  – увеличение значения.	Изменяемое значение мощности (в процентах) мигает на ЦИЗ.
3. Для выхода из режима Ручного управления нажмите  +  + 	Значение мощности на ЦИЗ перестанет мигать.

Автоматическая настройка ПИД-регуляторов

Задачей автонастройки ПИД-регулятора (АНР) является определение за короткое время приблизительных параметров настройки Регулятора, которые используются в последующем процессе регулирования.

Особенностью АНР является то, что в ходе ее выполнения возможно регулирующее воздействие на объект в большом диапазоне и с большой скоростью изменения. Это может привести к выходу из строя объекта регулирования, например вследствие гидравлических ударов или недопустимых температурных напряжений.

Общие правила проведения автонастройки ПИД-регулятора

1. Процесс автонастройки проходит непосредственно на объекте, поэтому для ее осуществления необходимо иметь сконфигурированный прибор с подключенными к нему датчиками и исполнительными механизмами.

2. Условия, в которых проводится автонастройка, должны быть максимально приближены к реальным условиям эксплуатации объекта.

3. В случае когда технические условия эксплуатации объекта не допускают изменения регулирующего воздействия в широ-

ком диапазоне и со значительными скоростями изменения, автонастройку следует выполнить в ручном режиме.

Полное описание автонастройки ПИД-регулятора представлено в [2].

Аварийные ситуации и их возможные причины

ТРМ 151-03 различает два вида АВАРИИ: Критическую и Некритическую.

Критическая АВАРИЯ подразумевает невозможность дальнейшей работы Программы. Пример – обрыв термодатчика в канале регулирования температуры.

Таблица 4.14

Возможные причины аварий

Код аварии	Причина аварии
203	Ошибка измерения при вычислении условия перехода на следующий Шаг
204,130	Ошибка конфигурации, не задан или неправильно задан источник сигнала для проверки условия перехода на следующий Шаг
90	Ошибка конфигурации: «пустого шага» не должно быть
100	Ошибка измерения
220	Авария после отключения питания (см. параметр bENV)
АВАРИИ	
80	Ошибочное измерение в состоянии РАБОТА
192	Не подключено Выходное устройство
208	Не подключен Регулятор
Некритические АВАРИИ	
8	Ошибка при работе в режиме Ручного управления
108	Ошибочное измерение в соседнем Канале

При Некритической АВАРИИ Программа продолжает выполняться. Прибор выдает предупреждение, и у оператора есть возможность оперативно устранить неисправность до того момента, когда АВАРИЯ станет критичной.

Для того, чтобы выяснить причину любой АВАРИИ (Критической или Некритической), нажмите и удерживайте кнопку



. На ЦИ2 отобразится Код АВАРИИ.

Информационные сообщения на цифровых индикаторах

В процессе работы прибор может выводить на цифровые индикаторы информационные сообщения, список которых представлен в табл. 4.15.

Таблица 4.15

Список информационных сообщений на цифровых индикаторах

Сообщение	ЦИ, на котором отображается сообщение	Описание сообщения
<i>End</i>	ЦИ2	Выполнение Программы закончено
<i>Stop</i>	ЦИ2	Прибор находится в состоянии СТОП
<i>run.P</i>	ЦИ2	Прибор находится в состоянии ПАУЗА
<i>FRCL</i>	ЦИ 2	Прибор находится в состоянии АВАРИЯ
<i>ERR</i>	ЦИ4	Прибор находится в состоянии Некритической аварии (надпись появляется каждые 2 с)
<i>Pr.SP</i>	ЦИ2	Задана Уставка типа «мощность»
<i>oFF</i>	ЦИ1	Датчик не подключен
<i>d.oFF</i>	ЦИ1	Датчик не подключен
<i>....</i>	ЦИ1	Обрыв датчика
<i>L.L.L.L.</i>	ЦИ1	Измеренное значение слишком мало
<i>H.H.H.H.</i>	ЦИ1	Измеренное значение слишком велико
<i>□.□.□.□.</i>	ЦИ1	Короткое замыкание датчика
<i>no.CA</i>	ЦИ1	Канал регулирования отключен
<i>SEL</i>	ЦИ1	Выбор номера Программы и Шага
<i>□□.</i> (точка мигает)	ЦИ3	Выходная мощность 100 %

Принудительная перезагрузка прибора

Если Вы обнаружили, что прибор ТРМ 151-03 начал в каких-либо режимах работать некорректно (это может случиться, например, при сильных помехах или после переконфигурирования), Вы можете осуществить его перезагрузку.

Для перезагрузки прибора нажмите одновременно кнопки

$\boxed{\text{выход}} + \boxed{\frac{\text{ПУСК}}{\text{СТОП}}} + \boxed{\text{ввод}}$.

Обычное отключение прибора от питающей сети не приведет к перезагрузке, так как информация о состоянии прибора сохраняется в его памяти в течение примерно 2 часов.

Если прибор «завис», не перезагружается от нажатия $\boxed{\text{выход}} + \boxed{\frac{\text{ПУСК}}{\text{СТОП}}} + \boxed{\text{ввод}}$, то выключите питание прибора на 3 часа, и после включения питания прибор восстановит работоспособность.

5. ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД

5.1. Назначение и состав элементов стенда

Лабораторный стенд «САР соотношения и параметров» предназначен для проверки работоспособности прибора ТРМ 151-03 в качестве автоматического регулятора.

Состав элементов стендов отражает его лицевая панель, приведенная на рис. 5.1. На лицевой панели стенда размещены следующие элементы:

- 1 – Индикатор включения питания стенда;
- 2 – Автоматический выключатель питания стенда;
- 3 – Кнопка включения компрессора «ВКЛ»;
- 4 – Кнопка выключения компрессора «ВЫКЛ»;
- 5 – Переключатель режима управления исполнительным механизмом;
- 6 – ПИД-регулятор ОВЕН ТРМ 151-03;
- 7 – Ручной регулятор расхода топлива (РРТ), выполняющий функции задатчика;
- 8 – Кнопки РУ (М – меньше, Б – больше) ручного управления положением регулирующего клапана КЗР;



Рис. 5.1. Лицевая панель стенда «Система автоматического регулирования соотношения параметров»

9 – Горелка (смеситель воздушных потоков, имитирующих топливо и воздух);

10 – Блок реле БР управления электроприводом регулирующего клапана;

11 – Регулирующий клапан (КЗР);

12 – Манометры P1, P2 для визуального контроля давлений в трубопроводах топлива и воздуха;

13 – Преобразователи давления ПД100 (датчики давления ДТ, ДВ топлива и воздуха);

14 – Блоки питания датчиков давления и реле управления;

15 – Компрессор, вырабатывающий сжатый воздух;

16 – Индикаторные лампы конечных положений регулирующего клапана «Откр.», «Закр.».

Система обеспечивает управление клапаном КЗР в автоматическом (АВТ.) и ручном (РУЧН.) режимах. В первом режиме (переключатель 5 установлен в позицию АВТ.) электродвигате-

лем М2 клапана управляет ПИД-регулятор ОВЕН ТРМ 151-03 через блок промежуточных реле БР, поддерживая заданное соотношение давлений P_T/P_B , а во втором режиме управления (переключатель 5 установлен в позицию РУЧН.) – человек, с помощью кнопок М и Б воздействуя на блок реле БР. В крайних положениях клапана электродвигатель М2 отключается автоматически концевыми выключателями, встроенными в КЗР.

Стенд «САР соотношения параметров» связан с персональным компьютером ПК с помощью интерфейсного модуля RS-485 прибора и сетевого адаптера (преобразователя интерфейсов RS-485/RS 232) АСЗ. В ПК установлена SCADA-система OPMV.2 [1] – программа, обеспечивающая сбор, отображение и архивацию данных, поступающих от прибора ТРМ 151-03.

Сущность системы, реализованной на лабораторном стенде, наглядно может быть представлена схемой, показанной на рис. 5.2.

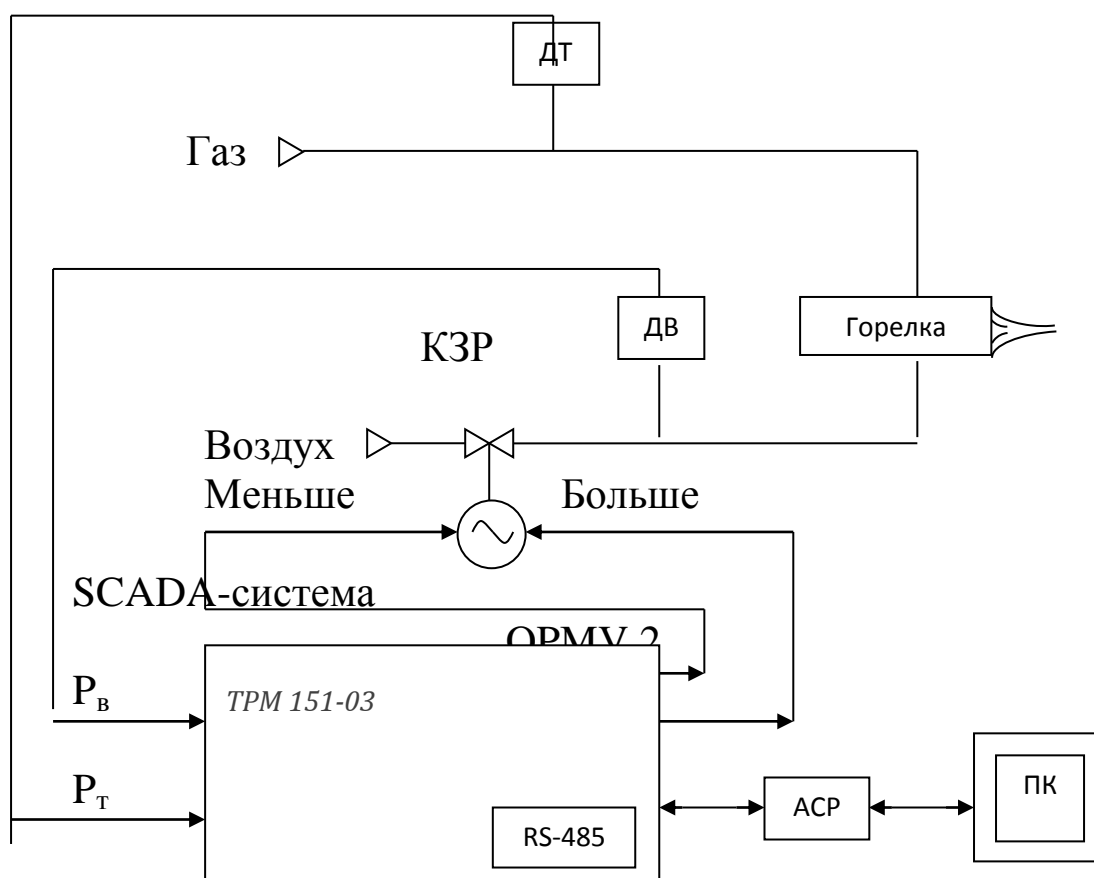


Рис. 5.2. Структурная схема САР соотношения давлений параметров P_T/P_B

5.2. Порядок работы на стенде для проверки работоспособности ТРМ 151-03

1. Включить автоматический выключатель на лицевой панели стенда, при этом загораются лампа «Сеть», а также цифровые индикаторы на лицевой панели прибора ТРМ 151-03;

2. Включить ПК, затем с рабочего стола на мониторе запустить программу OPM (OwenProcessManager), щелкнув ярлык



два раза;

3. На экране появится окно, в котором нужно ввести имя пользователя и пароль (см. в [1], рис. 2.1);

4. Если Вы правильно ввели имя и пароль, то на экране появится **Главное окно программы** (см. в [1], рис. 2.2);

5. В главном окне программы на панели инструментов следует, щелкнув кнопку **Открыть** (📁), открыть файл проекта **15106.own** (рис. 5.3);

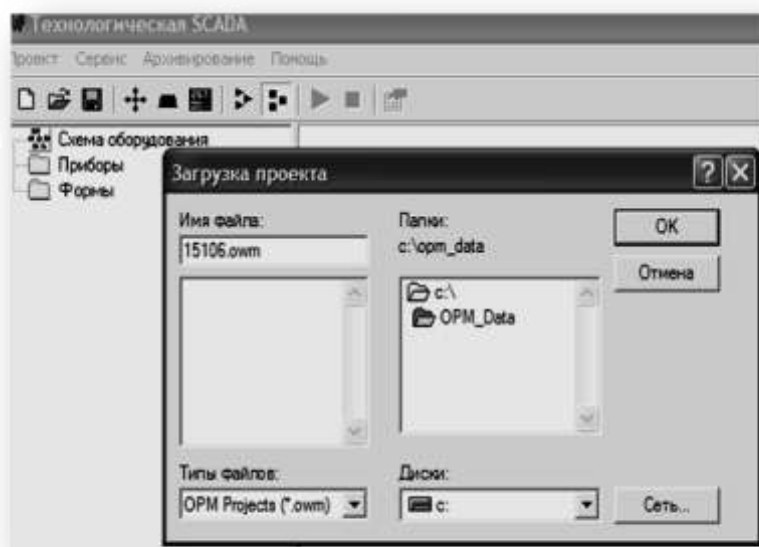


Рис. 5.3. Главное окно панели инструментов

6. Сразу после запуска проекта в **Рабочем окне** (рис. 5.4.) отображаются Схема оборудования в виде дерева (слева) и тех-

нологическая схема контроля в виде мнемосхемы (справа) рис. 4.6;

7. Внизу **Рабочего окна** находятся закладки для каждого прибора. Дерево **Схема оборудования** содержит папку **Приборы**, которая в свою очередь содержит перечень приборов схемы сети и позволяет переключаться между вкладками приборов;

8. Для начала работы с прибором перейдите во вкладку прибора ТРМ 151, щелкнув один раз левой кнопкой мыши по соответствующей закладке внизу **Рабочего окна**. В появившемся окне отображаются списки параметров и графики значений параметров прибора;

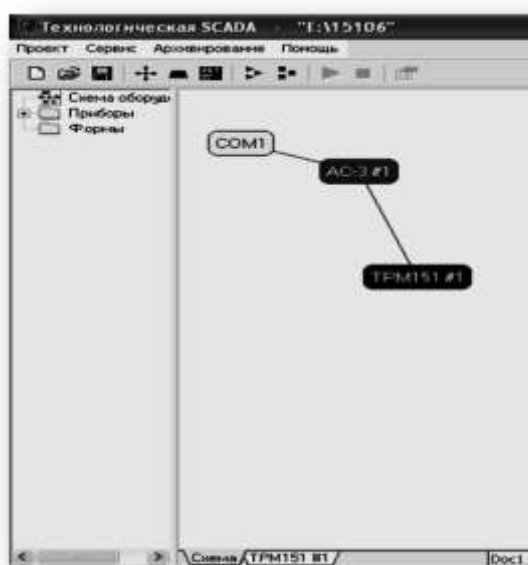


Рис. 5.4. Рабочее окно программы:
COM1 – последовательный порт ПК;
АС-3 – сетевой адаптер; ТРМ 151-1 – прибор №1

7. Выбрав во вкладке прибора **Сервис** → **Запуск** или нажав кнопку на **Панели инструментов** запустить опрос значений всех параметров всех приборов. Тогда при переходе во вкладку конкретного прибора справа от значений параметров появятся графики изменения значений параметров (рис. 5.5).

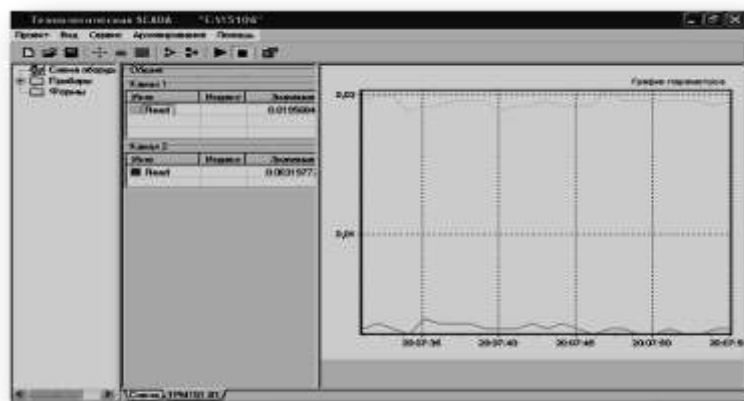


Рис. 5.5. Графики изменений значений параметров прибора

Можно отображать каждый параметр на отдельном графике, для этого выберите **Вид** → **График** → **График для каждого параметра**.

7. Убедиться, что горит сигнальная лампа «Закр» положения задвижки и переключатель 5 режима управления находится в положении АВТ. Если задвижка находится не в закрытом состоянии, то переключив 5 в режим ручного управления РУЧН., кнопками М, Б закрыть задвижку (до срабатывания концевого выключателя закрытого положения);

8. Включить компрессор лабораторного стенда, нажав кнопку ВКЛ на стенде;

9. После отключения компрессора собственным регулятором давления в ресивере с помощью регулятора расхода топлива РРТ, используя манометр Р1, установить давление топлива 0,05–0,2 МПа (0,5–2 атм);

10. На лицевой панели прибора ТРМ 151 нажать и удерживать не менее 3 секунд кнопку **ПУСК** и тем самым запустить программу регулятора соотношения технологических параметров.

На рис. 5.6, 5.7, 5.8 представлены графики изменения давлений топлива (красный цвет – нижняя кривая) и воздуха (синий цвет – верхняя кривая), полученные в системе при ее возмущении изменением вручную давления топлива. Анализ этих графиков показывает, что отношение P_T/P_B поддерживается регулятором на

установленном уровне в установившихся режимах работы системы регулирования.

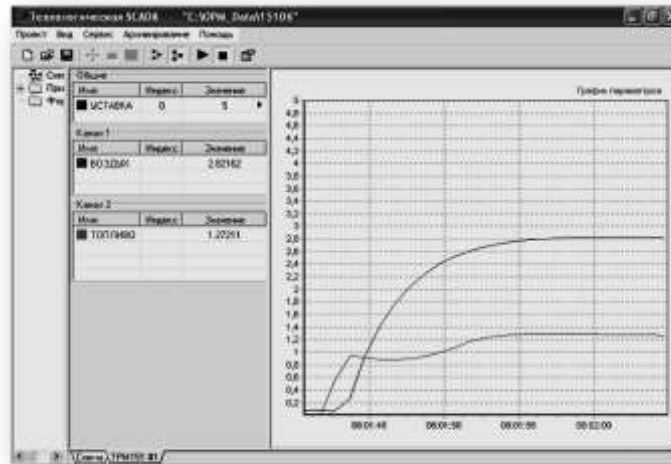


Рис. 5.6. Графики изменения давлений P_T , P_B при резком увеличении давления топлива

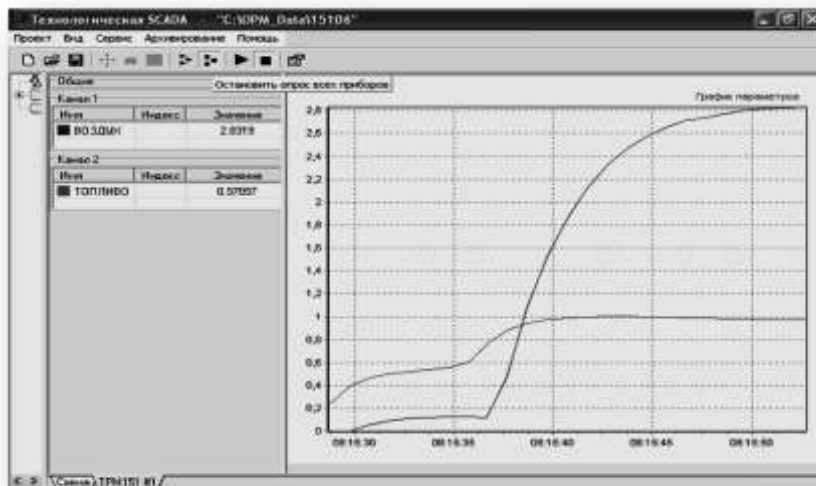


Рис. 5.7. Графики изменения давлений P_T , P_B при плавном увеличении давления топлива

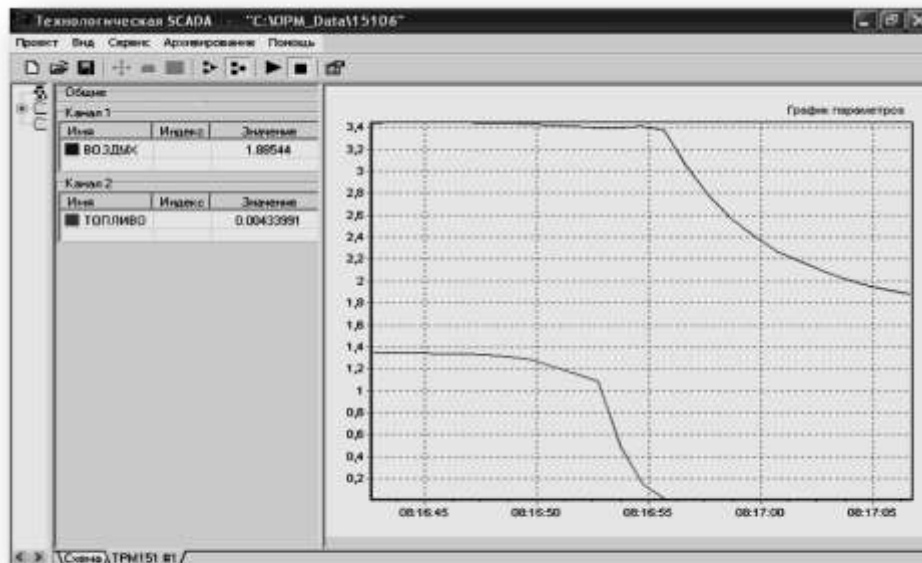


Рис. 5.8. Графики изменения давлений P_T , P_B при резком уменьшении давления топлива

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение и основные функции прибора ТРМ 151-03.
2. Элементы структурной схемы прибора и их функции.
3. С какими датчиками может работать прибор?
4. Какие выходные элементы могут быть установлены в ТРМ 151-03 по заказу пользователей?
5. Что собой представляет Программа технолога?
6. Какое максимальное количество независимых Программ технолога можно задать в приборе?
7. Какие математические операции можно задать вычислителю прибора?
8. По какой формуле рассчитывается выходной сигнал ПИД-регулятора в ТРМ 151-03?
9. Сетевой интерфейс прибора и параметры его настройки.
10. Лицевая панель прибора: назначение кнопок, световых и цифровых индикаторов?
11. Программирование прибора с помощью кнопок лицевой панели. Главное меню.
12. Состав программируемых параметров Регулятора.

13. Состав программируемых параметров Входов прибора.
14. Программируемые параметры Уставок.
15. Как осуществить ручное управление выходной мощностью Регулятора?
16. Состав информационных сообщений, выводимых на цифровые индикаторы в приборе.
17. Назначение стенда «САР соотношение параметров», состав его элементов.
18. Функции ПК при проверке на стенде работы прибора ТРМ 151-03.
19. Как реагирует стендовая система при изменении ручным регулятором давления топлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Медведев А. Е. Программное обеспечение приборов и систем управления технологическими объектами: учеб.-метод. пособие [Электронный ресурс] / А. Е. Медведев; ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2009. – 87 с.
2. Руководство по эксплуатации универсального программного регулятора ТРМ 151-03. – Москва: НПО ОВЕН, 2005. – 99 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9. МИКРОПРОЦЕССОРНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ-РЕГУЛЯТОР ТРМ138

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить устройство, функциональные возможности и программирование многоканального измерителя-регулятора ТРМ138 для выполнения задач автоматизации технологических объектов.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Ознакомиться с устройством и возможными функциями ТРМ138.

2.2. Изучить принципы программирования ТРМ138 с помощью кнопок и индикаторов на его лицевой панели (принципы установки конфигурации требуемой структуры прибора и задания требуемых при эксплуатации значений программируемых параметров).

2.3. Осуществить программирование ТРМ138 (канала 5) на выполнения функции двухпозиционного автоматического регулирования давления сжатого воздуха в ресивере компрессора.

2.4. Провести экспериментальные исследования ТРМ138 в режиме РАБОТА для процесса регулирования давления сжатого воздуха на стенде САКУ (система автоматизации компрессорной установки).

3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

3.1. Назначение и технические характеристики ТРМ138.

3.2. Функциональная схема и основные свойства прибора ТРМ138.

3.3. Лицевая панель прибора: элементы управления и индикации.

3.4. Схема выбора уровня и схема установки программируемых параметров на уровне PL2 (уровень параметров логических устройств прибора).

3.5. Схема конфигурации и параметры настройки ТРМ138 для работы в режиме двухпозиционного регулятора давления сжатого воздуха в ресивере компрессора (для канала 5).

3.6. Экспериментальные графики изменения давления сжатого воздуха $P_B(t)$ в ресивере компрессора для уставок 0,3–0,4 МПа, полученные при работе компрессора с двумя произвольно заданными нагрузками – расходами сжатого воздуха Q_1 и Q_2 , где $Q_2 > Q_1$.

3.7. Фактические параметры работы регулятора давления: а) среднее значение давления и его соответствие уставке; б) зона гистерезиса; в) частота колебаний давления для различных настроек регулятора и нагрузок компрессора.

4. ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ-РЕГУЛЯТОРА ТРМ138

4.1. Назначение и устройства прибора



Рис. 1. Измеритель-регулятор

Восьмиканальный микропроцессорный измеритель-регулятор ТРМ138 (рис. 1) предназначен для построения автоматических систем контроля и регулирования производственными технологическими процессами.

Основные свойства ТРМ138:

ВОСЕМЬ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ВХОДОВ для подключения от 1 до 8 датчиков разного типа в любых комбинациях, что позволяет одновременно измерять и контролировать несколько различных физических величин (температуру, влажность, давление и др.)

ВЫЧИСЛЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ВЕЛИЧИН:

- средних значений от 2 до 8 измеренных величин;
- разностей измеренных величин;
- скорости изменения измеряемой величины

ДО ВОСЬМИ КАНАЛОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ИЛИ РЕГИСТРАЦИИ измеренных или вычисленных величин:

- регулирование по двухпозиционному закону;
- регистрация на аналоговом выходе (ток 4...20 мА)

ОТ 1 ДО 8 ВСТРОЕННЫХ ВЫХОДНЫХ УСТРОЙСТВ различных типов в выбранной пользователем комбинации

РЕЖИМ РУЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ выходными устройствами

КОНФИГУРИРОВАНИЕ функциональной схемы и установка параметров:

- кнопками на лицевой панели прибора;
- на ПК с помощью программы-конфигуратора

СТАНДАРТНАЯ КОНФИГУРАЦИЯ – удобный выбор из четырех возможных

ВСТРОЕННЫЙ ИНТЕРФЕЙС RS-485 (протокол ОВЕН)

Функциональная схема прибора представлена на рис. 2.

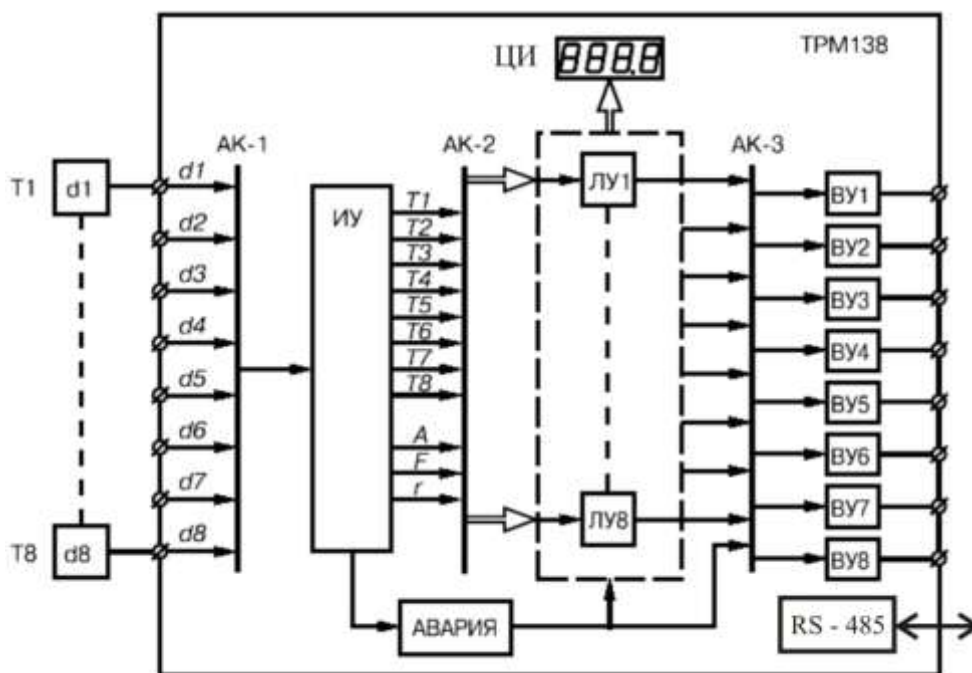


Рис. 2. Функциональная схема TPM138

T1...T8 – текущие значения измеряемых параметров; F – среднее арифметическое значение двух и более измеряемых величин; A – разность значений двух измеряемых величин; r – скорость изменения измеряемой величины (в минуту); RS – 485 – интерфейсный модуль.

В состав схемы входят (выделение узлов является условным, так как их функции выполняются центральным микропроцессором прибора):

d1...d8 – входные первичные преобразователи (датчики), служащие для контроля физических параметров объекта (d1...d8 в состав прибора TPM138 не входят и введены в схему только для удобства рассмотрения ее работы);

В качестве датчиков могут быть применены:

- термопреобразователи сопротивления типа ТСМ, ТСП с диапазоном измерения температуры от -50 до $+750$ °С;
- термопары типа ТЖК, ТНН, ТХА, ТПП, ТВР с диапазоном измерения от -50 до 2500 °С;

- датчики с унифицированным выходным сигналом тока 0...5 мА, 4...20 мА или напряжения 0...50 мВ, 0...1 В.

АК-1 – автоматическое устройство, предназначенное для коммутации сигналов первичных преобразователей при опросе их измерительным устройством;

ИУ – измерительное устройство, предназначенное для преобразования сигналов датчиков в цифровые значения контролируемых ими параметров, а также служащее для вычисления математических величин (А, F, r);

АК-2 – автоматическое устройство, предназначенное для коммутации измеренных входных параметров с целью соединения их с логическими устройствами схемы;

ЛУ1...ЛУ8 – логические устройства (с назначаемыми пользователем функциональными характеристиками), предназначенные для формирования сигналов управления выходными устройствами схемы, а также для вывода подключенных к ним измеренных значений входных параметров на цифровой индикатор. Программным способом может быть задан режим работы ЛУ: двухпозиционный регулятор или регистратор;

АК-3 – автоматическое коммутационное устройство, предназначенное для подключения сигналов ЛУ к выходным устройствам схемы;

ВУ1...ВУ8 – выходные устройства, предназначенные для согласования сигналов управления (сформированных ЛУ1...ЛУ8) с внешним оборудованием, осуществляющим регулирование параметров объекта или контроль за его состоянием. В приборе в зависимости от заказа могут быть установлены в различных комбинациях следующие выходные устройства:

- электромагнитные реле 4 А 220 В;
- транзисторные оптопары n-p-n-типа 200 мА 40 В;
- симисторные оптопары 50 мА 300 В (0,5 А в импульсном режиме);
- логический выход 0...6 В 100 мА для управления твердотельным реле;
- ЦАП «параметр – 4...20 мА».

Любое ВУ может управляться вручную оператором кнопками, расположенными на передней панели.

Схема связей ЛУ с входными датчиками и ВУ – переменная, задаваемая пользователем при установке рабочих параметров прибора. При этом к каждому из выбранных для работы ЛУ может быть подключен любой из используемых датчиков (или вычисленная ИУ математическая величина), а также любое из имеющихся в приборе выходных устройств.

Указанное свойство позволяет осуществлять конфигурацию прибора по удобной для эксплуатации схеме и использовать ТРМ138 при выполнении различных по назначению технологических процессов.

Во время работы прибор выполняет следующие основные функции:

- позволяет производить конфигурирование функциональной схемы и установку программируемых рабочих параметров с помощью встроенной клавиатуры управления;
- производит измерение физических параметров контролируемых входными первичными преобразователями с учетом нелинейности их НСХ;
- осуществляет цифровую фильтрацию измеренных параметров от промышленных импульсных помех;
- позволяет производить коррекцию измеренных параметров для устранения погрешностей первичных преобразователей;
- осуществляет отображение результатов измерений на встроенном светодиодном четырехразрядном цифровом индикаторе;
- формирует аварийный сигнал при обнаружении неисправности первичных преобразователей с отображением его причины на цифровом индикаторе и при необходимости выводит его на внешнюю сигнализацию;
- формирует сигналы управления внешними исполнительными механизмами и устройствами в соответствии с заданными пользователем законами и параметрами регулирования;
- осуществляет отображение на встроенном светодиодном цифровом индикаторе заданных параметров регулирования;

- формирует команды ручного управления исполнительными механизмами и устройствами с клавиатуры прибора;
- осуществляет передачу компьютеру информации о значениях контролируемых датчиками величин и установленных рабочих параметрах, а также принимает от него данные на изменение этих параметров;
- производит сохранение заданных программируемых параметров в энергонезависимой памяти при отключении напряжения питания.

Технические характеристики ТРМ 138:

- диапазон напряжения питания, В – 90÷245;
- потребляемая мощность, ВА – ≤ 12 ;
- количество универсальных входов измерения – 1÷8;
- время опроса одного канала, с – $\leq 0,6$;
- количество каналов контроля – 1÷8;
- количество выходных устройств – 8;
- интерфейс связи с компьютером – RS-485;
- предел допустимой основной погрешности измерения, % – 0,25;
- температура окружающего воздуха, °С – 1÷50;
- масса прибора, кг – $\leq 1,5$.

Элементы индикации и управления изображены на рис. 3. На лицевой панели прибора расположены цифровые и единичные светодиодные индикаторы, служащие для отображения текущей информации о параметрах и режимах работы ТРМ138; а также шесть кнопок, предназначенных для управления прибором.

1 – четырехразрядный цифровой индикатор ЦИ-1 отображает измеренное или вычисленное значение параметра в выбранном канале контроля; при аварии индикатор отображает порядковый номер неисправного датчика. Возможны два режима индикации:

- статический режим – выбор канала индикации производится оператором при помощи кнопок управления, расположенных на лицевой панели прибора, и контролируется по засветке соответствующего светодиода «КАНАЛЫ»;

- циклический режим – информация о каждом канале контроля выводится по замкнутому циклу на заданное пользователем время.





Рис. 3. Лицевая панель ТРМ138


2 – четырёхразрядный цифровой индикатор ЦИ-2 отображает уставку выводимого на индикацию канала контроля; при аварии индикатор отображает причину неисправности датчика в символьном виде.


3 – двухразрядный цифровой индикатор ЦИ-3 отображает информацию о подключенном к данному каналу входном параметре (например, датчик 1 – «d1»).


4 – двухразрядный цифровой индикатор ЦИ-4 отображает в режиме РАБОТА номер подключенного к данному каналу выходного устройства; мигающей засветкой сигнализирует о переводе ВУ в режим РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ.


5 – Светодиоды «КАНАЛЫ 1...8» постоянной засветкой показывают номер ЛУ, параметры которого в данный момент выводятся на индикацию, мигающей засветкой сигнализируют о возникновении аварийной ситуации в данном канале контроля или срабатывании в нем предупредительной сигнализации.

6 – Кнопки  и  служат для выбора канала индикации в статическом режиме работы, а также для управления ВУ в ручном режиме.

Кнопка  предназначена для перевода прибора в режим ПРОГРАММИРОВАНИЕ.

Кнопка  предназначена для остановки работы аварийного ВУ, а также для сдвига информации на верхнем индикаторе при его переполнении.

Кнопка  предназначена для перевода выбранного оператором ЛУ в режим «РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ», а также для возврата прибора из режима ПРОГРАММИРОВАНИЕ в режим РАБОТА.


Кнопка  предназначена для переключения режима индикации прибора со статического на циклический, и обратно.

Светодиод «К1» засвечивается при включении ВУ канала контроля, выводимого на индикацию.


Светодиод «СТОП» светится при работе в статическом режиме индикации [1].

4.2. Программирование измерителя-регулятора ТРМ138

Режим ПРОГРАММИРОВАНИЕ предназначен для установки конфигурации схемы ТРМ138 и задания требуемых при эксплуатации значений программируемых параметров. Заданные значения параметров записываются в энергонезависимую память и сохраняются в ней при отключении питания прибора.

В режиме ПРОГРАММИРОВАНИЕ прибор продолжает измерять входные величины (без вывода их значений на цифровой индикатор) и формировать сигналы автоматического управления внешними устройствами. Если при этом оператором производится изменение какого-либо параметра, то прибор начинает работать с новым значением после его записи в память ТРМ138. Запись нового значения параметра производится кратковременным нажатием кнопки .


Все программируемые параметры прибора (в соответствии с их назначением) разбиты на шесть групп (уровней) **PL-0...PL-5**.

Перевод прибора из режима РАБОТА в режим ПРОГРАММИРОВАНИЕ осуществляется нажатием и удержанием кнопки  в течение примерно 3 с (до появления на индикаторе ЦИ-1

заставки **ProG**, а на индикаторе **ЦИ-2** – заставки PL-0). После чего оператор может выбрать уровень, на котором будут производиться просмотр или изменение параметров (рис. 4).

Примечания.

1. Здесь и далее на схемах изображение какой-либо кнопки управления без указания временных характеристик означает ее кратковременное нажатие на время $\approx 0,5$ с.

2. Перевод прибора из режима ПРОГРАММИРОВАНИЕ в режим РАБОТА может осуществляться после установки и записи любого параметра при помощи кнопки .

Уровень PL-0 включает в себя программируемые параметры общего назначения (табл. 1). Схема установки параметров уровня PL-0 показана на рис. 5.

При выборе параметра (кроме его обозначения на индикаторе ЦИ-2) индикаторы прибора показывают:

- ЦИ-1 – ранее установленное значение параметра;
- ЦИ-4 – порядковый номер параметра по табл. 1.

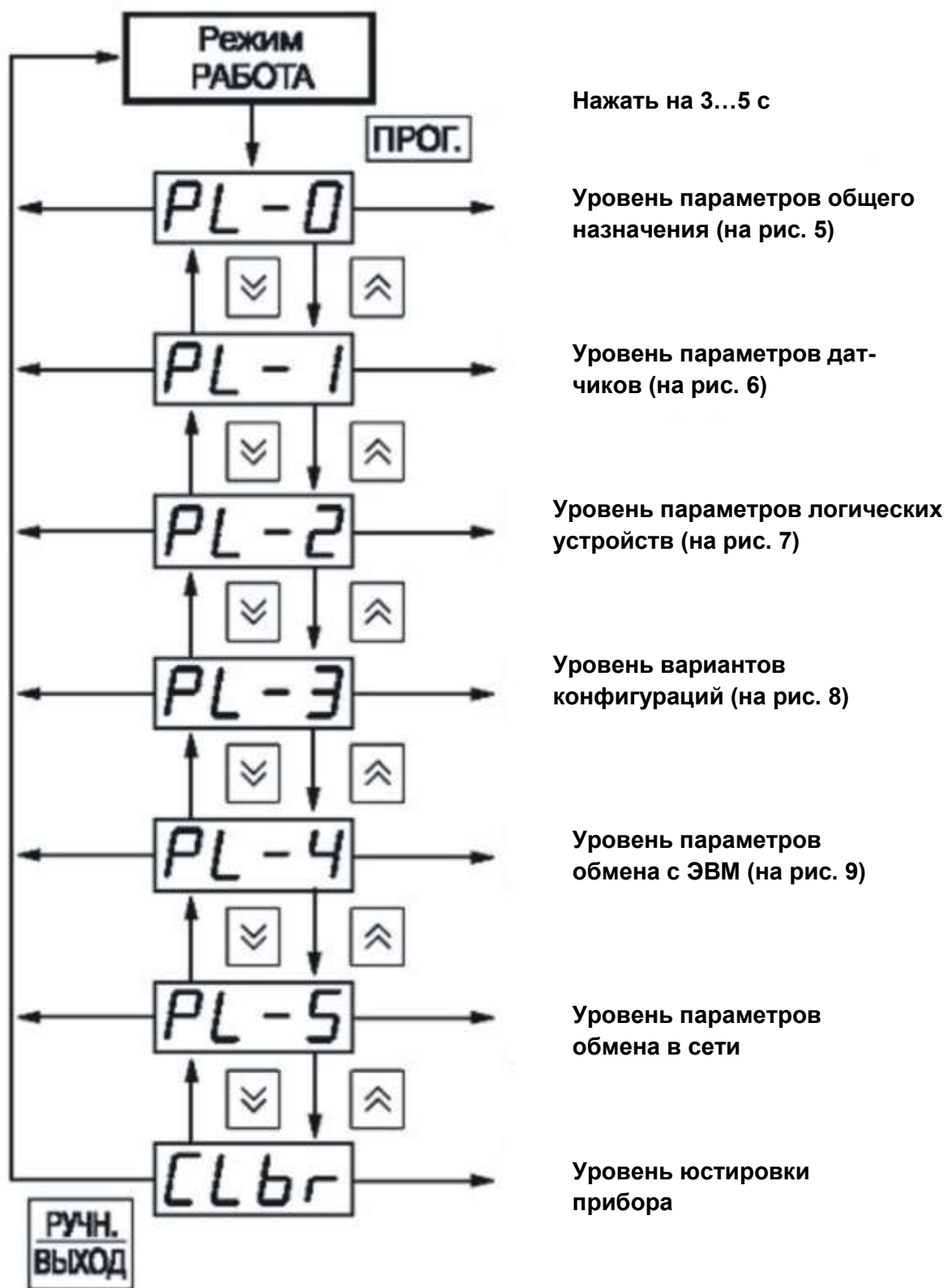


Рис. 4. Схема выбора уровня программируемых параметров

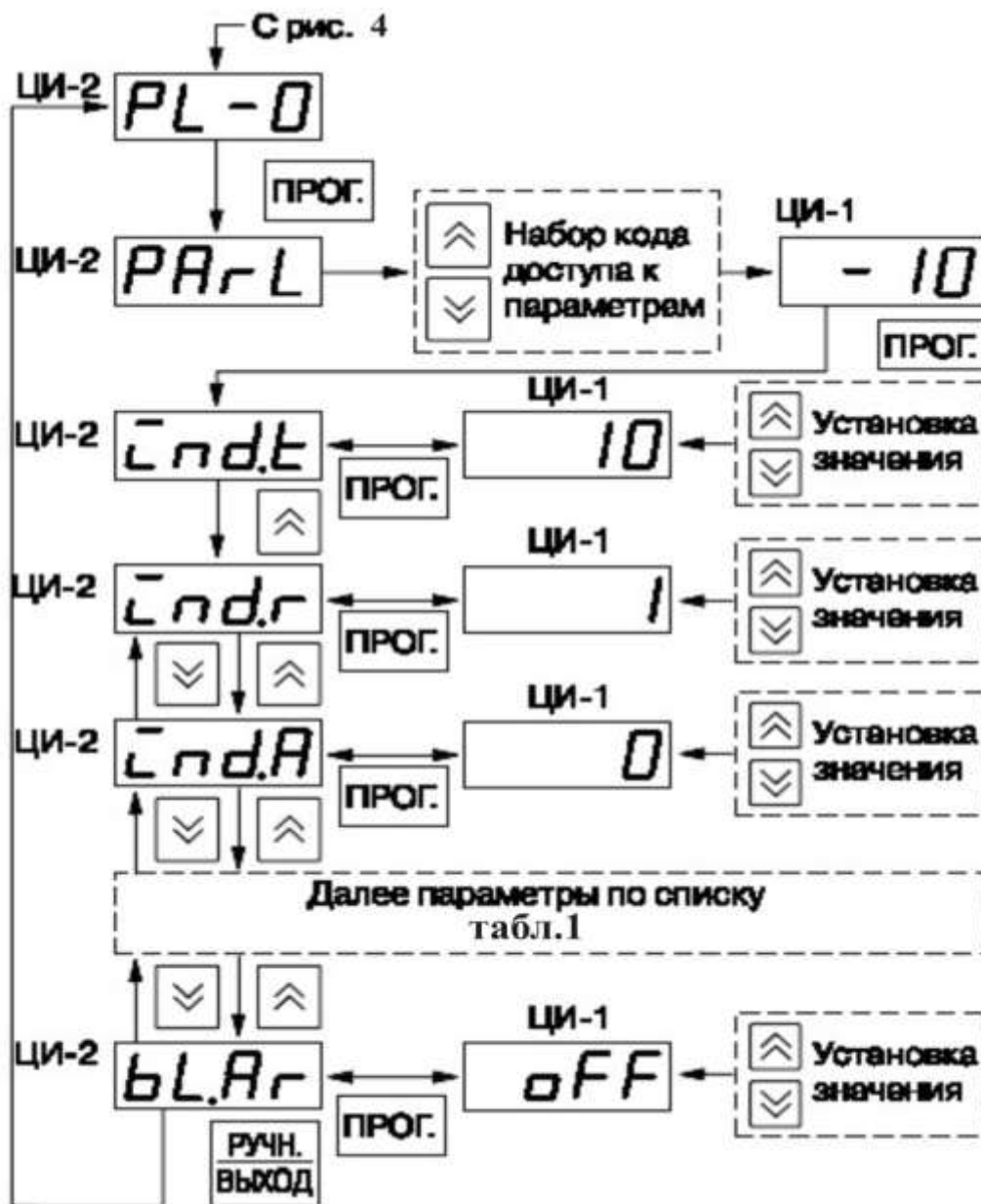



Рис. 5. Схема установки программируемых параметров на уровне PL0

Уровень PL-1 включает в себя программируемые параметры, служащие для обработки сигналов восьми входных первичных преобразователей, и устанавливаемые для каждого датчика отдельно после выбора его из списка **dat1...dat8**. Обозначение **dat1** соот-

ветствует датчику, подключенному к контактам «Вход 1»; **dat2** – датчику, подключенному к контактам «Вход 2» и т. д.

Таблица 1

Уровень PL-0 (параметры общего назначения)

№ п/п	Обозначение		Наименование	Допустимые значения
	в тексте	на ЦИ-2		
1	ind.t		Периодичность смены каналов при циклической индикации	1...600 с
2	ind.r		Периодичность обновления информации на ЦИ	0...60 с
3	ind.A		Состояние циклической индикации после перезапуска прибора	on / off
4	AL.dr		Номер выходного устройства для отработки сигнала АВАРИЯ (при использовании прибора в качестве сигнализатора «Авар. Сигнализация»)	0...8
5	AL.Hd		Длительность срабатывания выходного устройства AL.dr по сигналу АВАРИЯ	1...600 с
6	AL.St		Состояние выходного устройства AL.dr после поступления сигнала АВАРИЯ	on / off
7	Cj-C		Режим работы автоматической коррекции по температуре свободных концов ТП	on / off
8	SYSt		Режим вывода на индикацию «системных ошибок»	on / off
9	bL.Ar		Режим блокировки ручного управления При bL.AP=on ручное управление ВУ запрещено!	on / off

Перечень программируемых параметров для любого датчика приведен в табл. 2, схема установки параметров – на рис. 6.

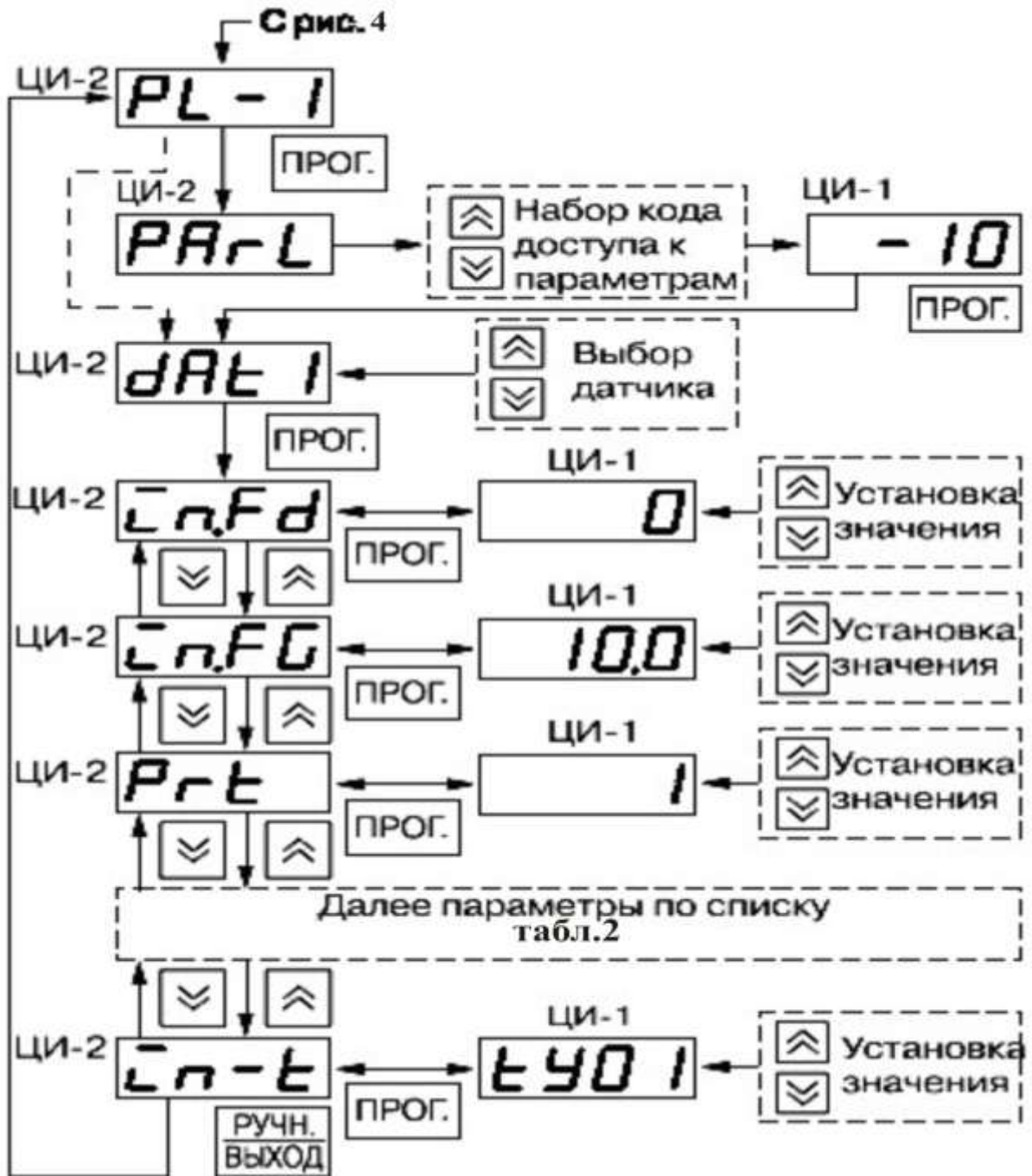






Рис. 6. Схема установки программируемых параметров на уровне PL-1

При выборе параметра (кроме его обозначения на индикаторе **ЦИ-2**) индикаторы прибора показывают:

- **ЦИ-1** – ранее установленное значение параметра;
- **ЦИ-3** – порядковый номер датчика, (например, **d2** – датчик, подключенный к контактам «Вход 2»);
- **ЦИ-4** – порядковый номер параметра по табл. 2.

В некоторых параметрах (отмеченных в таблицах прил. 3 знаком *), положение десятичной точки определяется пользователем и может быть изменено. Для этого после выбора требуемого параметра (мигает его обозначение на индикаторе **ЦИ-2**) нажать и удерживать кнопку  , десятичная точка при этом перемещается

по индикатору **ЦИ-1**. Отпустить кнопку  при достижении точкой нужного положения. Повторно  кратко нажать кнопку  и установить требуемое значение параметра.

Уровень PL-2 включает в себя программируемые параметры восьми ЛУ прибора, устанавливаемые для каждого ЛУ отдельно после выбора его из списка **CPr1...CPr8**. Обозначение **CPr1** соответствует ЛУ1 (КАНАЛ 1); обозначение **CPr2** – ЛУ2 (КАНАЛ 2) и т. д. Перечень параметров одного ЛУ приведен в табл. 3.

Схема установки программируемых параметров на уровне **PL-2** представлена на рис. 7.

При выборе программируемого параметра (кроме его обозначения на индикаторе **ЦИ-2**) индикаторы прибора показывают:

- **ЦИ-1** – ранее установленное значение параметра;
- **ЦИ-3** – порядковый номер ЛУ, к которому относятся данные рабочие параметры (например, **C1** – логическое устройство ЛУ1);
- **ЦИ-4** – порядковый номер параметра по списку табл. 3.

Таблица 2

Уровень PL-1 (параметры обработки сигналов датчиков)

№№ п.п.	Обозначение		Наименование	Допустимые значения
	в тексте	на ЦИ-2		
1	2	3	4	5
1	in.Fd	$\overline{Ln.Fd}$	Постоянная времени цифрового фильтра	0...15
2	in.FG	$\overline{Ln.FG}$	Полоса цифрового фильтра	0...100*
3	Prt	\overline{Prt}	Степень приоритета датчика	1...8
4	in.SH	$\overline{Ln.SH}$	Коррекция "сдвиг характеристики"	-999...+9999*
5	in.SL	$\overline{Ln.SL}$	Коррекция "наклон характеристики"	0,900...1,100*
6	Ain.L	$\overline{RLn.L}$	Нижняя граница измерения для активного датчика	-999...+9999*
7	Ain.H	$\overline{RLn.H}$	Верхняя граница измерения для активного датчика	-999...+9999*
8	in.rd	$\overline{Ln.rd}$	Постоянная времени цифрового фильтра при вычислении скорости изменения входного параметра	0...15

9	in-t	$\overline{Ln-t}$	<p>Тип НСХ датчика:</p> <p>"Датчик отключен"</p> <p>"ТСМ 100М W₁₀₀ = 1,426"</p> <p>"ТСМ 50М W₁₀₀ = 1,426"</p> <p>"ТСП 100П W₁₀₀ = 1,385"</p> <p>"ТСП 100П W₁₀₀ = 1,391"</p> <p>"ТХК(L)"</p> <p>"ТХА(K)"</p> <p>"Датчик 0...+50мВ"</p> <p>"ТСП 50П W₁₀₀ = 1,385"</p> <p>"ТСП 50П W₁₀₀ = 1,391"</p> <p>"ТСМ 50М W₁₀₀ = 1,428"</p> <p>"Датчик 4...20 мА"</p> <p>"Датчик 0...20 мА"</p> <p>"Датчик 0...5 мА"</p> <p>"Датчик 0...1 В"</p> <p>"ТСМ 100М W₁₀₀ = 1,428"</p> <p>"ТСМ гр. 23"</p> <p>"ТПП(S)"</p> <p>"ТПП(R)"</p> <p>"ТНН(N)"</p> <p>"ТЖК(J)"</p> <p>"ТВР(A-1)"</p>	<p>oFF</p> <p>tY00</p> <p>tY01</p> <p>tY02</p> <p>tY03</p> <p>tY04</p> <p>tY05</p> <p>tY06</p> <p>tY07</p> <p>tY08</p> <p>tY09</p> <p>tY10</p> <p>tY11</p> <p>tY12</p> <p>tY13</p> <p>tY14</p> <p>tY15</p> <p>tY17</p> <p>tY18</p> <p>tY19</p> <p>tY20</p> <p>tY21</p>
---	------	-------------------	---	--

Уровень PL-2 (параметры логических устройств)

№№ п.п.	Обозначение		Наименование	Допустимые значения
	в тексте	на ЦИ-2		
1	2	3	4	5
1	C.SP		Заданное значение контролируемого параметра (уставка)	-999...+9999*
2	HYS		Зона гистерезиса компаратора	0,001...9999*
3	C.SP.o		Зона оперативного изменения уставки	0...9999*
4	Ht.on		Минимальное время удержания ВУ во включенном состоянии	0...9000 с
5	Ht.oF		Минимальное время удержания ВУ в выключенном состоянии	0...9000 с
6	dL.on		Время задержки включения ВУ	0...3600 с
7	dL.oF		Время задержки выключения ВУ	0...3600 с
8	bL.St		Блокировка выхода в начале работы	on / oFF
9	AL.t		Выходная характеристика ЛУ	

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5
			"Измеритель" "Прямой гистерезис" "Обратный гистерезис" "П-образная характеристика" "U-образная характеристика" "Регистратор"	0 1 2 3 4 5
10	Er.St	$\boxed{Er.St}$	Состояние ВУ при аварии	on / oFF
11	C.in	$\boxed{C.in}$	Входной сигнал ЛУ: "Вход отключен" "Датчик d1...d8" "Среднее арифметическое по d1, d2 " "Среднее арифметическое по d1...d3 " "Среднее арифметическое по d1...d4 " "Среднее арифметическое по d1...d5 " "Среднее арифметическое по d1...d6 " "Среднее арифметическое по d1...d7 " "Среднее арифметическое по d1...d8 " "Разность между d1 и d2" "Разность между d3 и d4" "Разность между d5 и d6" "Разность между d7 и d8" "Скорость изменения параметра контролируемого датчиком d1...d8"	0 1...8 (соотв.) 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 27...20 (соотв.)
12	dP	\boxed{dP}	Положение десятичной точки на цифровом индикаторе "Точка отсутствует" "Точка после третьей цифры" "Точка после второй цифры" "Точка после первой цифры"	0 1 2 3
13	Ao.L	$\boxed{Ao.L}$	Нижняя граница параметра при его регистрации	-999...+9999*
14	Ao.H	$\boxed{Ao.H}$	Верхняя граница параметра при его регистрации	-999...+9999*
15	C.dr	$\boxed{C.dr}$	Порядковый номер выходного устройства	0...8
16	C.Lbt	$\boxed{C.Lbt}$	Заданное время для аварии LBA	0...9000 с
17	C.LbA	$\boxed{C.LbA}$	Минимальный уровень изменения входного параметра для аварии LBA	0,001...100*
18	AL.oU	$\boxed{AL.oU}$	Предупредительная сигнализация о включении ВУ	on / oFF

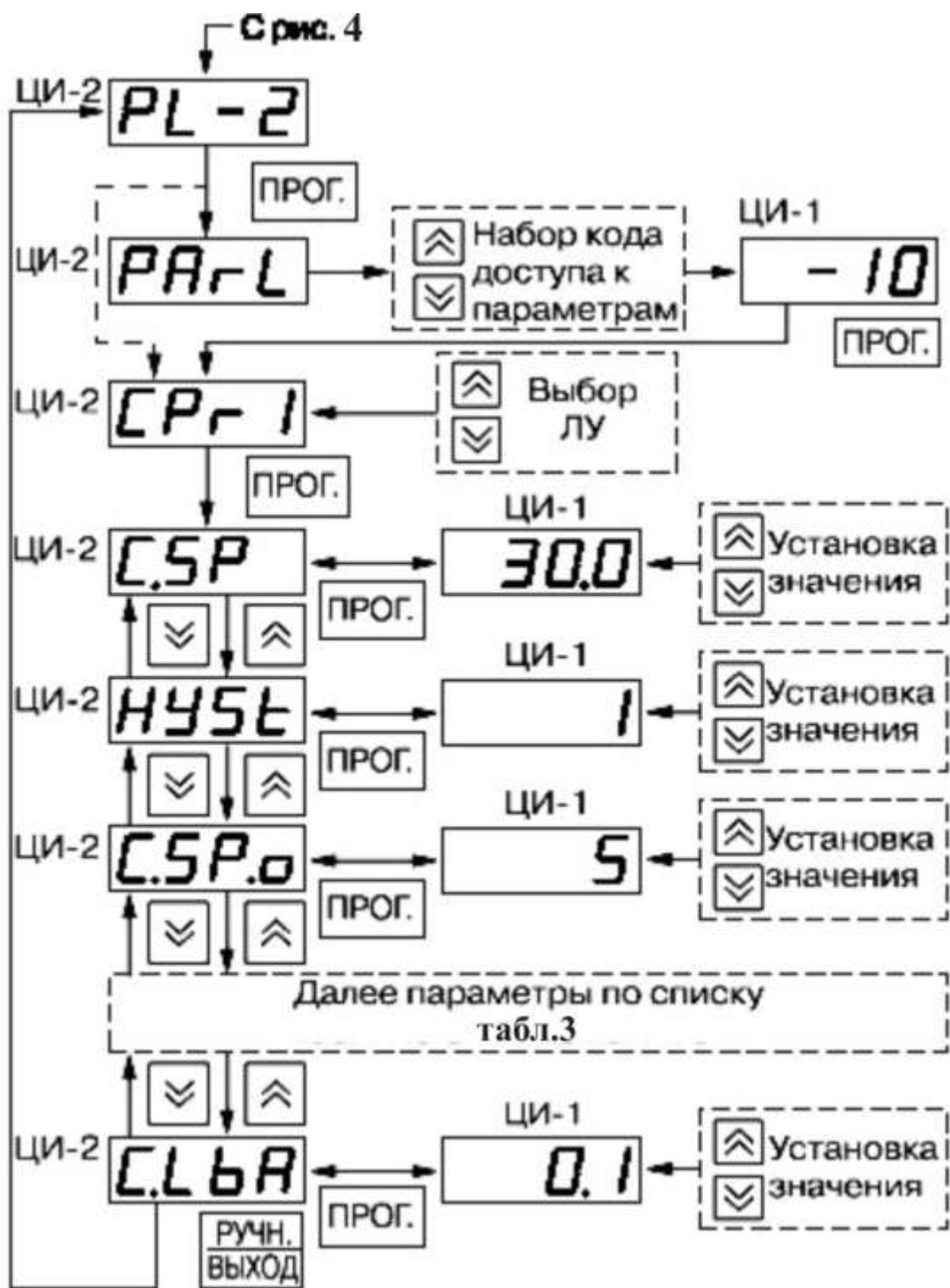



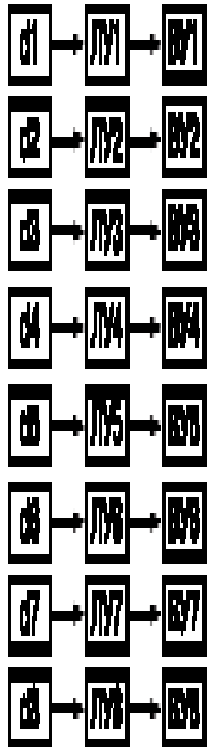

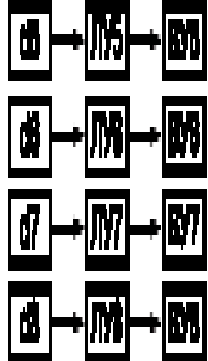

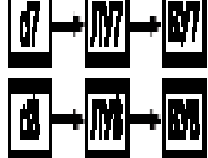
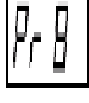

Рис. 7. Схема установки программируемых параметров на уровне PL-2

Уровень PL-3 содержит сведения о типовых вариантах конфигурации схемы прибора, перечень которых приведен в табл. 4.

Схема выбора и установки типовых конфигураций прибора на уровне **PL-3** представлена на рис. 8.

Таблица 4

Уровень PL-3 (варианты конфигурации схемы прибора)

Обозначение варианта		Наименование прототипа Основные параметры	Конфигурация схемы
в тексте	на ЦИ-2		
Pr 5		<p>Восьмиканальные двухпозиционные регуляторы</p> <p>ТРМ38-01</p> <p>Датчики ТСМ 50М $W_{100} = 1,426$</p>	
Pr 6		<p>ТРМ38-03</p> <p>Датчики ТСП 100П $W_{100} = 1,391$</p>	
Pr 7		<p>ТРМ38-04</p> <p>Датчики ТП "хромель-копель"</p>	
Pr 8		<p>ТРМ38-10</p> <p>Датчики 4...20 мА</p>	

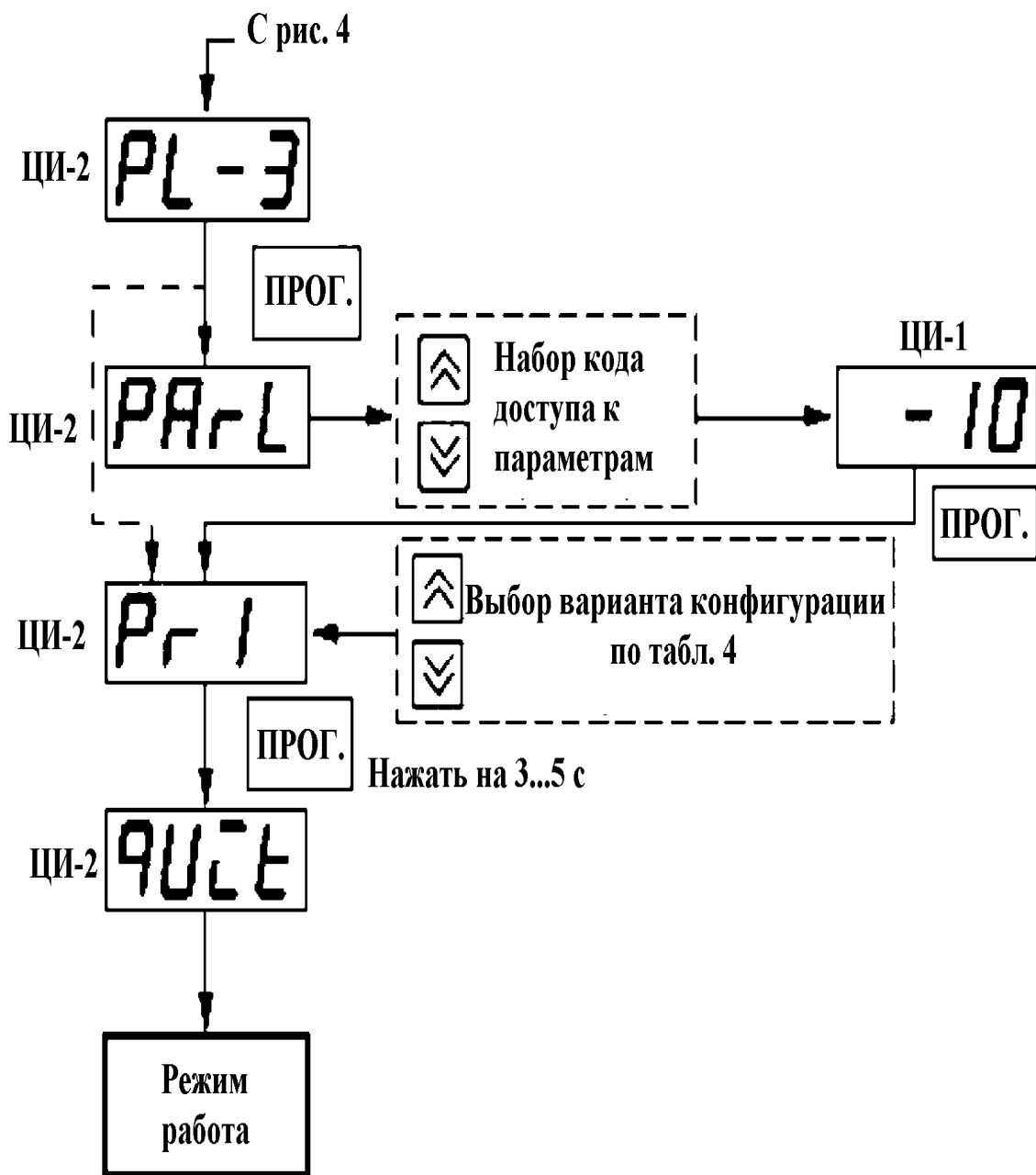


Рис. 8. Схема выбора конфигурации на уровне PL-3

Уровень PL-4 включает в себя программируемые параметры, необходимые для организации обмена информацией прибора и компьютера. Перечень параметров приведен в табл. 5, схема установки – на рис. 9.

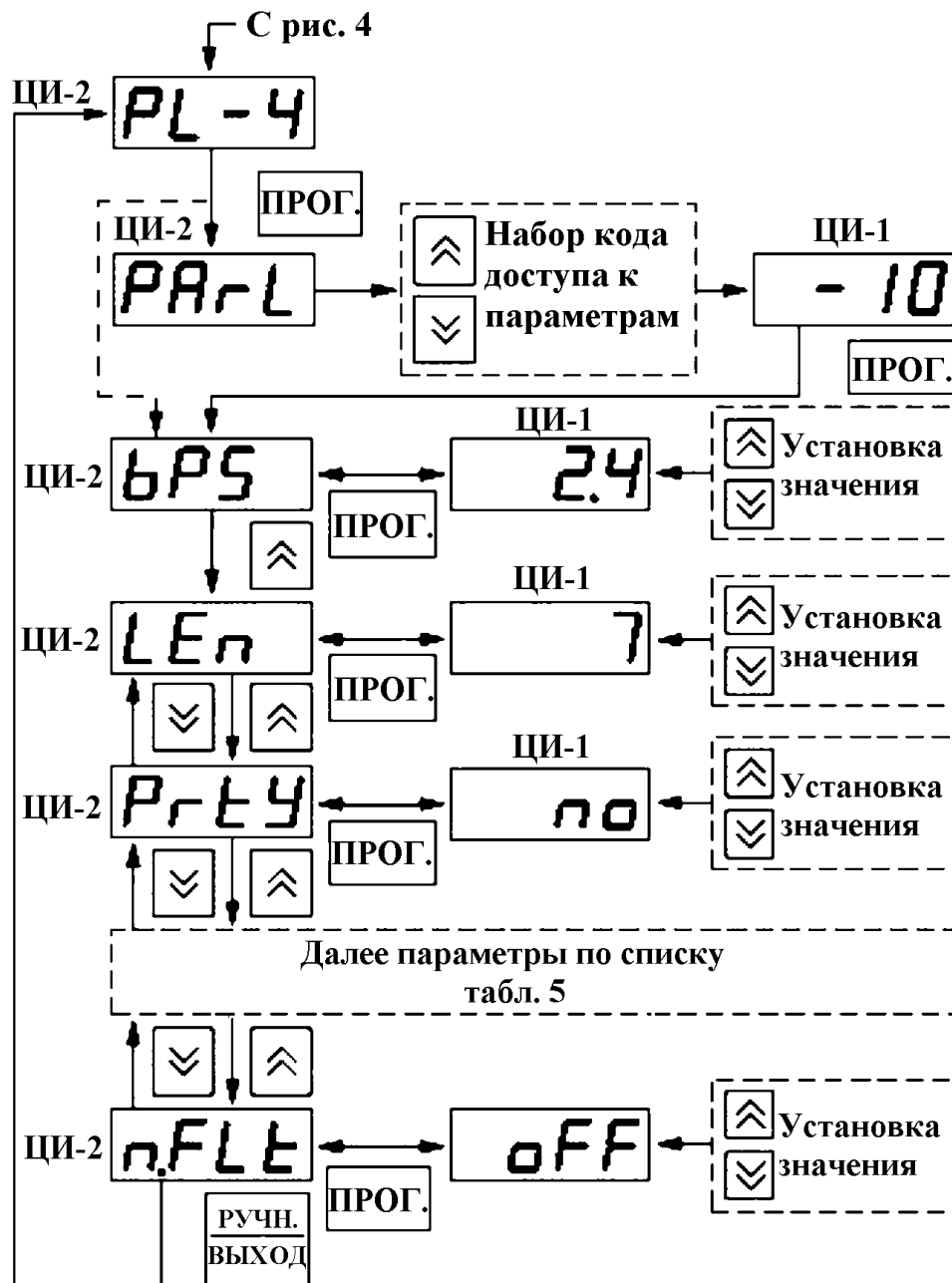









Рис. 9. Схема установки программируемых параметров на уровне PL-4

При выборе программируемого параметра (кроме его обозначения на индикаторе ЦИ-2) индикаторы прибора показывают:

- ЦИ-1 – ранее установленное значение параметра;
- ЦИ-4 – порядковый номер параметра по списку табл. 5.

Таблица 5

Уровень PL-4 (параметры обмена с ЭВМ)

№№ п.п.	Обозначение		Наименование	Допустимые значения
	в тексте	на ЦИ-2		
1	bPS		Скорость обмена (кбод)	2,4; 4,8; 9,6; 14,4; 19,2; 28,8; 38,4; 57,6; 115,2
2	LEn		Длина слова данных (бит)	7 или 8
3	PrtY		Состояние бита четности в посылке "Контроль по четности отсутствует" "Контроль по нечетному паритету" "Контроль по четному паритету"	по EuEn odd
4	Sbit		Количество стоп-битов в посылке	1 или 2
5	A.Len		Длина сетевого адреса (бит)	8 или 11
6	Addr		Базовый адрес прибора	0 ...2040 (через 8)
7	n.Flt		Количество фильтров сообщений	0...8

5. АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА

На рис. 10 представлена структурная схема САР давления сжатого воздуха в переносном поршневом компрессорном агрегате АС9316, включающая в себя прибор ТРМ138 с релейным выходом и датчиком давления – измерительным преобразователем Сапфир-22М (модель ДИ2150, выходной сигнал 4–20 мА, верхний предел измерения 0,6 МПа). Назначение системы – обеспечить стабилизацию давления воздуха в ресивере компрессора на заданном уровне в диапазоне 0,3–0,4 МПа, используя принцип двухпозиционного управления разгрузочным н.о. электропневмоклапаном ЭПК1.

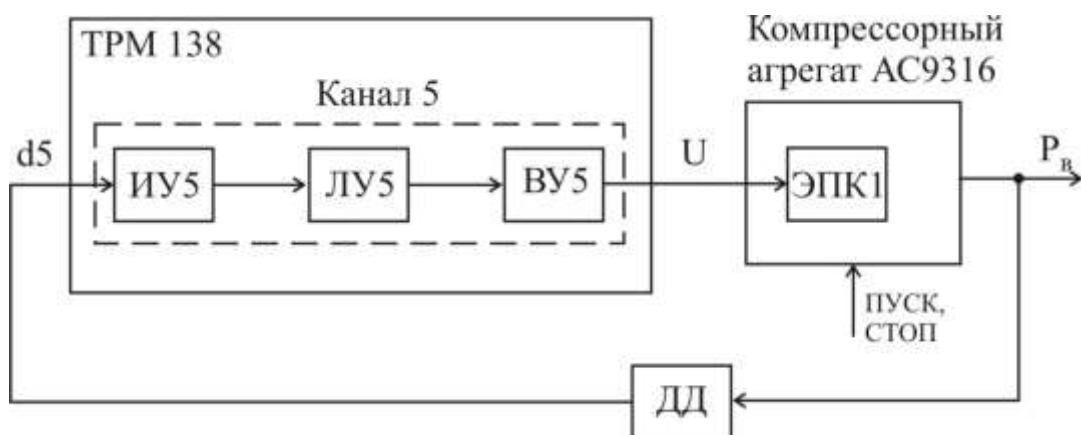


Рис. 10. Структурная схема САР давления воздуха

ИУ5, ЛУ5, и ВУ5 – измерительное, логическое и выходное устройства канала 5; ДД – датчик давления; U – сигнал управления; d5 – сигнал датчика давления; P_v – давление сжатого воздуха в ресивере компрессора.

Двухпозиционный регулятор давления выполняется на приборе ТРМ138 путем программирования – конфигурирования функциональной схемы прибора и установки параметров устройств канала 5 (см. рис. 10) в соответствии с положениями, изложенными в подразделе 4.2.

Рекомендуется следующий порядок программирования элементов канала 5:

1. Перевести прибор в режим ПРОГРАММИРОВАНИЕ;
2. Произвести просмотр и запись значения программируемых параметров для элементов канала 5, ранее установленных на уровнях PL-0 (см. табл. 1), PL-1 (см. табл. 2) и PL-2 (см. табл. 3).
3. Изменить значения программируемых параметров на уровнях PL-1 и PL-2 в соответствии с заданием преподавателя.

При выборе для установки значений программируемых параметров прибора следует руководствоваться ниже следующими положениями.

Параметры уровня PL1 (параметры обработки сигналов датчиков, табл. 2). Для ослабления влияния на процесс управления внешних импульсных помех используется цифровая фильтрация измерений, настраиваемая параметрами 1 и 2. При установке па-

параметра $in.FG = 0$ исключается реакция фильтра на «провалы» и «выбросы» данного входного сигнала. При задании параметра $in.Fd = 0$ фильтрация (сглаживание) данного входного сигнала отключается.

Параметр Prt определяет очередность и частоту опроса каждого датчика, подключенного к прибору. Минимальное числовое значение этого параметра соответствует наивысшей степени приоритета. Рекомендуется принять $Prt = 1$.

Нижняя и верхняя границы измерения (параметры 6 и 7) задаются при использовании активных датчиков (датчиков с токовым выходом) с целью отображения на цифровом индикаторе измеряемых величин в натуральных единицах (градусах, атмосферах и т. п.). Рекомендуется для нашей задачи установить $Ain.L = 0$; $Ain.H = 0,6$ МПа.

Коррекция измерений прибором определяется заданными значениями параметров 4 и 5. При установке параметра $in.SH = 0$ (заводская установка) отключается коррекция «сдвиг характеристики», а при $in.SL = 1$ исключается коррекция типа «наклон характеристики». Рекомендуется указанные заводские установки этих параметров.

Для фильтрации вычисленных скоростей изменения измеряемых величин используются отдельные фильтры, свойства которых задают параметром $in.rd$ (постоянная времени).

Значение параметра 9 определяется по типу НСХ (номинальной статической характеристики) подключенного датчика (в нашей задаче это датчик d5 – Сапфир-22М с токовым выходом 4–20 мА. Для этого датчика следует задать параметр $in - t = tY10$).

Параметры уровня PL2 (параметры логических устройств, табл. 3). Каждое ЛУ прибора может работать в одном из следующих режимов: «Измеритель», «Компаратор», «Регистратор». В режиме «Измеритель» ЛУ выводит на цифровой индикатор значение соответствующей измеряемой или вычисленной величины, при этом сигналы управления ВУ не формируются. При работе в режиме «Компаратор» ЛУ сравнивает текущий входной сигнал с уставкой и по результатам этого сравнения формирует команды управления ВУ. Тип логики формирования выходного сигнала

ЛУ задается в параметре AL.t (для канала 5 в задаче двухпозиционного регулирования давления воздуха для ЛУ5 следует задать тип логики «Обратный гистерезис» – AL.t = 2, так как при срабатывании ВУ5 (реле Р5 с н.з. контактом) давление воздуха в ресивере компрессорного агрегата должно снижаться).

ЛУ является основной структурной единицей, используемой пользователем при конфигурации прибора. ЛУ с подключенным к нему входным параметром и выходным устройством ВУ образует канал управления. Входной сигнал для ЛУ задается параметром C.in (в нашей задаче C.in = 5: датчик 5), а подключаемое к нему ВУ – параметром C.dr – порядковым номером ВУ (в нашей задаче C.dr = 5).

Кроме выходной характеристики, определяемой значением параметра AL.t, при работе ЛУ в режиме компаратора задают параметры уставки C.SP, (для нашей задачи рекомендуется выбрать уставку в диапазоне 0,3–0,4 МПа), зону гистерезиса HYST (рекомендуется выбрать в диапазоне 0,0001–0,01 МПа), время задержки включения/выключения ВУ (параметры dL.on/dL.oF: позволяют снизить частоту повторных пусков и тем самым облегчить работу коммутационных элементов ВУ и внешнего оборудования. В нашей задаче значение этих параметров могут быть приняты равными нулю), минимальное время удержания ВУ во включенном/выключенном состоянии (параметра Ht.on/Ht.oF: могут быть приняты равными 0).

Настройка ЛУ на аварийную и предупредительную сигнализацию осуществляется следующим образом.

Состояние ВУ при неисправности датчиков (прибор формирует сигнал «Авария датчика» при обрыве или коротком замыкании цепей датчиков) задается параметром Er.St (для нашей задачи рекомендуется установить Er.St = OFF (на индикаторе 0), что означает выключение ВУ5 при неисправности датчика d5).

Прибор также формирует сигнал неисправности «Авария LBA», если за заданное время для аварии LBA (параметр C.Lbt) входной параметр в нашей задаче давления не изменится на заданный минимальный уровень (параметр C.LBA). Сигнал «Ава-

рия LBA» также устанавливает ВУ в состояние, заданное параметром Er.St.

Если задать параметр C.Lbt = 0, то сигнал «Авария LBA» не будет формироваться прибором.

По сигналу «Авария LBA» включается мигающая засветка светодиода КАНАЛ (неисправность канала), а на ЦИ выводится причина неисправности.

Предупредительная сигнализация о включении ВУ определяется значением параметра AL.oU (для нашей задачи следует установить $AL.oU = on$ (на индикаторе 1)).

Положение десятичной точки на цифровом индикаторе задается параметром dP (для нашей задачи рекомендуется отображать данные с точностью до десятых. Это обеспечивается заданием $dP=1$, что означает наличие 1 разряда (цифры) после десятичной точки («точка после третьей цифры для 4-х разрядного индикатора»)).

В режиме «Регистратор» ЛУ управляет встроенным в прибор ЦАП, который выдает токовый сигнал на внешнее регистрирующее устройство, например на самописец. В этом случае для соответствующего ЛУ параметрами Ao.L и Ao.H задают нижнюю и верхнюю границы параметра при его регистрации. Рекомендуется для нашей задачи установить значения этих параметров 0 и 0,6 МПа, соответственно.

В приборе предусмотрена возможность защиты значений программируемых параметров от несанкционированного их изменения. Степень защиты устанавливается в параметре ACCS независимо для каждого уровня параметров. При этом значению $ACCS = 1$ соответствует запрет доступа к параметрам на этом уровне, при $ACCS = 2$ – доступ только для их просмотра (без возможности каких либо изменений), а при $ACCS = 3$ – свободный доступ без каких либо ограничений. Детальные сведения о программировании и работе ТРМ138 изложены в [1].


6. ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД

Прибор ТРМ138 установлен на лицевой панели стенда СА-КУ (рис. 11), на которой размещены также другие элементы, необходимые для проведения испытаний:

- 1 – автоматический выключатель питания стенда АВ;
- 2, 12 – тумблеры SA1, SA2 для имитации обрыва цепей датчиков соответственно, температуры воздуха и масла;
- 3, 5, 6 – сигнальные лампы, соответственно СЕТЬ, НАГРУЗКА И ПРОДУВКА компрессора;
- 4 – измеритель – регулятор ТРМ138;
- 7, 8 – кнопки SB1/SB2 ПУСК/СТОП оперативного включения и выключения компрессора;
- 9 – вентиль расходный ВР для изменения нагрузки компрессора (расхода сжатого воздуха Q);

Компрессор, преобразователь САПФИР-22М (датчик давления воздуха) и электропневмоклапан ЭПК1 регулирования давления воздуха в ресивере размещены в нижней части стенда.

ПОРЯДОК РАБОТЫ НА СТЕНДЕ:

1. Включить питание стенда выключателем АВ, тумблеры SA1, SA2, SA3 установить ручками вверх. При этом загораются цифровые индикаторы на ТРМ138 и контрольная лампа СЕТЬ;
2. Перевести ТРМ138 в режим ПРОГРАММИРОВАНИЕ нажатием и удержанием кнопки  в течение примерно 3 с (до появления на ЦИ-1 заставки Prog, а на ЦИ-2 заставки PL-0);
3. Произвести просмотр и записать в таблицы значения установленных ранее параметров уровней PL-0, PL-1, PL-2, PL-3, используя для этого схемы выбора и установки программируемых параметров (см. рис. 4, 5, 6, 7, 8) и табл. параметров 1, 2, 3, 4.
4. Произвести изменение значений программируемых параметров уровня PL-2 в соответствии с заданием преподавателя. Изменяемыми параметрами могут быть (см. табл. 3):
 - Заданное значение контролируемого параметра (уставка давления $P_{взад}$);

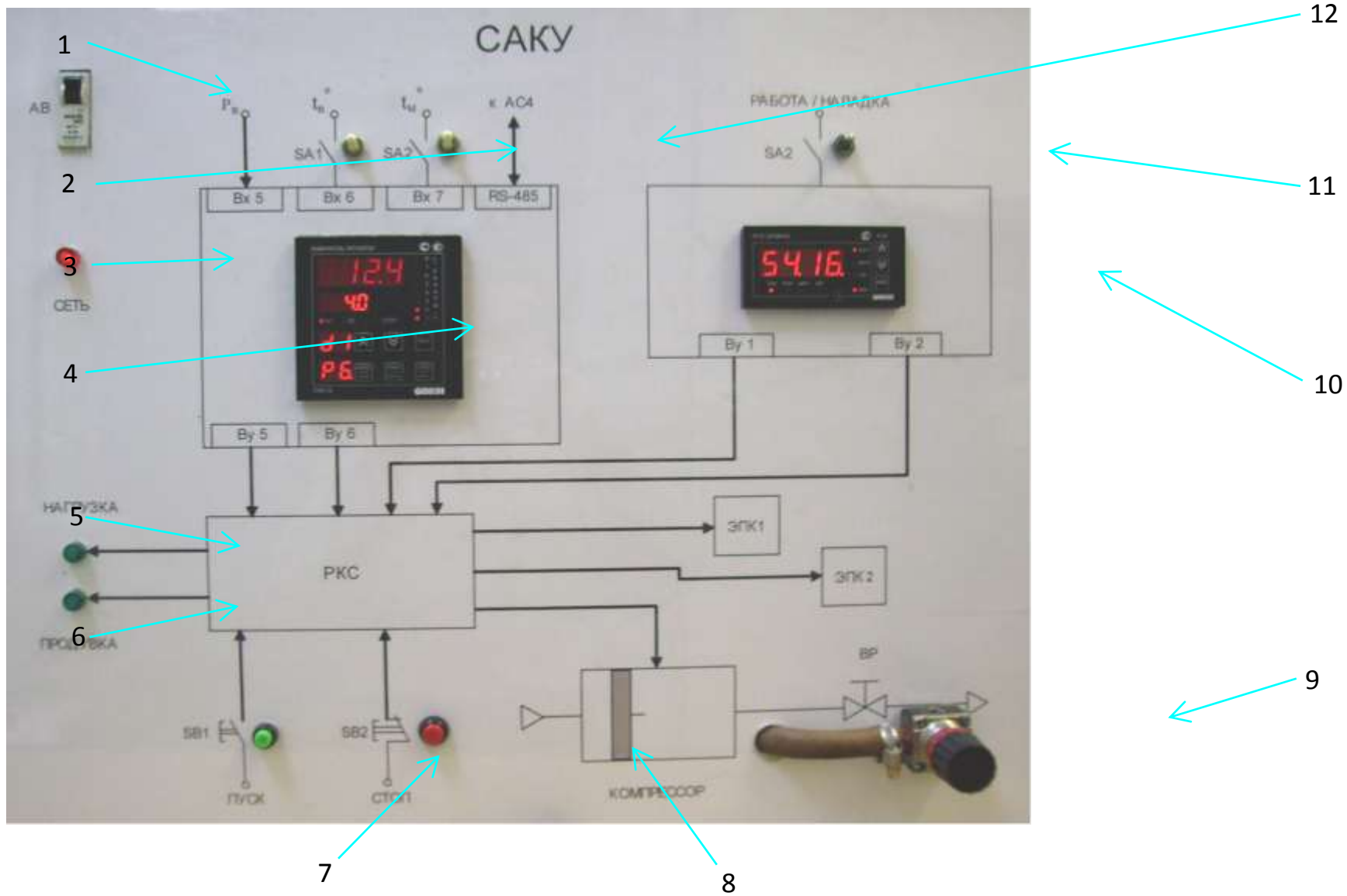


Рис. 11. Лицевая панель стенда САКУ

- Зона гистерезиса компаратора – ΔP_B ;
- Время задержки включения/выключения ВУ;
- Положение десятичной точки на цифровом индикаторе;
- Заданное время для аварии ЛВА;
- Предупредительная сигнализация о включении ВУ и др.

5. Перевести ТРМ138 в режим РАБОТА при помощи кнопки



(в принципе такой перевод может осуществляться после установки и записи в память прибора любого параметра).

6. Включить компрессор нажатием кнопки SB1 (ПУСК). При работе компрессора с заданными настройками ТРМ138 $P_{взад1}$, $\Delta P_{в1}$ подобрать расход воздуха Q_1 с помощью вентиля ВР таким образом, чтобы частота включений электропневмоклапана ЭПК1 составляла 1 раз в течении 4-8 секунд (при включении ЭПК1 раздается характерный щелчок, прекращается звук стравливаемого воздуха и загорается на лицевой панели стенда лампа НАГРУЗКА).

Кнопкой переключить ТРМ138 с циклического в статический режим индикации (загорится светодиод СТОП). Кнопками и выбрать датчик d5 на ЦИЗ. На ЦИ-1 будет отображаться давление воздуха в реальном времени, а на ЦИ-2 – уставка регулирования $P_{взад}$. Светодиод КАНАЛ 5 будет гореть, показывая номер связанного ЛУ5, а светодиод К1 будет загораться всякий раз при включении ВУ5, обозначенного на ЦИ-4. При давлении $P_B \geq P_{взад} + \Delta P_B / 2$ обесточивается н.о. электропневмоклапан ЭПК1, лампа НАГРУЗКА гаснет и слышится шум стравливаемого воздуха. При $P_B \leq P_{взад} - \Delta P_B / 2$ ЭПК1 закрывается по сигналу ВУ5 и давление начинает возрастать. Таким образом, процесс регулирования давления имеет характер незатухающих колебаний.

7. Построить график изменения давления в процессе регулирования $P_B(t)$ для настроек $P_{взад1}$, $\Delta P_{в1}$, Q_1 и в соответствии с выбранным предварительно периодом колебаний, например равным 6 сек.

8. Изменить нагрузку компрессора (установить $Q_2 \geq Q_1$): записать данные и построить график $P_B(t)$ для настроек $P_{взад1}$, $\Delta P_{в1}$, Q_2 .

9. Изменить программным способом уставку и гистерезис: установить $P_{взад2} > P_{взад1}$, $\Delta P_{в2} > \Delta P_{в1}$. Для нагрузки компрессора Q_2

повторить процесс регулирования давления, записать данные и построить график $P_B(t)$ для настроек $P_{B\text{зад}2}$, ΔP_{B2} , Q_2 .

10. Сравнить графики $P_B(t)$, полученные по пунктам 7, 8, 9 и сделать выводы о влиянии параметров двухпозиционного регулятора ($P_{B\text{зад}}$, ΔP_B) и величины нагрузки Q компрессора на частоту и амплитуду колебаний регулируемой величины, а также на её среднее значение.

11. Выключателем АВ отключить питание стенда САКУ.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение и основные свойства ТРМ138.

2. Элементы функциональной схемы прибора и их функции.

3. С каким датчиком может работать прибор?

4. Какие выходные устройства могут быть установлены в ТРМ138 по заказу пользователя?

5. Лицевая панель прибора: назначение кнопок, световых и цифровых индикаторов.

6. Состав программируемых параметров уровня PL-1 (параметры обработки сигналов датчиков). Как выбирается значение параметра in.t (тип НСХ датчика)?

7. Состав программируемых параметров уровня PL-2 (параметры логических устройств). Как выбирается для установки значение параметра C.in (входной сигнал ЛУ)?

8. Из каких соображений выбирается для установки при программировании ЛУ значение параметра AL.t (выходная характеристика ЛУ).

9. Какие программируемые параметры ЛУ определяют конфигурацию канала прибора?

10. Назовите элементы устройства канала 5 прибора, настроенного на решение задачи двухпозиционного регулирования давления воздуха.

11. Параметры ЛУ5, определяющие уставку и гистерезис регулятора давления.

12. Принцип регулирования давления воздуха, реализуемый на стенде прибором ТРМ138.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по эксплуатации измерителя-регулятора универсального восьмиканального ТРМ138. – Москва: НПО ОВЕН, 2005. – 58 с.
2. Контрольно-измерительные приборы и средства автоматизации. Каталог продукции. – Москва: НПО ОВЕН, 2005. – 176 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить устройство и принцип действия исполнительных устройств автоматики.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Ознакомиться с конструкцией электродвигательных и электромагнитных исполнительных устройств (ИУ).

2.2. Проверить работоспособность исполнительного устройства с шаговым электродвигателем, изменяя направление движения, частоту и число шагов.

2.3. Проверить работоспособность электромагнитного пневмоклапана путем подключения его электромагнита к источнику питания и контроля давления в пневмосистеме и шипения воздуха, выходящего с ресивера в атмосферу через открывшийся клапан.

2.4. Провести испытания и определить соответствующие характеристики для следующих исполнительных устройств:

- а) постоянной скорости с асинхронным электродвигателем;
- б) переменной скорости с линейным электродвигателем;
- в) с электромагнитом.

3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

3.1. Структурная схема и параметры проверки работоспособности ИУ с шаговым электродвигателем.

3.2. Конструктивная схема электропневмоклапана, структурная и принципиальная схемы системы управления электропнев-

моклапаном, описание методики проверки работоспособности электропневмоклапана.

3.3. Принципиальная электрическая схема и характеристики исполнительного механизма постоянной скорости с асинхронным электродвигателем (параметры $\square_{\square}\square_{\square}T_0$, $\square_{\square}\square$).

3.4. Структурная схема и характеристика $X = f(U_3)$ ИУ переменной скорости с линейным электродвигателем. Конструктивная схема линейного электродвигателя.

3.5. Принципиальная электрическая схема питания и тяговые характеристики $F_3 = f(\delta, I)$ электромагнита.

4. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ИУ

4.1. Назначение и классификация исполнительных устройств

Исполнительные устройства являются конечным звеном в цепи управления или контроля. В САУ они непосредственно воздействуют на объект, обеспечивают заданную функцию управления путем изменения потока энергии или вещества, подводимого к нему. В системах автоматического контроля ИУ осуществляют воспроизведение результатов контроля (индикацию, сигнализацию, регистрацию и т. п.).

По виду выходной величины различают ИУ с электрическим выходом (реле, контакторы, генераторы и др.), формирующие управляющее воздействие электрической природы, ИУ с механическим выходом (исполнительные механизмы), осуществляющие механическое перемещение регулирующих и рабочих органов технологического оборудования.

Исполнительные механизмы по типу силового элемента (привода) делятся на электродвигательные, электромагнитные, поршневые, мембранные.

По роду используемой энергии различают электрические, гидравлические, пневматические и комбинированные исполнительные устройства.

В системах автоматики широкое применение получили электродвигательные ИУ с двигателями переменного и постоянного тока с вращательным (асинхронные, шаговые двигатели) и поступательным (линейные двигатели) движением и электромагнитные ИУ

для осуществления поступательного перемещения в различных механизмах (клапаны, муфты сцепления, тормозные устройства, распределители потоков и т. д.).

4.2. Исполнительные устройства с шаговым электродвигателем

Структурная схема стандового ИУ с шаговым двигателем представлена на рис. 1.

Исполнительное устройство состоит из шагового электродвигателя ШД и системы управления, содержащей генератор импульсов ГИ с регулируемой с помощью резистора частотой импульсов $f_{и}$, трехдекадный счетчик Сс заданием с помощью трех переключателей количества отсчитываемых импульсов $n_{и}$, распределитель импульсов РИ (блок управления), подключающий к источнику питания поочередно обмотки статора ШД. Распределитель импульсов снабжен переключателем «РЕВЕРС» для изменения направления движения ротора путем изменения последовательности подключения обмоток ШД к источнику питания.

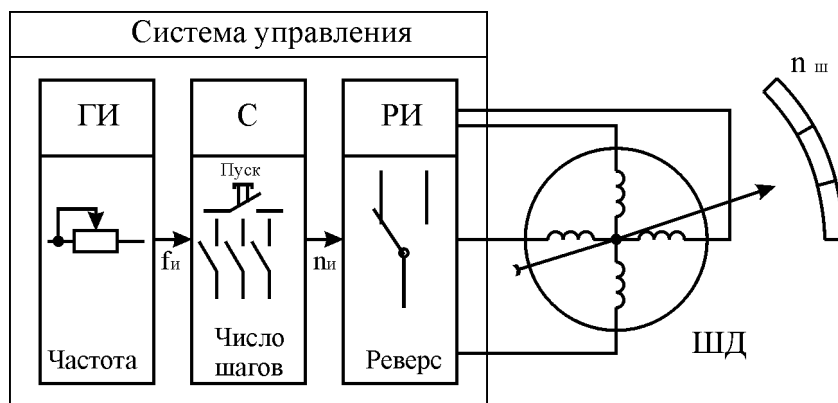


Рис. 1. Структурная схема ИУ с шаговым двигателем

При периодическом переключении обмоток статора ШД магнитодвижущая сила статора поворачивается на определенный угол (шаг), вызывая поворот ротора на тот же угол (шаг). Число шагов двигателя равно числу импульсов, отсчитанных счётчиком.

На валу ШД закреплена стрелка, которая указывает на шкале число шагов $n_{ш}$.

Для проверки работоспособности ИУ на стенде следует вручную установить ротор ШД на отметку «0» шкалы, двигая ротор за стрелку. Включить питание выключателем «СЕТЬ», расположенным в области лицевой панели стенда, обозначенной «ШАГОВЫЙ ДВИГАТЕЛЬ». Установить регулятор частоты генератора в положение «MIN». С помощью лимбов переключателей счетчика установить желаемое количество шагов в диапазоне 1/999. Переключателем «РЕВЕРС» на блоке управления выбрать направление движения ротора ШД. Нажать кнопку «ПУСК» на счетчике. При этом стрелка ротора ШД начнет скачкообразно перемещаться по окружности шкалы. Повторить опыт несколько раз, изменяя частоту генератора, заданное количество шагов и направление движения (НД). Записать параметры $f_{и}$, $n_{и}$, $n_{ш}$ и НД. Провести анализ испытаний ИУ и сделать выводы о точности перемещения ротора ШД.

4.3. Электромагнитный пневмоклапан

Структурная схема стендовой системы управления электропневмоклапаном представлена на рис. 2.

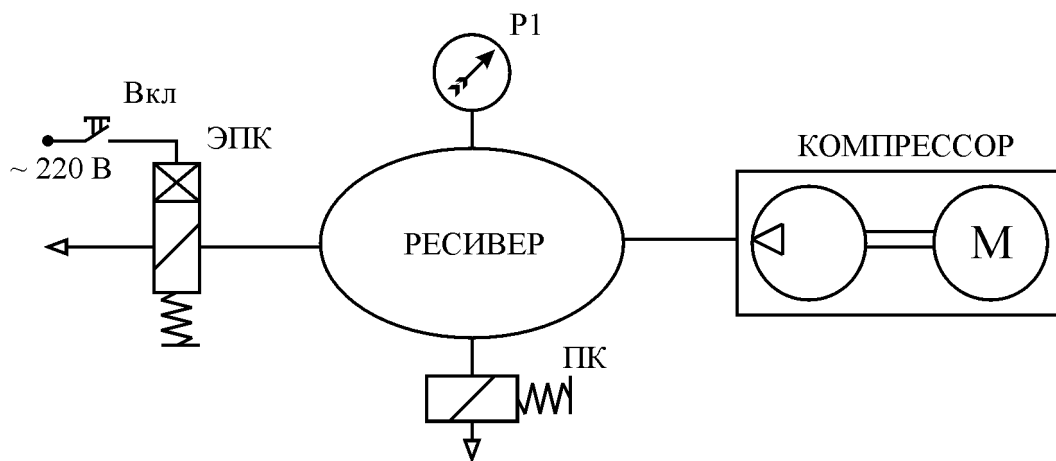


Рис. 2. Структурная схема системы управления электропневмоклапаном: ЭПК – электропневмоклапан; ПК – предохранительный клапан; P1 – манометр

Компрессор нагнетает воздух в ресивер, давление воздуха в котором контролируется манометром. Предохранительный клапан ограничивает давление воздуха в системе на уровне 0,15 МПа. Из ресивера сжатый воздух поступает на вход электропневмоклапана.

ЭПК представляет собой пневматический клапан, управляемый электромагнитом (рис. 3).

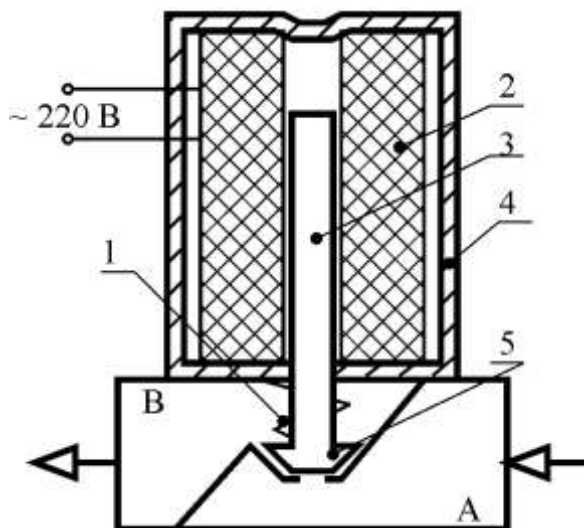


Рис. 3. Конструктивная схема электропневмоклапана:
1 – пружина; 2 – катушка; 3 – якорь электромагнита; 4 – магнитопровод; 5 – клапан; А, В – входная и выходная полости ЭПК

В исходном состоянии (катушка электромагнита обесточена) клапан 5 под действием пружины перекрывает доступ воздуха из полости А в полость В. При подаче напряжения на катушку якорь, преодолевая усилие пружины, перемещается вверх и приподнимает клапан. Сжатый воздух из полости А поступает в полость В, откуда направляется к рабочему органу (на стенде сбрасывается в атмосферу).

Принципиальная схема системы управления ЭПК представлена на рис. 4. При включении тумблера *SA1* «Сеть» напряжение ~220 В подается в схему управления и на двухфазный асинхронный двигатель *M1* компрессора. При нажатии кнопки *SB1* «ВКЛ» получает питание обмотка электропневмоклапана *YA1*. Отпускание кнопки *SB1* приводит систему в исходное состояние – клапан закрывается.

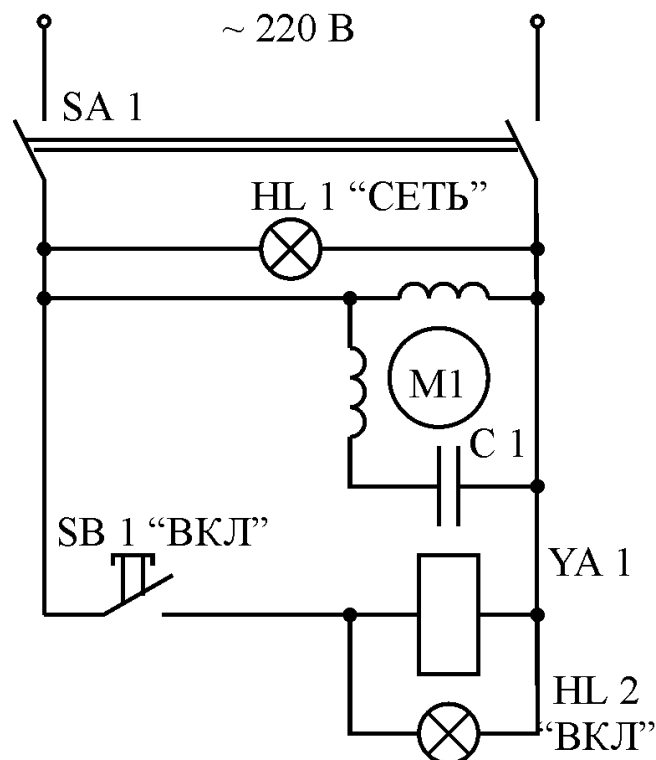


Рис. 4. Принципиальная электрическая схема системы управления электропневмоклапаном

Испытания ЭПК на стенде заключаются в следующем. Тумблером *SA1* включить компрессор. При достижении давления воздуха в ресивере 0,1 МПа нажать кнопку *SB1*. При этом сработает ЭПК и загорится зеленый индикатор *HL2* «ВКЛ». Клапан откроется и обеспечит сброс воздуха в атмосферу. При этом будет слышно шипение воздуха, давление в системе снизится до атмосферного.

При отпускании кнопки *SB1* клапан закрывается, давление воздуха в системе снова начинает расти. По окончании опыта отключить питание системы (компрессор) выключателем *SA1* «Сеть».

4.4. Исполнительное устройство постоянной скорости с асинхронным электродвигателем

Исполнительное устройство состоит из системы управления, асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором, включенным по двухфазной схеме, и редуктора. ИУ преобразует сигнал управления в механическое перемещение регулирующего (либо рабочего) органа с постоянной скоростью.

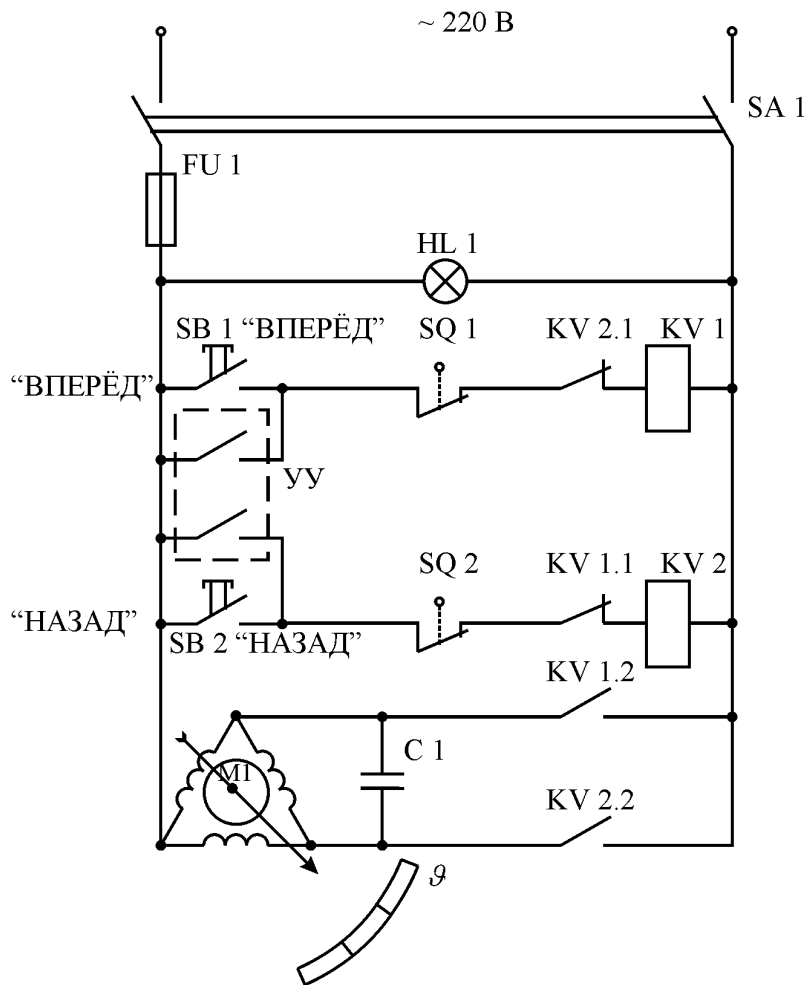


Рис. 5. Принципиальная электрическая схема ИУ постоянной скорости

Принципиальная электрическая схема ИУ постоянной скорости с асинхронным электродвигателем, включенным по двухфазной схеме, представлена на рис. 5.

Система управления работает следующим образом. При замыкании контактов SA1 в схему управления подается напряжение питания 220 В переменного тока. Предохранитель FU1 предназначен для защиты от короткого замыкания в цепи управления и силовой цепи. Сигнальная лампа HL1 показывает наличие напряжения питания. При нажатии кнопки SB1 «ВПЕРЕД» на лицевой панели стенда реле KV1 получает питание по цепи: SB1, SQ1, KV2.1. При срабатывании реле KV1 размыкается НЗ контакт KV1.1 в цепи катушки KV2, предотвращая короткое замыкание при одновременном нажатии кнопок SB1 и SB2. Силовой контакт KV1.2 в цепи асинхронного двигателя, замыкаясь, подключает его к сети. Двигатель начинает вращаться, вращающий момент передается через редуктор рабоче-

му органу, который, в свою очередь, перемещается на определенный угол. При достижении рабочим органом заданного угла размыкается *H3* контакт концевого выключателя *SQ1*, установленного на выходном валу редуктора. При этом обрывается цепь питания катушки реле *KV1*. Силовые контакты *KV1.2* размыкаются, и двигатель *M1* отключается от сети. Привод останавливается.

При нажатии и удержании кнопки *SB2* «НАЗАД» получает питание катушка реле *KV2* по цепи: *SB2*, *SQ2*, *KV1.1*. При этом *H3* контактом *KV2.1* в цепи катушки *KV1* блокируется одновременное включение *KV1* и *KV2*. Силовой контакт *KV2.2* замыкается и подключает двигатель *M1* к сети. Обмотки статора *M1* включены в треугольник. Параллельно одной из обмоток подключен конденсатор *C1* для создания вращающегося электромагнитного поля в статоре. Реверс *M1* обеспечивается за счет подачи питания на начало либо на конец обмотки статора, зашунтированной конденсатором *C1*.

При управлении от внешнего управляющего устройства (УУ) пуск и остановка двигателя происходят аналогично вышесказанному, потому что контакты УУ (выделенные пунктиром на рис. 5) включены параллельно контактам кнопок *SB1* и *SB2*.

Контакты концевых выключателей *SQ1* и *SQ2* размыкаются кулачками, установленными на выходном валу редуктора. Устройство редуктора предусматривает перенастройку момента срабатывания концевых выключателей, поэтому угол поворота рычага ϑ можно изменять.

Целью испытания ИУ постоянной скорости является определение параметров исполнительного механизма (ИМ): постоянной времени T_0 , скорости ω_0 , полного углового перемещения φ_0 рычага.

Для проведения опыта необходимо включить питание системы управления выключателем *SA1* «Сеть». Затем нажать кнопку *SB1* «ВПЕРЕД» – рычаг начнет перемещаться. Кнопку *SB1* следует удерживать до момента остановки рычага в конечной точке. По шкале определить полное угловое перемещение рычага, а по секундомеру – время его движения T_0 . Угловая скорость движения рычага ИМ определяется по выражению

$$\omega_0 = \frac{\varphi_0}{T_0}.$$

Повторить опыт и определить параметры для движения рычага ИМ в обратном направлении, используя управление от кнопки SB2 «НАЗАД».

По окончании отключить питание схемы выключателем SA1.

4.5. Исполнительное устройство переменной скорости с линейным электродвигателем

ИУ переменной скорости представлено на стенде следящей САУ, обрабатывающей заданное линейное перемещение.

Структурная схема ИУ с линейным электродвигателем изображена на рис. 6.

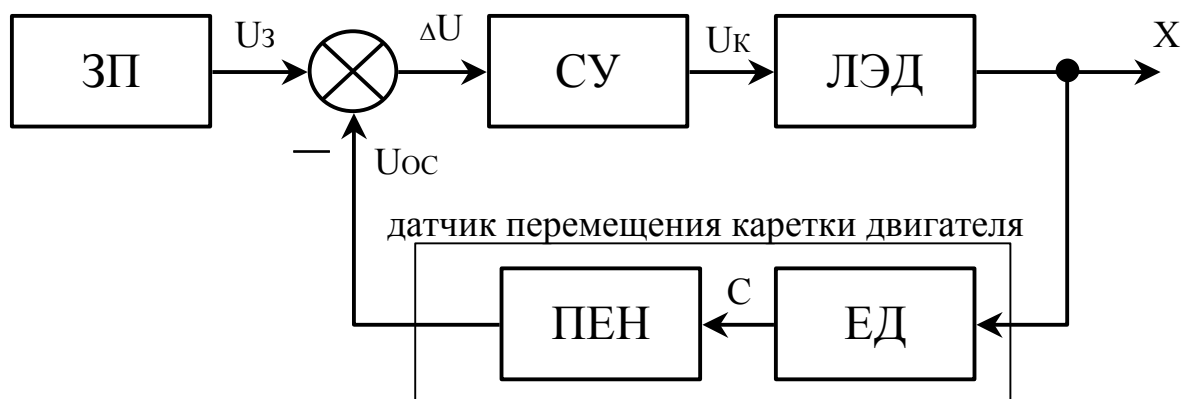


Рис. 6. Структурная схема ИУ переменной скорости с линейным электродвигателем: ЗП – задатчик перемещения; СУ – сервоусилитель; ЛЭД – линейный электродвигатель постоянного тока; ЕД – емкостный датчик; ПЕН – преобразователь «ЕМКОСТЬ – НАПРЯЖЕНИЕ»

Сигнал задания U_3 , формируемый задатчиком ЗП, сравнивается с сигналом отрицательной обратной связи U_{oc} , получаемым с датчика перемещения каретки электродвигателя ЛЭД. Рассогласование ΔU усиливается в СУ и в виде напряжения постоянного тока $U_k = (0 \div 1) В$ поступает на катушку – каретку двигателя, вызывая перемещение последней до тех пор, пока сигнал U_{oc} не компенсирует сигнал U_3 .

Емкостный датчик ЕД представляет собой конденсатор, емкость которого зависит от положения каретки X.

Задатчик ЗП представляет собой усилитель постоянного тока, на вход которого подается сигнал, регулируемый переменным резистором «ЗАДАНИЕ», установленным на лицевой панели стенда.

Сервоусилитель СУ выполнен по схеме фазочувствительного усилителя постоянного тока.

Устройство линейного электродвигателя (исполнительного элемента) ЛЭД представлено на рис. 7.

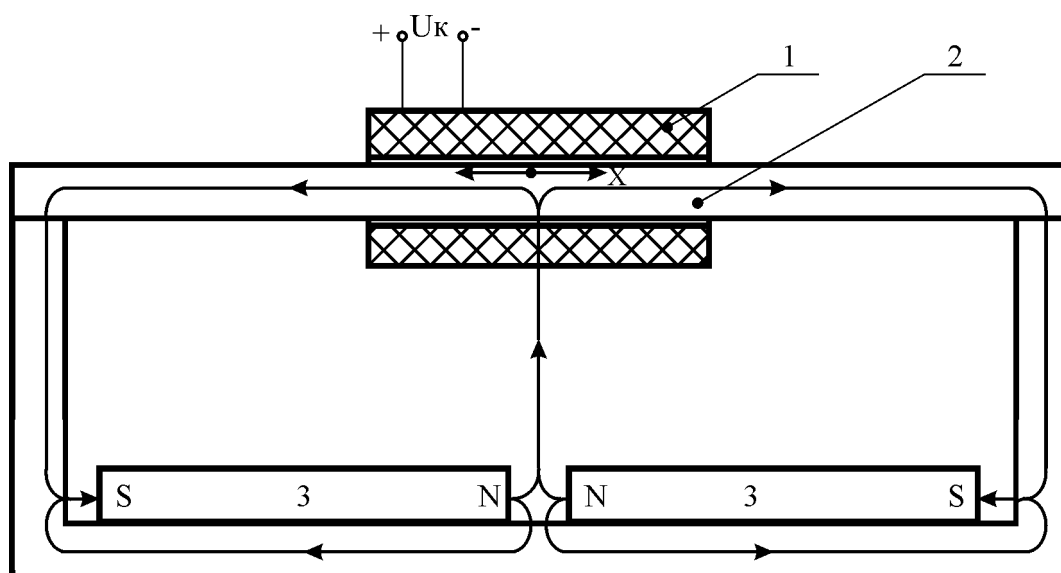


Рис. 7. Конструктивная схема линейного электродвигателя: 1 – катушка-каретка; 2 – магнитопровод; 3 – постоянные магниты

Статор ЛЭД представляет собой прямоугольную замкнутую магнитную схему, в воздушном зазоре которой расположена подвижная катушка – каретка. При прохождении тока в катушке той или иной полярности возникает магнитный поток, который взаимодействует в воздушном зазоре с магнитным потоком постоянных магнитов системы, вызывая движение каретки вдоль магнитопровода статора. Направление движения каретки определяется полярностью тока в обмотке каретки.

Целью испытания ИУ переменной скорости является определение зависимости перемещения каретки от сигнала задания в установившемся режиме, т. е. получение характеристики $X = f(U_3)$.

Для проведения опыта необходимо включить питание системы выключателем «Сеть», расположенным на лицевой панели стенда в зоне «Линейный двигатель». Установить резистор «Задание» в положение «MIN» – вольтметр PV должен показывать $U_3 = 0$. Обрати-

те внимание на положение индикатора каретки (светящийся зеленый светодиод). Если индикатор не находится на отметке «0» шкалы, то установить его в это положение резистором, установленным под символом линейного двигателя на схеме стенда (см. лицевую панель стенда ИУ).

Далее, задавая резистором «Задание» в возрастающем порядке, например через 1 В, значения U_3 , записать в таблицу соответствующие им значения перемещения (положения) каретки (зеленой точки – индикатора) по шкале линейного двигателя. Повторить опыт несколько раз. По данным таблицы построить график $X = f(U_3)$. Убедиться в линейности полученной характеристики. Определить передаточный коэффициент $K_{иу} = \frac{\Delta X}{\Delta U_3}$ исполнительного устройства.

4.6. Исполнительное устройство с электромагнитом

В автоматике применяются электромагниты как постоянного, так и переменного тока. С помощью электромагнитов электрический сигнал управления преобразуется в поступательное (либо вращательное с механическим преобразователем) движение регулирующих (либо рабочих) органов.

На стенде представлен длинноходовой электромагнит постоянного тока, представляющий собой катушку с магнитопроводом и свободно перемещающимся в ней якорем. К торцу якоря, выходящему за пределы магнитной системы, прикреплен шток, на котором имеется стрелка, движущаяся вдоль шкалы стенда. На нижнем конце штока расположена тарелка для установки на шток грузиков при проведении испытаний. Питание электромагнит получает от регулируемого источника постоянного тока (рис. 8). Индикатор *HL1* «СЕТЬ» показывает наличие питания. Диоды *VD1 – VD4* и конденсатор *C1* обеспечивают выпрямление и фильтрацию напряжения питания. На микросхеме *DA1* и резисторах *R2, R1* выполнен регулятор напряжения. Амперметр *PA1* измеряет ток в обмотке электромагнита *YA1*.

Целью испытаний электромагнита является построение его тяговых характеристик, представляющих собой зависимость силы тяги F_3 электромагнита от тока I в обмотке и воздушного зазора $\square\square$ в

магнитной системе (расстояния между торцом якоря и магнитопроводом), т. е. получение характеристик $F_3 = f(I, \delta)$.

Для проведения опыта предварительно установить регулятор напряжения в положение «MIN», затем включить выключатель «СЕТЬ». При этом загорится индикатор «СЕТЬ» на лицевой панели стенда. С помощью регулятора напряжения установить ток в цепи электромагнита, равный $I_1 = 0,3$ А. Затем, задавая с помощью грузиков усилия сопротивления движению якоря 30, 60, 90, 120, 150, 180 и 210 Гс, определить по шкале электромагнита значения зазоров \square , при которых происходит срабатывание (втягивание якоря) электромагнита.

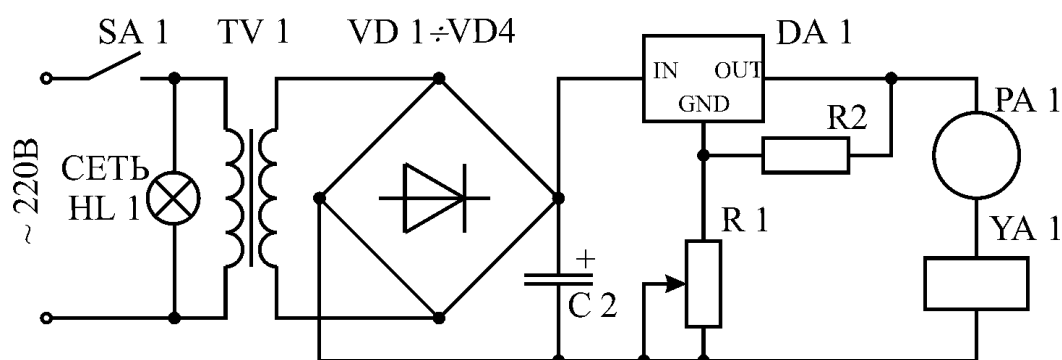


Рис. 8. Принципиальная электрическая схема питания электромагнита: R1 – резистор задатчика напряжения питания

Для фиксации срабатывания следует рукой, взявшись за стрелку, перемещать якорь и шток с грузиками до момента начала втягивания последних в катушку. В этот момент следует определить по шкале величину воздушного зазора срабатывания электромагнита. Опыт повторить для токов $I_2 = 0,4$ А и $I_3 = 0,5$ А.

Результаты испытаний занести в табл. 1.

Таблица 1

Значения зазоров срабатывания электромагнита

Ток I , А	Усилие срабатывания электромагнита (сила тяги) $F_э$, Гс						
	30	60	90	120	150	180	210
$I_1 = 0,3$ А							
$I_2 = 0,4$ А							
$I_3 = 0,5$ А							

По данным табл. 1 построить тяговые характеристики электромагнита, характер которых представлен на рис. 9.

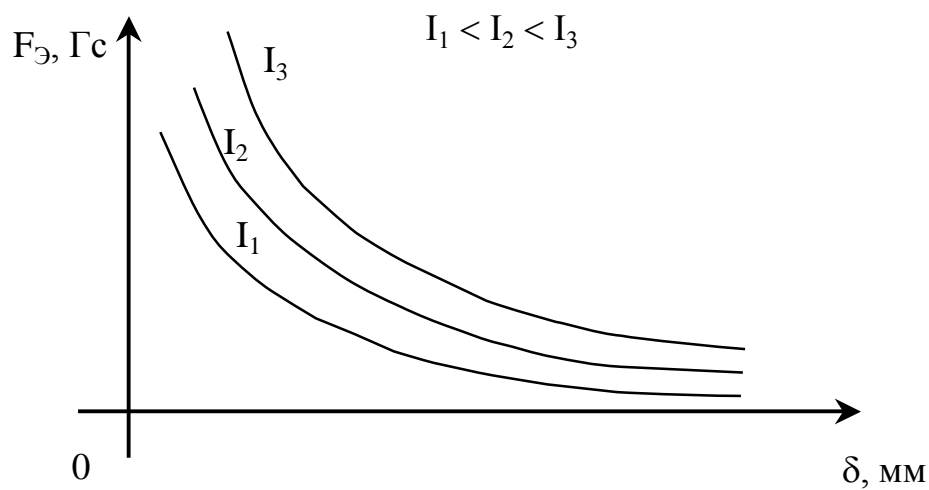


Рис. 9. Тяговые характеристики электромагнита

5. ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД

Стенд содержит описанные в разделе 4 исполнительные устройства автоматики. На лицевой панели стенда выделены зоны: «ИУ постоянной скорости», «Линейный двигатель», «Электромагнит», «Шаговый двигатель», «Электропневмовентиль», в которых изображены структурные схемы соответствующих ИУ и размещены приборы, органы управления (выключатели, кнопки, регуляторы), элементы сигнализации, измерительные шкалы.

Последовательность действий и содержание испытаний для каждого ИУ изложены в соответствующих подразделах 4.2–4.6.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

При подготовке к защите лабораторной работы рекомендуется ответить на следующие вопросы:

Назначение ИУ автоматики.

Основные элементы ИУ с механическим выходом.

Назначение и элементы системы управления шаговым электродвигателем. Параметры настройки системы управления.

Устройство и принцип действия шагового электродвигателя.

Устройство и принцип действия электропневмоклапана.

Элементы системы управления электропневмоклапаном.

Устройство и принцип действия системы управления двухфазным асинхронным двигателем в ИУ постоянной скорости. Параметры исполнительного механизма постоянной скорости.

Устройство и принцип действия линейного электродвигателя постоянного тока.

Элементы системы управления линейным электродвигателем в ИУ переменной скорости.

Характеристика управления $X = f(U_3)$ ИУ переменной скорости.

Тяговые характеристики электромагнита постоянного тока $F_3 = f(I, \delta)$.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11. КОНТРОЛЛЕР ПЛК 150

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить устройство, функциональные возможности и принципы программирования проектируемого логического контроллера ПЛК150.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Ознакомиться: а) с назначением, устройством и техническими данными контроллера ПЛК150; б) со средой программирования логических контроллеров CoDeSys.

2.2. Изучить и выполнить этапы программирования контроллера в среде CoDeSys применительно к решению задачи автоматического регулирования температуры в камере: а) установка Target файлов (ввод информации о ресурсах контроллера); б) создание проекта программы пользователя; в) конфигурирование контроллера (задание параметров входов/выходов; г) трассировка (осциллографирование переменных во времени); д) подключение контроллера (установка связи с компьютером на интерфейс Ethernet или RS-485).

2.3. Исследовать работу САР температуры в камере с ПИД-регулятором, выполненном на ПЛК150, в режимах стабилизации и программном управлении.

3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

3.1. Контроллер ПЛК150: назначение, технические данные и схема расположения клемм входов/выходов, питания интерфейса и элементов индикации на контроллере;

3.2. Структурная схема САР температуры в камере, выполненной на базе ПЛК150;

3.3. Программа автоматического регулирования температуры в камере на языке FBD;

3.4. Результаты исследования работы САР на стенде: графики изменения сигналов задания, управления (выходного сигнала контроллера), измеренной температуры (сигнал датчика), полученные для режимов программного управления и стабилизации температуры.

4. ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОНТРОЛЛЕРА

4.1. Постановка задачи

Применение ПЛК150 для решения задачи автоматизации рассматривается далее на примере создания на его базе САР температуры в пропарочной камере (рис. 1, а), обеспечивающей режимы стабилизации и программного управления регулируемым параметром (рис. 1, б).

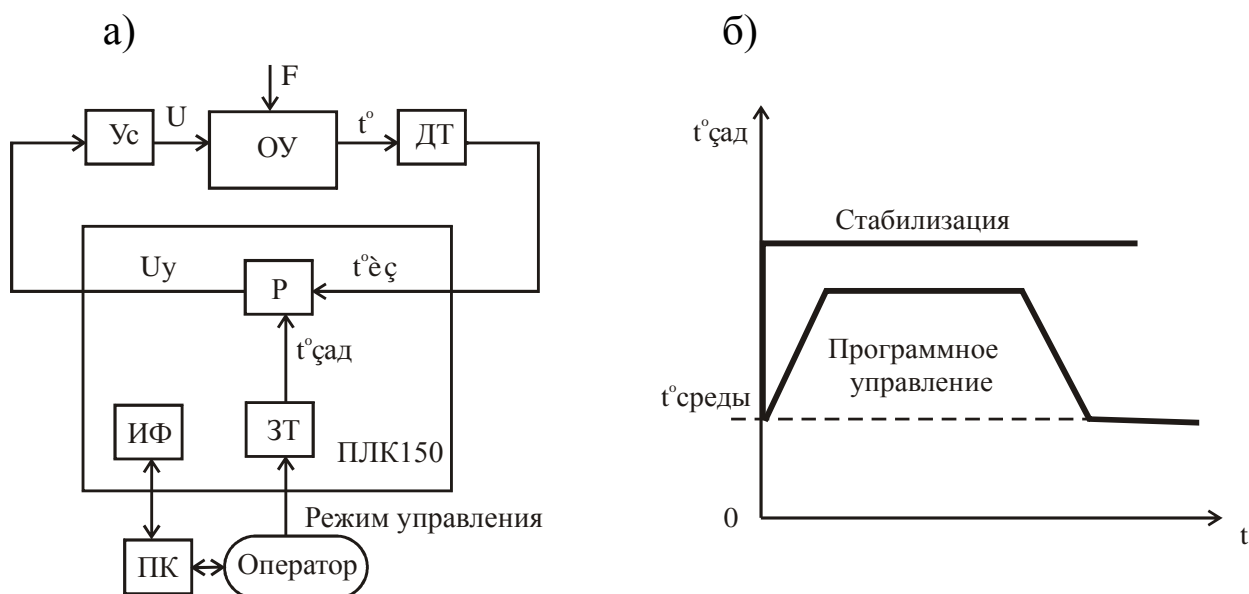


Рис. 1. Структурная схема САР температуры (а) и характер изменения задания в режимах стабилизации и программного управления (б): ОУ – объект управления (пропарочная камера – на стенде представлена эмулятором печи ОВЕН ЭП-10 с электронагревателем мощностью 10 Вт); ДТ – датчик температуры (терморезистор ТСМ-50м); Р – ПИД-регулятор; ЗТ – задатчик температуры; ИФ – интерфейс Ethernet; Ус – усилитель мощности (семистор с блоком управления ОВЕН БУСТ); ПК – персональный компьютер; t^o , $t_{из}^o$, $t_{зад}^o$ – соответственно температура в камере, ее измеренное и заданное значения; U_y – сигнал управления; U – управляющее воздействие (напряжение на нагревательном элементе (резисторе) печи); F – возмущающее воздействие (например, изменение напряжения в сети)

Контроллер ПЛК150 в данной САР является управляющим устройством и реализует программным способом функции задания, регулирования и отображения на экране монитора температуры в камере, а также функции отображения других переменных системы.

Персональный компьютер используется в качестве программатора и устройства оперативного контроля (отображения переменных системы).

4.2. Устройство и технические данные ПЛК150

Программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК150 [1] предназначен для создания систем автоматизированного управления технологическим оборудованием в различных областях промышленности, жилищно-коммунального и сельского хозяйства. Логика работы ПЛК150 определяется потребителем в процессе программирования с помощью системы программирования CoDeSys 2.3.8.1 и старше.

Технические данные:

- Дискретные и аналоговые входы и выходы;
 - 6 дискретных входов;
 - 4 аналоговых входа (универсальных);
 - 4 дискретных выхода (э/м реле);
 - 2 аналоговых выхода (0...10 В).
- Все дискретные входы (10 кГц) могут функционировать в режиме импульсного счётчика, триггера или энкодера;
- Все дискретные выходы могут быть настроены на генерацию ШИМ – сигнала с высокой точностью;
- Встроенные интерфейсы Ethernet 10/100 Mbps, RS-485, RS-232;
- Поддержка протоколов ОВЕН, Modbus – RTU, Modbus – ASCII, DCON, Modbus – TCP, GateWay;
- Возможность расширения путем подключения модулей ввода/вывода;
- Встроенные часы реального времени;
- Встроенный аккумуляторный источник резервного питания.

На рис. 2 представлена схема расположения клемм, элементы индикации и управления на контроллере ПЛК150.

Контроллер ОВЕН ПЛК150 выпускается в корпусе, предназначенном для крепления на DIN рейке 35 мм. Подключение всех внешних связей осуществляется через разъемные соединения, расположенные по двум боковым и передней (лицевой) сторонам контроллера. Открытие корпуса для подключения внешних связей не требуется. На боковой стороне расположены разъемы интерфейсов Ethernet и RS-485. На лицевой панели расположен порт Debug RS-232, предназначенный для связи со средой программирования, загрузки программы и отладки. Подключение к этому порту осу-

ществляется кабелем, входящим в комплект поставки. Также порт Debug RS-232 может быть использован для подключения устройств, работающих по протоколам Modbus, OВЕН и DСON. По обеим боковым сторонам контроллера расположены клеммы для подключения дискретных датчиков и исполнительных механизмов. Любой дискретный вход ПЛК150 может работать в режиме аппаратного счетчика или триггера (частота до 10 кГц при скважности 50 %), к двум дискретным входам можно подключить энкодер (частота импульсов до 10 кГц).

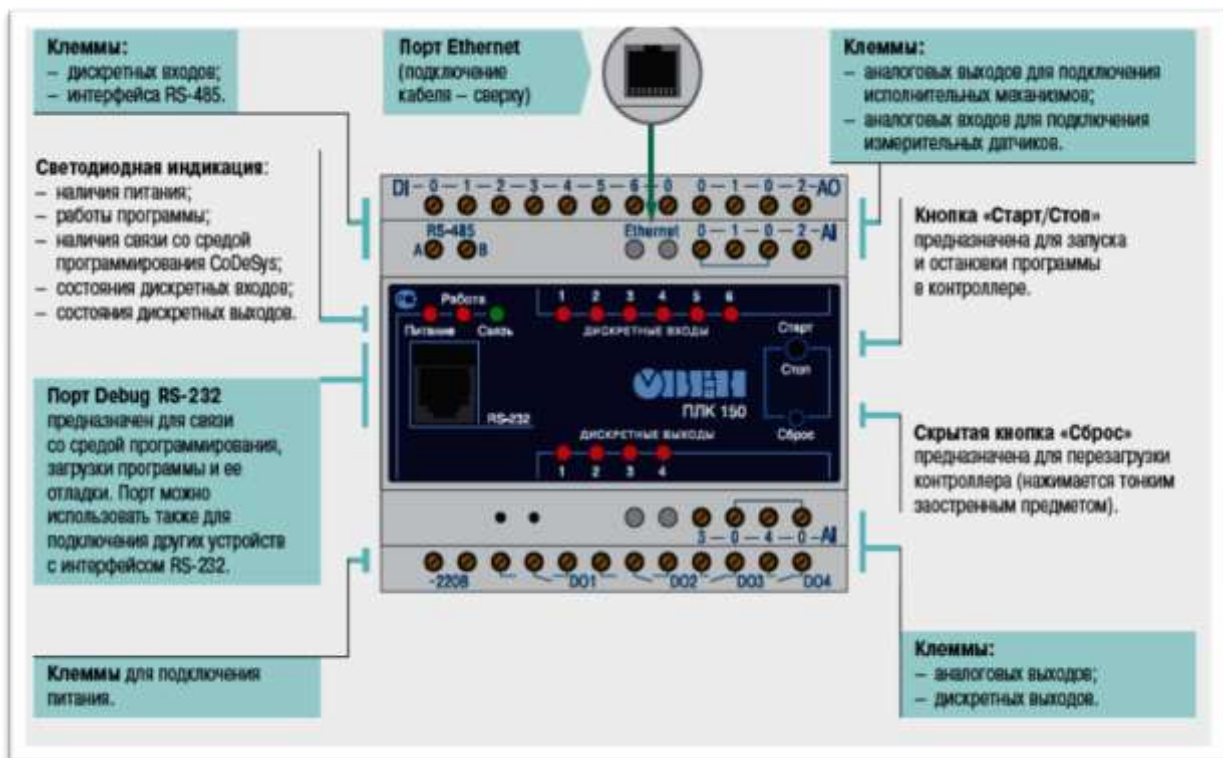


Рис. 2. Элементы индикации и управления, расположение клемм на контроллере ПЛК 150

Частота обработки аппаратных счетчиков и обработчиков энкодера не зависит от времени выполнения цикла ПЛК. На переднюю панель контроллера выведена светодиодная индикация о состоянии дискретных входов и выходов, о наличии питания и о наличии связи со средой программирования CoDeSys. Также на передней панели имеются две кнопки: кнопка, предназначенная для запуска и остановки программы в контроллере и скрытая кнопка, предназначенная для перезагрузки контроллера. Нажать кнопку возможно только тонким заостренным предметом. В корпусе кон-

троллера расположен маломощный звуковой излучатель, управляемый из пользовательской программы как дополнительный дискретный выход. Звуковой излучатель может быть использован для функций аварийной или иной сигнализации или для отладочных нужд. Частота звукового сигнала излучателя, фиксированная, и не поддается настройке. Контроллер ПЛК150 оснащен встроенными часами реального времени, имеющими собственный аккумуляторный источник питания. Энергии полностью заряженного аккумулятора хватает на непрерывную работу часов реального времени в течение 6 месяцев (при температуре 15–35 °С). В случае износа аккумулятора, не полной его зарядки, а также при работе при более низких температурах время работы часов реального времени может сократиться. Аккумулятор, используемый для питания часов реального времени, дополнительно используется как источник аварийного питания микропроцессора контроллера.

При случайном отключении основного питания контроллер переходит на аварийное питание и сохраняет промежуточные результаты вычислений, и работоспособность интерфейсов Ethernet в течение 10 минут. Светодиодная индикация и выходные элементы контроллера при этом не запитываются и не функционируют.

На рис. 3 представлена схема подключения питания и входов/выходов к ПЛК150-220.

4.3. Система программирования CoDeSys

Для программирования логических контроллеров фирмы ОВЕН используется система CoDeSys [2], которая сегодня является самым распространенным в Европе инструментом создания управляющих программ. В [3] представлены языки программирования на основе стандарта МЭК 61131-3 и примеры подготовки программ для промышленных программируемых контроллеров, применяемых для автоматизации производства.

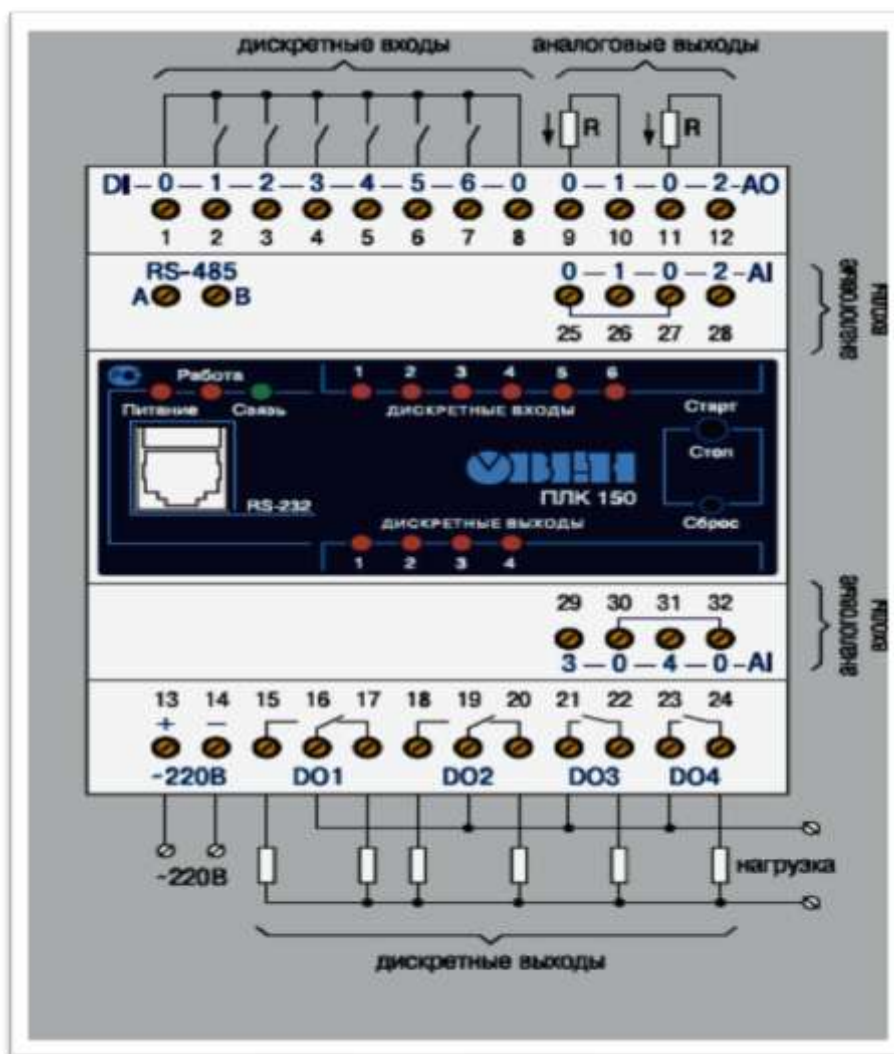


Рис. 3. Схема подключения питания входов и выходов к ПЛК150

За словом CoDeSys всегда стоит сокращение 3S (SmartSoftwareSolutions). Это название независимой компании, которое можно перевести как Интеллектуальные или точнее Изящные Программные Решения.

CoDeSys включает 5 специализированных редакторов для каждого из стандартных языков программирования: Список Инструкций (IL), Функциональные блокковые диаграммы (FBD), Релейноконтактные схемы (LD), Структурированный текст (ST), Последовательные функциональные схемы (SFC).

Редакторы поддержаны большим числом вспомогательных инструментов, ускоряющих ввод программ. Это ассистент ввода, автоматическое объявление переменных, интеллектуальная коррекция ввода, цветовое выделение и синтаксический контроль при вводе,

масштабирование, автоматическое размещение и соединение графических элементов.

В одном проекте можно совмещать программы, написанные на нескольких языках МЭК, либо использовать один из них. Никаких особых требований по выбору языка нет. Он обусловлен исключительно личными предпочтениями. Наиболее популярен язык ST. Это текстовый язык, представляющий собой несколько адаптированный Паскаль. Второе место по популярности занимает графический язык FBD, далее следует язык LD. Помимо средств подготовки программ, CoDeSys включает встроенный отладчик, эмулятор, инструменты визуализации и управления проектом, конфигураторы ПЛК и сети. В основу CoDeSys положено несколько важных идей, которые выделяют его в группе лидирующих комплексов МЭК. CoDeSys изначально задумывался как инструмент для профессионального применения и поэтому он не содержит, каких либо ограничений в реализации языков МЭК. Напротив, он включает ряд дополнений, не предусмотренных стандартом (языки SFC и упрощенный SFC, поддержка указателей и действий в функциональных блоках). CoDeSys компилирует прикладные программы в машинный код, поэтому создаваемые пользователями программы имеют наивысшее быстродействие. Комплекс CoDeSys активно развивается, в настоящее время он уже включает целый ряд расширений, таких, как система контроля версий проекта (ENI), средства для создания приложений управления движением (SoftMotion), библиотеки наиболее популярных функций, например таких, как регуляторы. Трассировка – это очень удобный инструмент, представляющий собой встроенный «цифровой многоканальный запоминающий осциллограф». С его помощью очень легко графически отслеживать изменение значений переменных во времени с привязкой запуска к определенному событию. Трассировка исключительно удобна не только при отладке программы, но и при исследовании работы внешнего оборудования.

Данные контроллеров запрограммированных CoDeSys могут быть легко визуализированы, без необходимости применения вспомогательных инструментов. Система CoDeSys уже содержит встроенный редактор визуализации и в процессе программирования своей задачи пользователь может создать анимированное графическое представление машины или производственного процесса. Для те-

стирования и выполнения экранов визуализации с «живым» контроллером, не нужно никаких внешних соединений. В режиме онлайн реальные данные автоматически отображаются в системе программирования CoDeSys.

4.4. Программирование контроллера ПЛК150.U-L

4.4.1. Установка Target файлов

После инсталляции среды CoDeSys следует выполнить инсталляцию **Target** файлов. В **Target** файлах содержится информация о ресурсах программируемых контроллеров, с которыми работает CoDeSys. **Target** файл поставляется производителем контроллера. Инсталляция **Target** файлов производится при помощи утилиты **InstallTarget**, устанавливающейся вместе со средой программирования.

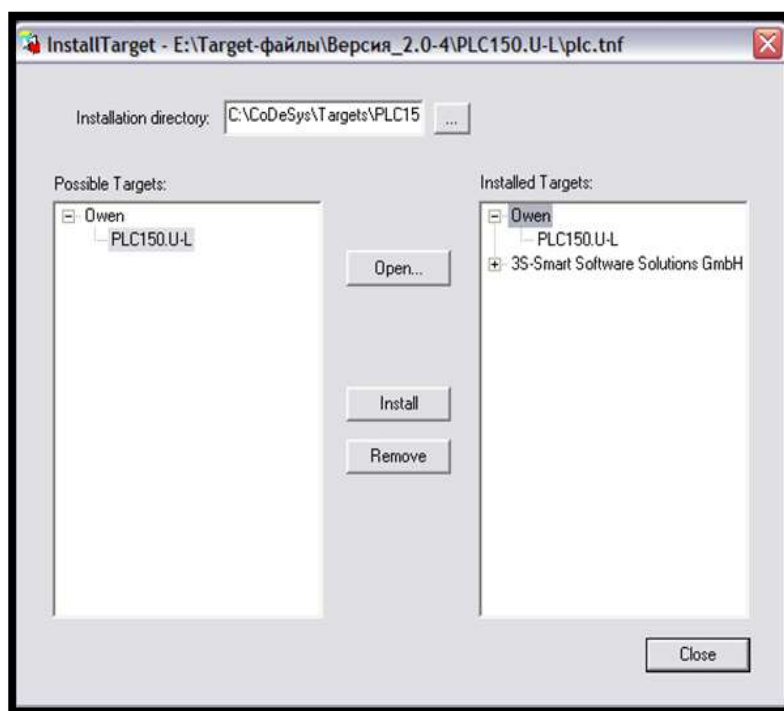


Рис. 4. Установка Target файлов

Порядок инсталляции **Target** файлов:

- В открывшемся при запуске утилиты **InstallTarget** окне (рис. 4) – нажать кнопку **Open** и указать путь доступа к устанавливаемому **Target** файлу (имеющему расширение *.tnf, TargetInfor-

mationFile). **Target** файлы контроллеров ОВЕН ПЛК150 находятся на компакт диске, поставляемом с контроллером, в папке «**Target**»;

- После открытия требуемого файла в области «**Possible Targets**» окна отобразится папка «**Owen**»;

Открыв папку «**Owen**» и выделив находящуюся там строку, нажать кнопку **Install**. В области «**Installed Targets**» окна отобразится список инсталлированных **Target** файлов.

4.4.2. Создание проекта программы

При создании проекта используется язык функциональных блоковых диаграмм (FBD). Запускаем CoDeSys последовательным выбором приложений: Пуск → Все программы → **3S Software CoDeSys V2.3** → **CoDeSys V2.3**.

Новый проект открывается из главного меню: **File**→ **New**. В открывшемся окне (рис. 5) выбирается тип контроллера, PLC150-U-L, выбор подтверждается нажатием клавиши ОК.

После выбора проекта выводится экранная форма, задающая тип, имя и язык программирования первичного компонента **New POU**, главной программы контроллера. Необходимо выбрать язык программирования FBD, установив флаги в позициях, указанных на рис. 6.

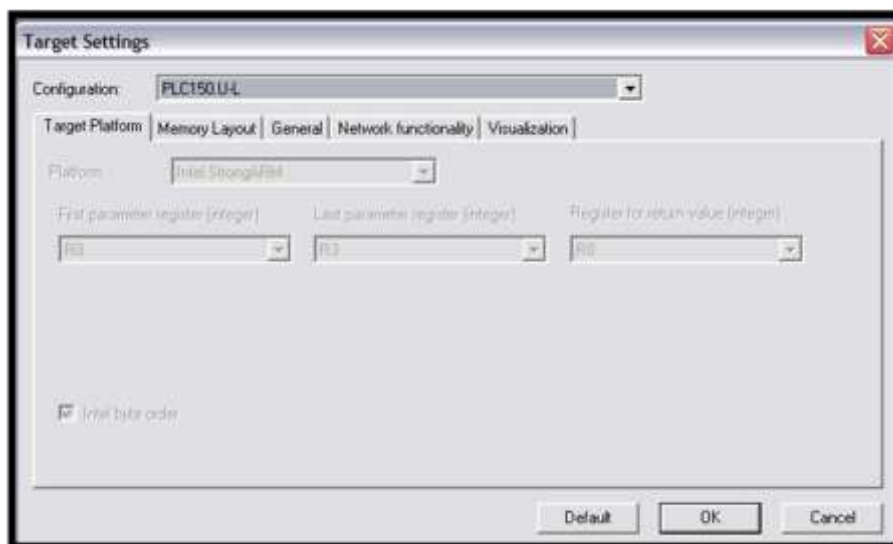


Рис. 5. Окно конфигурации «Target Settings» программы

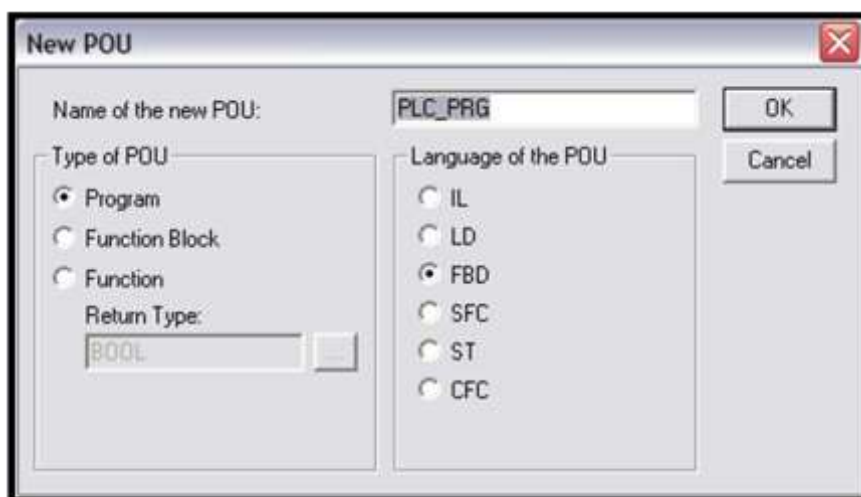


Рис. 6. Вид окна «NewPOU» с отмеченными параметрами

После подтверждения выбора нажатием клавиши **OK** откроется окно нового проекта с именем по умолчанию **Untitled**. В нем присутствует одна вкладка **POUs**.

Весь проект хранится в одном файле, имя которого отображается в заголовке окна. Для ввода имени файла во второй строке меню быстрого запуска активизируется клавиша записи и в появившейся форме указывается имя файла: **SAP ТПК**.

Начинаем написание программы с кнопки, запускающей режим стабилизации температуры.

В первой цепи графического редактора выделяем строку вопросов **???** и вводим название кнопки **S2**. Теперь нажимаем на клавиатуре стрелку вправо. В появившемся диалоге определения переменной сохраняем наименование **S2** и логический тип (**Type****BOOL**). Изменяем класс переменной (**Class**) на (**VAR_INPUT**). Подтверждаем определение – **OK** (рис. 7).

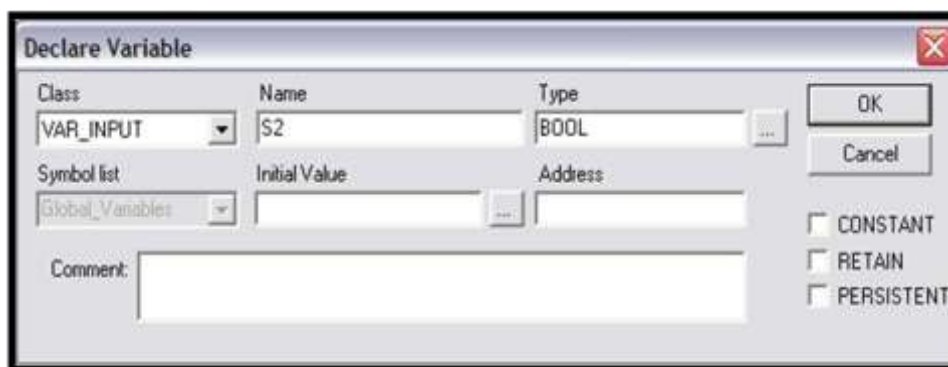


Рис. 7. Диалог определения переменной

Возвращаемся в окно редактора и выделяем позицию справа от кнопки **S2**, в этом месте появляется маленький пунктирный прямоугольник. Щелкаем по нему правой кнопкой мыши. В контекстном меню ввода задаём команду **Box**. По умолчанию, вставляется элемент **AND**. Воспользуемся ассистентом ввода: нажимаем клавишу **F2**. В диалоговом окне выбираем категорию: (**StandardFunctionBlocks**). Из таймеров (**timer**) стандартной библиотеки (**standard.lib**) выбираем **TOF** (рис. 8). Таймер **TOF** будет отсчитывать время цикла, в режиме стабилизации. Это время задается на входе таймера **PT: T#7m**.

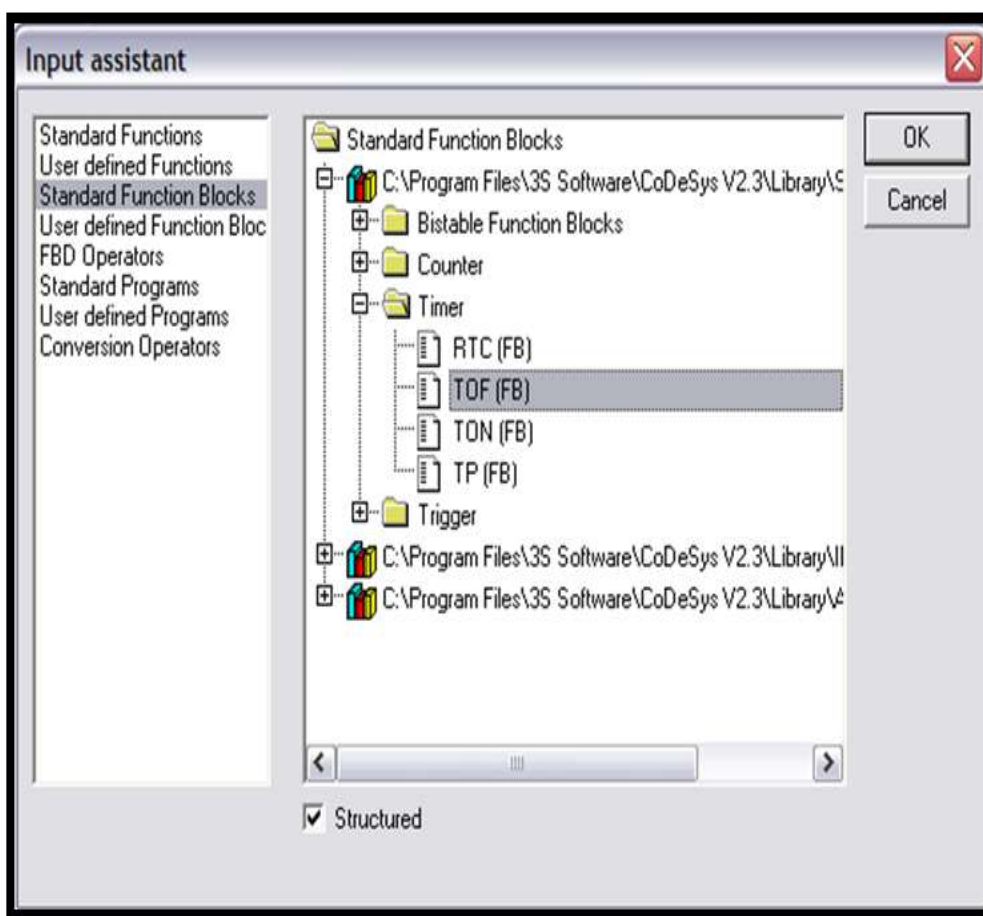


Рис. 8. Диалоговое окно ассистента ввода

Далее необходимо задать имя для нового функционального блока **TOF**. Щелкаем мышкой над изображением таймера и вводим имя **tof_one**. В диалоге определения переменной указываем класс **ClassVAR** (локальные переменные) и тип (**TypeTOF**). Нажимаем **OK**.

Затем необходимо присвоить значение на выходе элемента. Выделяем выход, и в контекстном меню даём команду **Assign** (присвоить). Заменяем вопросы на имя переменной **var2**. В диалоге переменной задаем класс **VAR_OUTPUT** (выходная величина) и тип **BOOL**.

После всех введенных данных окно **PLC_PRG** будет выглядеть, как показано на рис. 9.

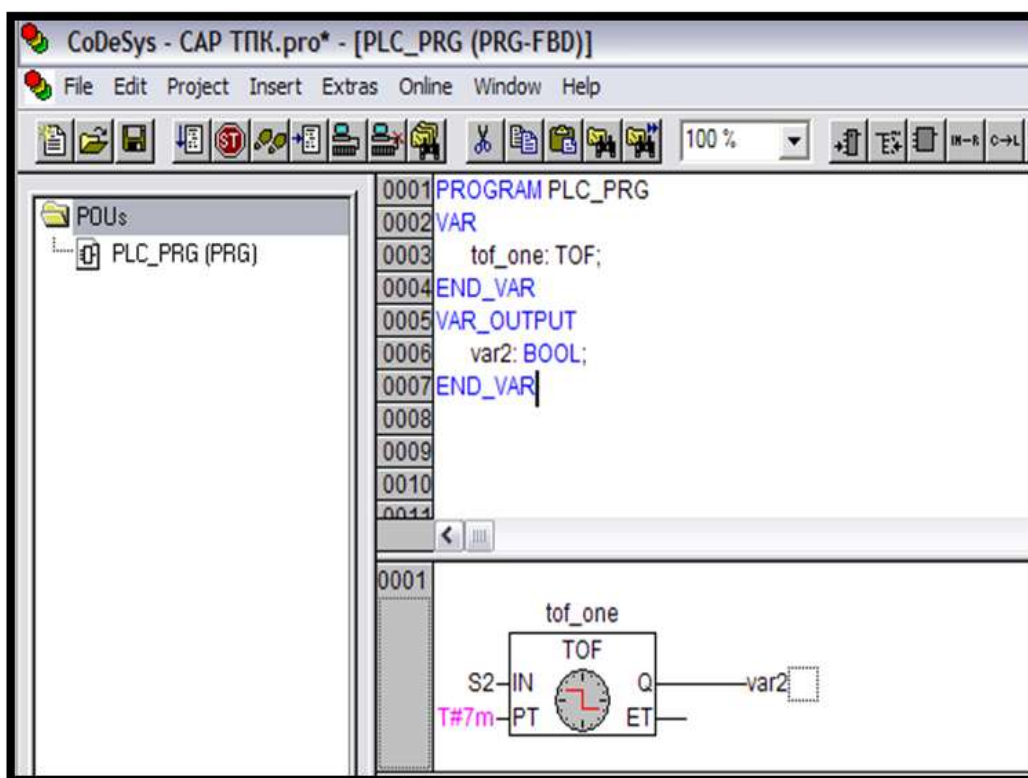


Рис. 9. Окно **PLC_PRG** с первой строкой

Далее приступаем к реализации программного задатчика температуры в камере. Командой **Insert – Network(after)** создаем следующую строку. Выделяем прямоугольник, и в контекстном меню вставляем элемент **Box** затем, как и в предыдущей строке вставляем генератор импульса **TP**. Запуск таймера происходит по фронту импульса на входе **IN**. Вход **PT** задает длительность импульса, После запуска таймер не реагирует на изменение значения входа **IN**. Выход **ET** отсчитывает прошедшее время. При достижении **ET** значения **PT** счетчик останавливается, и выход сбрасывается в 0.

На входе таймера, в строке вопросов вводим название кнопки **S1**, в диалоге определения переменных сохраняем наименование **S1**

и логический тип (**TypeBOOL**). Изменяем класс переменной (**Class**) на (**VAR_INPUT**). Подтверждаем определение – **ОК**. Время цикла устанавливаем, равное десяти минутам: **T#10m**.

Далее задаем имя для нового функционального блока **TP**. Щелкаем мышкой над изображением таймера и вводим имя **tp_one**. В диалоге определения переменной указываем класс **ClassVAR** (локальные переменные), и тип (**TypeTP**). Нажимаем **ОК**.

На выходе блока выделяем прямоугольник, в контекстном меню вставляем элемент **Box** и в выделенной области пишем название **SEL**. Нажимаем на клавиатуре стрелку вправо, при этом должен появиться блок **SEL**, имеющий три входа и один выход. Данный блок производит выборку из двух значений, в зависимости, какой сигнал поступает на вход блока, логический 0 или 1, на выход поступает значение поданные на второй или на третий вход, соответственно. В нашем случае на второй вход задаем значение 0, т. е. при отсутствии сигнала с таймера, на выходе блока **SEL** будет 0. На второй вход пока ничего не записываем, к нему перейдем позднее.

Затем необходимо присвоить значение на выходе элемента. Выделяем выход, и в контекстном меню даем команду **Assign** (присвоить). Заменяем вопросы на имя переменной **var1**. В диалоге переменной задаем класс **VAR_OUTPUT** (выходная величина) и тип **INT**. После всех введенных значений окно **PLC_PRG** выглядит, как показано на рис. 10.

Для того чтобы прямоугольный импульс, заданный таймером **TP** преобразовать в импульс трапециевидной формы (необходимой по заданию) нужно после блока **TP** вставить блок **RAMP_INT**.

Для этого командой **Insert** → **Network(after)** создаём следующий шаг. Выделяем прямоугольник, и в контекстном меню вставляем элемент **Box**. Затем необходимо добавить библиотеку содержащую блок **RAMP**. Слева на экране, во вкладке **Resources** вызываем библиотеку **LibraryManager**, командой **Insert** → **AdditionalLibrary** открываем окно поиска и выделяем библиотеку **Util_no_real**, и даем команду – открыть (рис. 11).

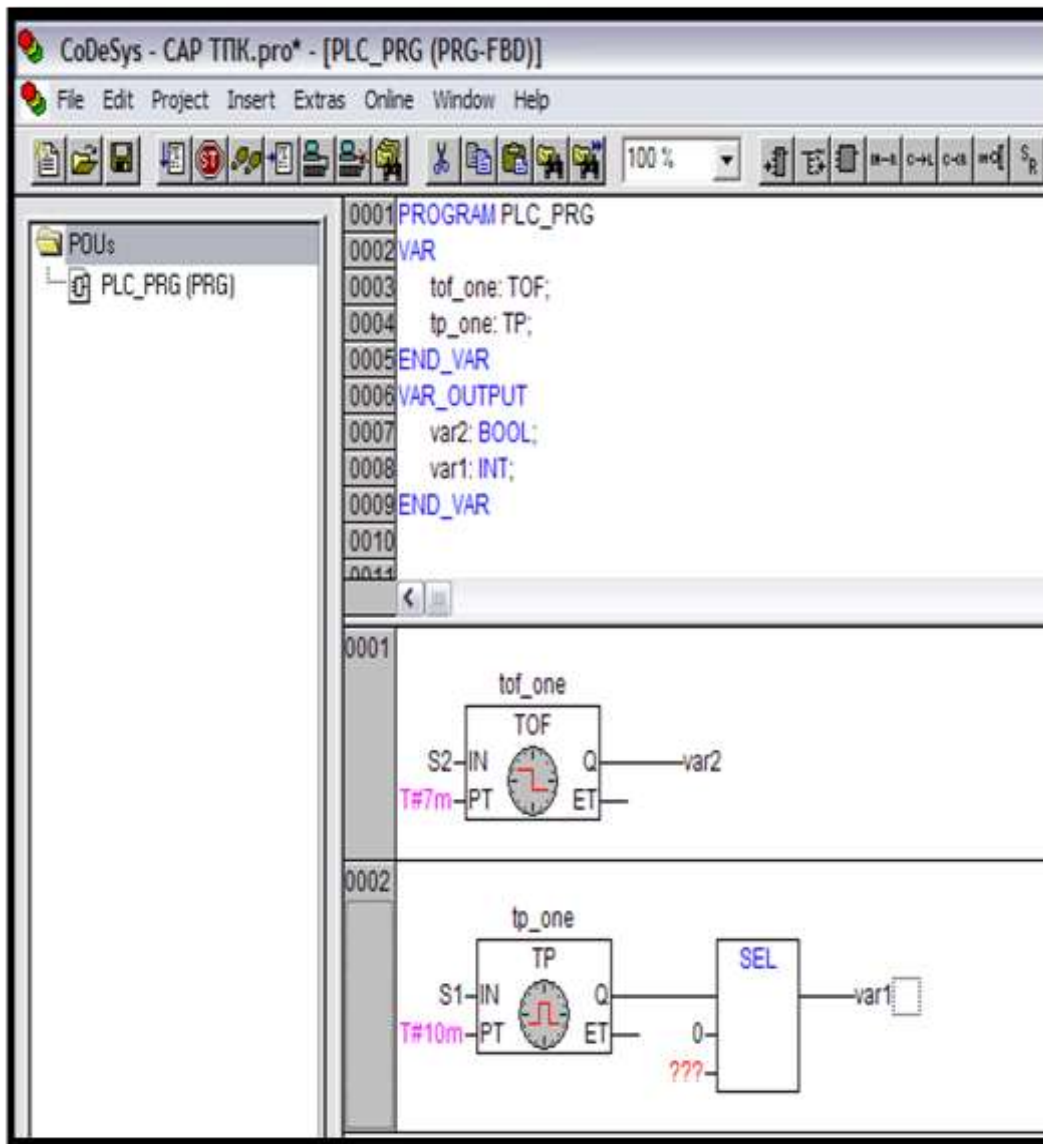


Рис. 10. Окно PLC_PRG со второй строкой

Далее выделяем вставленный блок (по умолчанию **AND**). Нажимаем клавишу **F2**. В диалоговом окне выбираем категорию: (**StandardFunctionBlocks**). Находим библиотеку **Util_no_real**, и вставляем из нее блок **RAMP_INT**.

Блок **RAMP_INT** имеет один выход и пять входов: **IN** – входной сигнал; **ASCEND** – максимальное нарастание; **DESCEND** – максимальный спад; **TIMEBASE** – время нарастания; **RESET** – сброс.

Если новое значение входа по сравнению с предыдущим выросло меньше, чем на **ASCEND** или уменьшилось в пределах **DESCEND**, сигнал беспрепятственно передается на выход. В случае слишком быстрого роста или спада сигнала его изменение ограни-

чивается. **TIMEBASE** задает время, за которое определяется изменение. Мгновенное изменение выхода рассчитывается так, чтобы за заданный интервал не превысить установленные пороги.

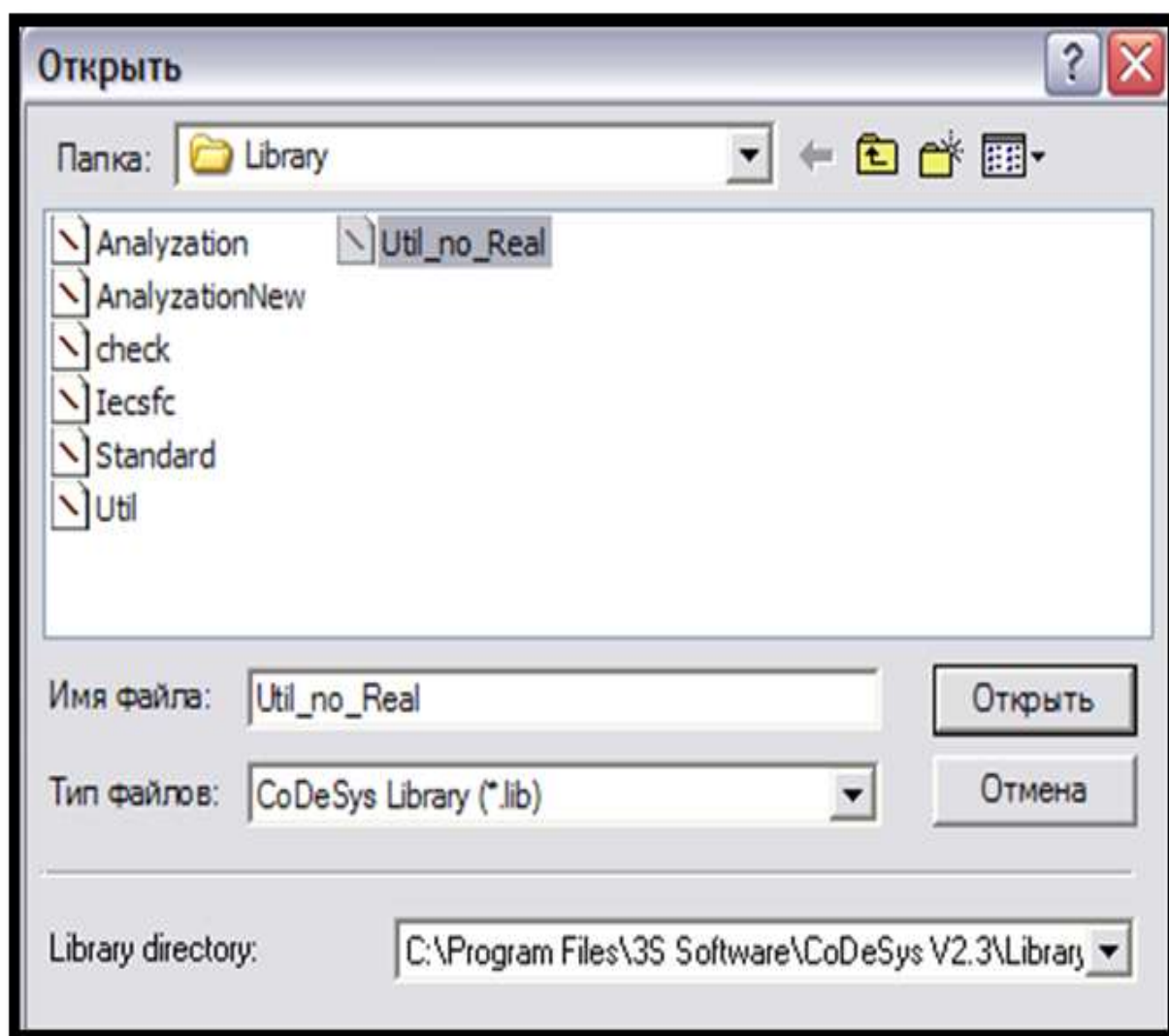


Рис. 11. Окно вызова библиотек

На вход **IN** подаем значение с выхода блока **SELvar1**. На входы **ASCEND** и **DESCEND** подаем значение, равное 5, а на **TIMEBASE** **#30s** (**ASCEND**, **DESCEND** и **TIMEBASE** выбираются опытным путем, в зависимости какой наклон необходим на входе и выходе с блока).

Выделяем выход, и в контекстном меню даём команду **Assign** (присвоить). Заменяем вопросы на имя переменной **tr**. В диалоге переменной задаем класс **VAR_OUTPUT** (выходная величина) и тип **INT**.

Затем присваиваем имя блоку **RAMP_INT**. Щелкаем мышкой над изображением таймера и вводим имя **ramp_int_one**. В диалоге определения переменной указываем класс **ClassVAR** (локальные переменные), и тип (**TypeRAMP_ONE_**). Нажимаем **ОК**. После всех преобразований окно **PLC_PRG** выглядит, как показано на рис. 12.

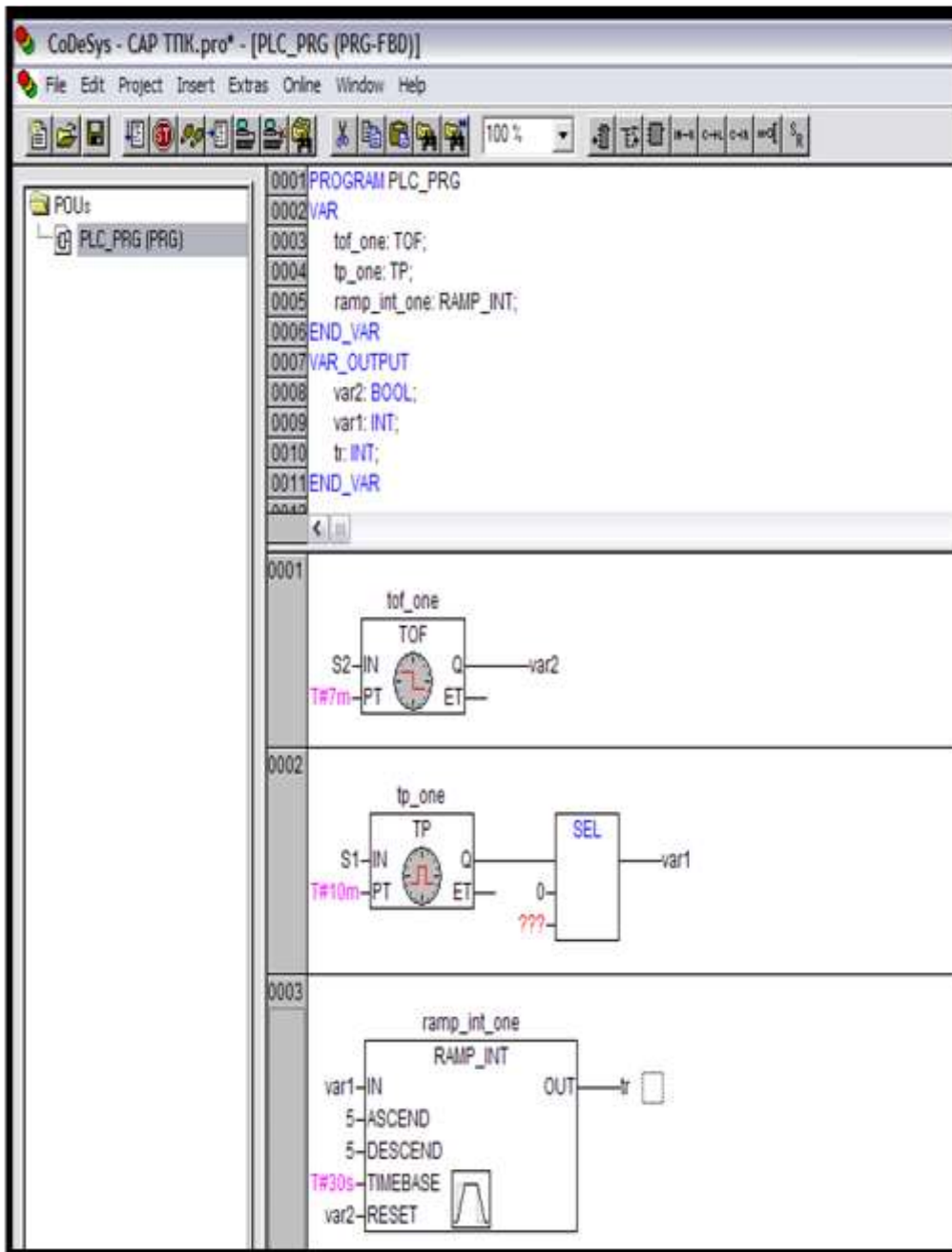


Рис. 12. Окно PLC_PRG с третьей строкой

Далее переходим к следующей строке, как было описано ранее. В этой строке вставляем блок ПИД-регулятора (**PID_FUNCTION**). Библиотека, в которой находится данный блок, располагается на диске входящем в комплект поставки программного обеспечения ОВЕН, в папке «Библиотеки ОВЕН» (рис. 13).

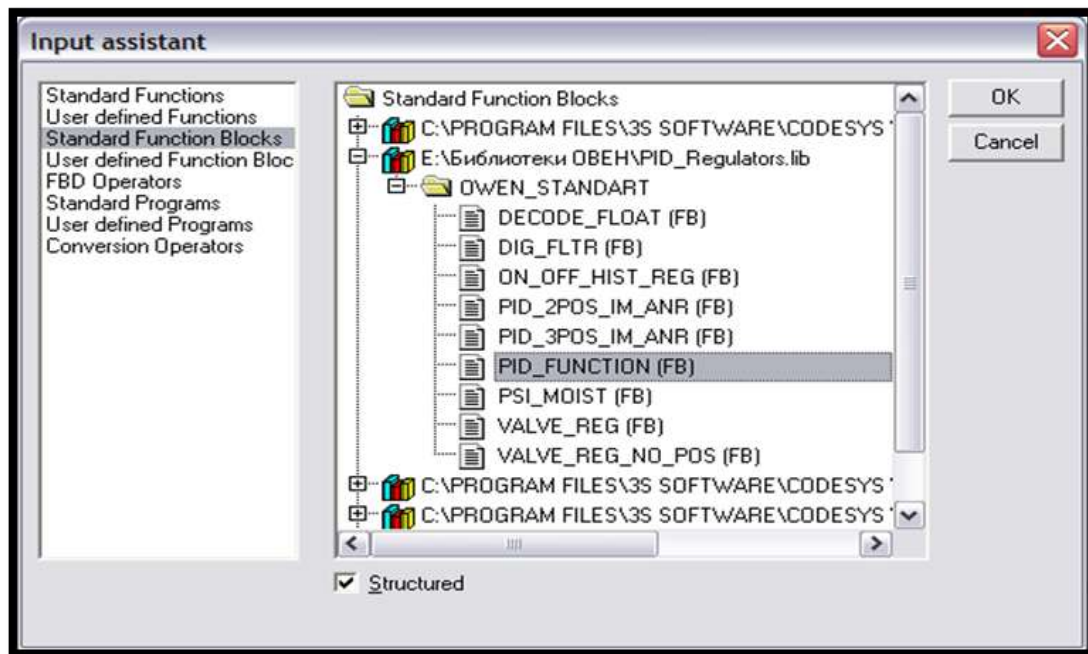


Рис. 13. Окно ассистента ввода с библиотекой ПИД-регулятора

Входные параметры ПИД-регулятора:

- PV: REAL – значение регулируемой величины (сигнал обратной связи, приходящий с датчика);
- PV_TIME: WORD; – время получения значений регулируемой величины (циклическое время), используется для вычисления интегральной и дифференциальной составляющих. Отсчитывается в сотых долях секунды и берется из модуля UNIVERSAL Sensor, переменной Circulartime (т. е. указывается для входной переменной адрес соответствующего модуля конфигурации контроллера в разделе PLC Configuration) или, получается, по сети от приборов ОВЕН. Если функциональный блок используется не с измерителем ОВЕН, то необходимо завести переменную, в которую прибавлять время, равное периодичности вызова блока (периоду вызова POU). Единица времени в этой переменной должна равняться 1/100 с, при переполнении значение должно обнуляться и накопление значения времени должно продолжаться;

- SP: REAL – уставка регулятора;
- PB: REAL – полоса пропорциональности (в единицах регулируемой величины). Показывает, насколько сильно действует обратная связь – чем шире полоса пропорциональности, тем меньше величина выходного сигнала OUT при одном и том же отклонении (рассогласовании);
- TI: DINT – постоянная интегрирования (4-байтовое целое число со знаком, в секундах). Задаёт инерционность объекта регулирования;
- TD: REAL – постоянная дифференцирования. Рекомендованное соотношение TD_/TI_ для большинства объектов лежит в диапазоне от 0,15 до 0,3;
- IMIN: REAL – минимальное ограничение накопления интегральной составляющей в диапазоне от –100 до +100;
- IMAX: REAL – максимальное ограничение накопления интегральной составляющей в диапазоне от –100 до +100.

Выход блока:

- OUT: REAL; – выходной сигнал регулятора, от минус 100 до плюс 100 % относительной мощности.

На вход **PV** будем подавать реальное значение, поступающее с термодатчика сопротивления, в строке вопросов вводим название **pv_value**, в диалоге определения переменных сохраняем наименование **pv_value** и тип (**TypeREAL**). Изменяем класс переменной (**Class**) на (**VAR_INPUT**). Подтверждаем определение – **OK**.

На вход **PV_TIME** задаётся циклическое время, в строке вопросов вводим название **pv_time**, в диалоге определения переменных сохраняем наименование **pv_time** и тип (**TypeWORD**). Изменяем класс переменной (**Class**) на (**VAR_INPUT**). Подтверждаем определение – **OK**.

Затем присваиваем имя блоку **PID_FUNCTION**. Щелкаем мышкой над изображением таймера и вводим имя **pid_function_one**. В диалоге определения переменной указываем класс **ClassVAR** (локальные переменные) и тип (**TypePID_FUNCTION**).

На вход **SP** будем подавать значение необходимой температуры, до которой будем нагревать эмулятор печи. Так как значение, поступающее с выхода блока **RAMP** начинается с нуля, а реальная температура окружающей среды отличается от нуля, необходимо

сделать поправку на разницу значений. Для этого на вход **SP** ПИД – регулятора вставляем блок сложения, который будет складывать сигнал, поступающий с блока **RAMP** и сигнал температуры окружающей среды приходящей с независимого датчика. Первому входу блока **ADD** присваиваем значение **pv_value2**, в диалоге определения переменных сохраняем наименование **pv_value2** и тип (**TypeREAL**). Изменяем класс переменной (**Class**) на (**VAR_INPUT**). Подтверждаем определение – **OK**. Второй вход блока **ADD** пока оставим без названия.

А на третий вход блока **SEL** во второй строке вставим блок **SUB**, который будет отнимать от температуры, до которой необходимо нагревать эмулятор печи, температуру, приходящую с независимого датчика. Далее после блока **SUB** вставляем блок **REAL_TO_INT** для преобразования типа данных.

Входам **PB**, **TI**, **TD**, **IMIN**, **IMAX** – присваиваются значения подобранные опытным путём, соответственно 22, 119, 107, 0, 0.

На выход ПИД-регулятора вставляем блок **MAX**, данный блок убирает отрицательные значения в выходном сигнале, т. е. сравнивая выходные значения с нулём, выделяет только положительный сигнал.

Затем необходимо присвоить значение на выходе элемента **MAX**. Выделяем выход, и в контекстном меню даем команду **Assign** (присвоить). Заменяем вопросы на имя переменной **out_var**. В диалоге переменной задаем класс **VAR_OUTPUT** (выходная величина) и тип **REAL**. Данный, реальный сигнал будет поступать на вход блока управления тиристорами.

После последних преобразований окно **PLC_PRG** выглядит, как показано на рис. 14.

Далее возвращаемся к первой строке. Командой **Insert** → **Network(after)** создаем промежуточную строку. В выделенный прямоугольник вставляем блок **SEL**. На данном блоке будет происходить развязка между режимом стабилизации и режимом программного регулирования. На первый вход блока подаём значение переменной с выхода таймера **TOF** → **var2**. На второй вход подаем значение переменной поступающей с выхода блока **RAMP** → **tr**. На третий вход, также как и на вход блока **SEL** в третьей строке вставляем блок **SUB**, вычисляющий разность между заданной температурой и температурой окружающей среды.

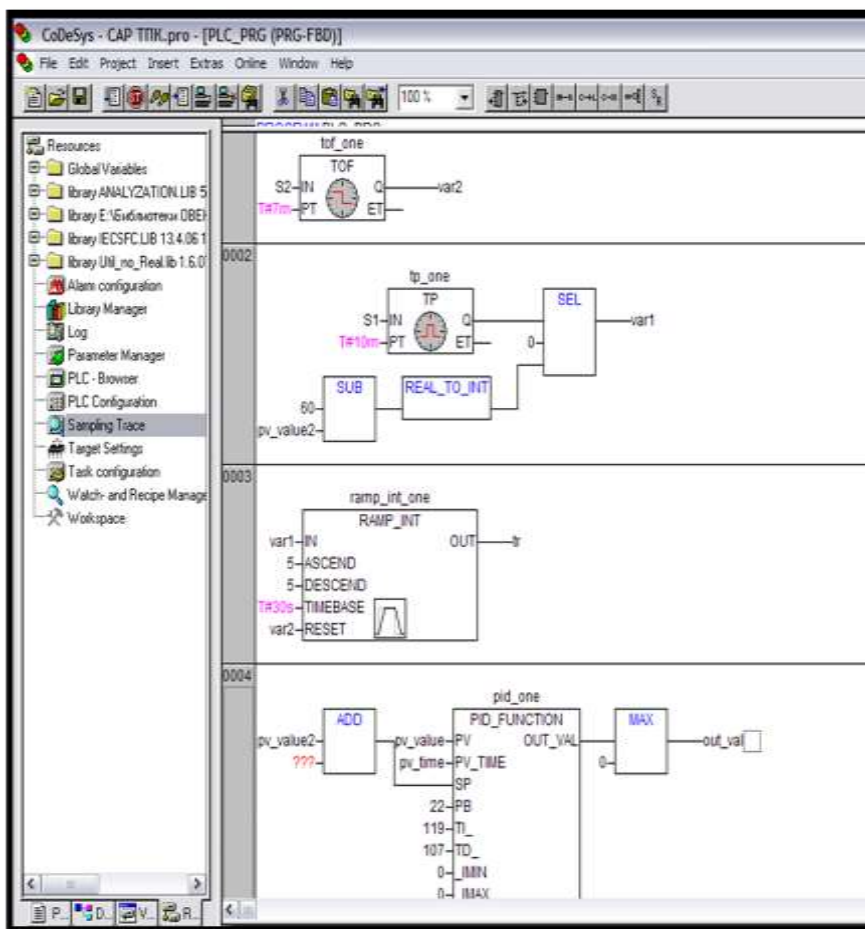


Рис. 14. Окно PLC_PRG с четвёртой строкой

Выходу блока присваиваем переменную **var3**. Заменяем вопросы на имя переменной **var3**. В диалоге переменной задаем класс **VAR_OUTPUT** (выходная величина) и тип **INT**. И вот эту выходную величину вставляем на вход блока **ADD** в пятой строке.

После написания программы необходимо ее откомпилировать (проверить на ошибки). Для этого необходимо задать команду меню **Project**→**Rebuildall**, либо нажать клавишу **F11**.

Окончательный вариант программы представлен на рис. 15.

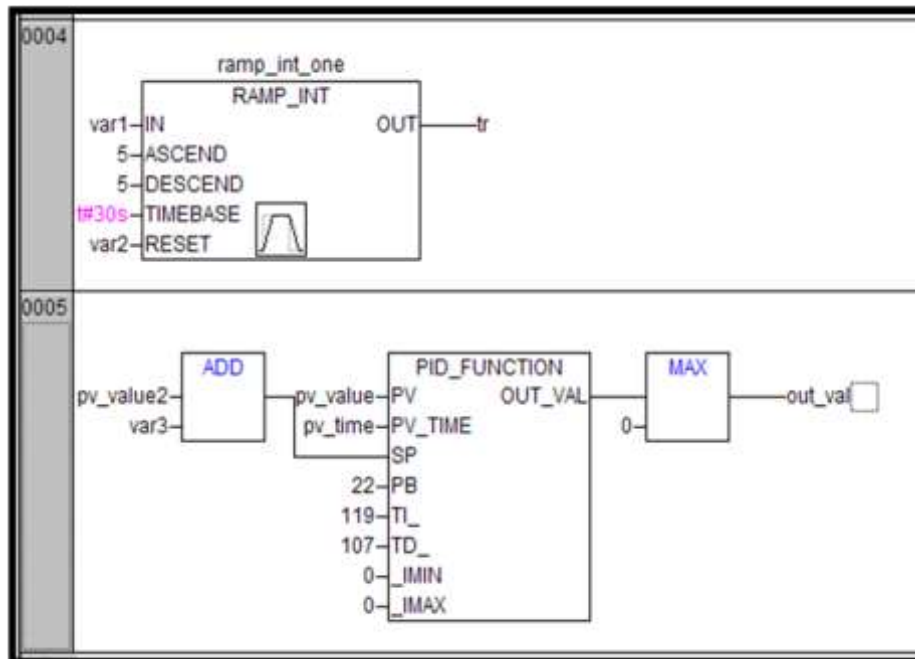
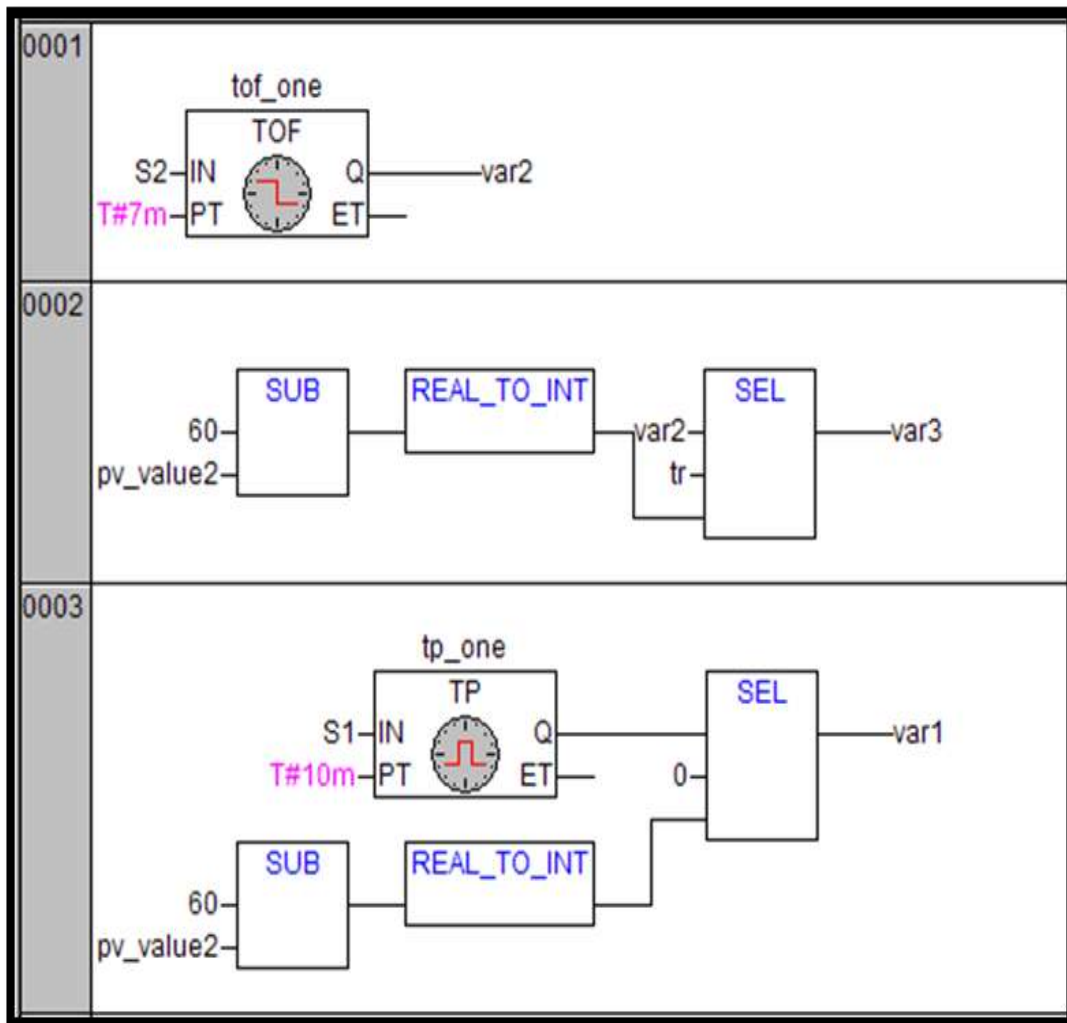


Рис. 15. Окончательный вариант программы

4.4.3. Параметры входов и выходов контроллера

Цепям контроллера, используемым в представленной программе, присваиваются имена переменных. В дальнейшем эти имена используются в программе для работы с конкретным входом или выходом контроллера. Для присвоения имени, какому либо ресурсу ввода/вывода контроллера необходимо на вкладке ресурсов (**Resources**) Организатора объектов CoDeSys запустить утилиту **PLC Configuration** (Конфигуратор ПЛК). В появляющейся иерархической структуре – дереве Конфигурации ПЛК – открываем папки (модули) входов и выходов ПЛК, и именуем необходимые каналы. Перед адресом указывается имя (идентификатор переменной) для цепей входов и выходов схемы созданного проекта. Именованье канала (входа или выхода) производится следующим образом: двойным щелчком манипулятора «мышь» при курсоре, установленном в начале строки названия канала, осуществляется переход в режиме редактирования и вводится имя переменной канала.

В программе используются:

Два дискретных входа (**Discreteinput**):

- S1 – для включения режима программного управления температурой в камере (см. рис. 1, б);
- S2 – для включения режима стабилизации температуры (см. рис. 1, б).

Два аналоговых входа:

- **RTDsensor** – для подключения термодатчика сопротивления;
- **Termocouplesensor** – для подключения термопары измеряющей температуру окружающей среды.

Выбор вида датчика осуществляется в контекстном меню кнопкой **Replaceselement**. Тип датчика выбирается из представленных типов в окне конфигурации, во вкладке **Moduleparameters** → **Typeofsensor**.

Один аналоговый выход: **Analogoutput** – выходной сигнал на БУСТ.

Окно конфигурации с отмеченными входами и выходами представлено на рис. 16.

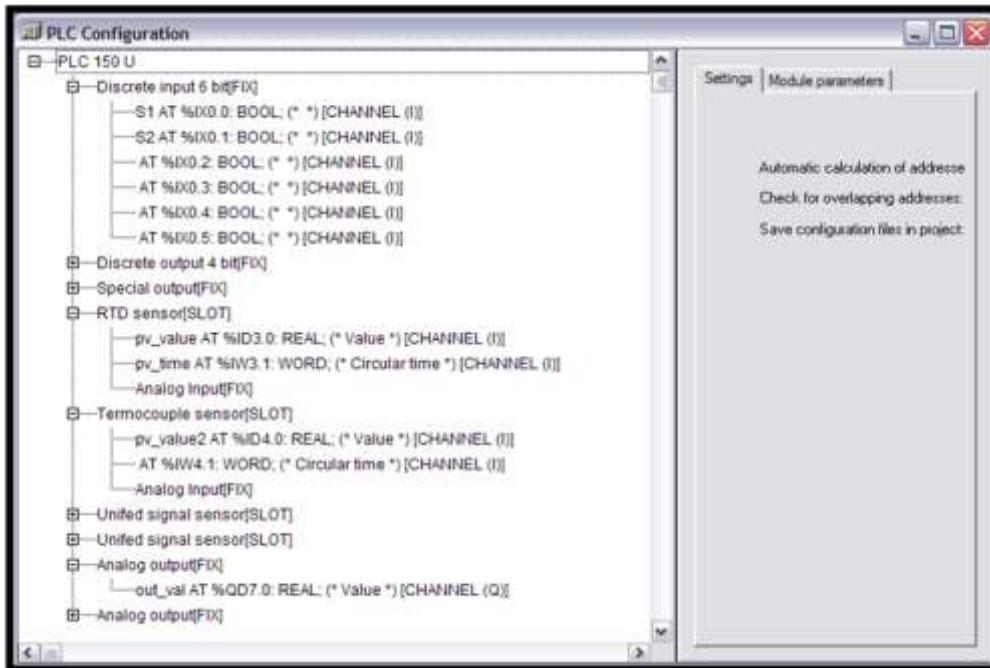


Рис. 16. Окно конфигурации

Далее в окне PLC_PRG, в окне объявлений необходимо задать адреса для всех входных и выходных значений, указанных в конфигураторе (рис. 17).

```

0001 PROGRAM PLC_PRG
0002 VAR
0003     tof_one: TOF;
0004     tp_one: TP;
0005     ramp_int_one: RAMP_INT;
0006     pid_one: PID_FUNCTION;
0007 END_VAR
0008 VAR_OUTPUT
0009     var2: BOOL;
0010     var1: INT;
0011     tr: INT;
0012     out_val AT%QD7.0: REAL;
0013     var3: INT;
0014 END_VAR
0015 VAR_INPUT
0016     pv_value AT%ID3.0: REAL;
0017     pv_time AT%IW3.1: WORD;
0018     pv_value2 AT%ID4.0: REAL;
0019     S2 AT%IX0.0: BOOL;
0020     S1 AT%IX0.1: BOOL;
0021 END_VAR
0022

```

Рис. 17. Окно объявлений PLC_PRG с заданными адресами

4.4.4. Трассировка

Трассировка или осциллографирование позволяет просмотреть значения переменных в определенном отрезке времени. Числовые значения переменных записываются в циклический буфер (буфер трассировки). Если буфер заполняется полностью, то ранние данные постепенно перезаписываются. Одновременно можно трассировать не более 20 переменных. Максимальное количество значений переменных равно 500.

Для перехода в окно трассировки выберите объект **Sampling Trace** на вкладке ресурсов Организатора проекта. Для выполнения трассировки нужно определить список трассируемых переменных «**Extras**» «**TraceConfiguration**» и задать параметры их отображения (цвета, масштаб осей координат и др.). Затем необходимо запустить процесс трассировки «**StartTrace**» и, наконец, считать буфер трассировки «**Read Trace**». Значения заданных переменных будут отображены в виде графиков.

Для определения списка трассируемых переменных и настройки параметров трассировки предназначено диалоговое окно **TraceConfiguration**. Оно вызывается при двойном щелчке на серой области окна.

Изначально список трассируемых переменных **Variables** пуст. Для добавления новой переменной используем поле ввода **Input of trace variable** (по завершению ввода нажимаем кнопку «**Insert**» или клавишу <**Enter**>). Можно интерактивно выбрать необходимые переменные проекта, нажав на кнопку «**Help Manager**». Чтобы удалить переменную из списка, надо выбрать ее и нажать кнопку «**Delete**».

Чтобы наглядно увидеть, как работает данная программа, задаем следующие параметры:

- **PLK_PRG.ramp_int_one.IN** – сигнал, поступающий на блок RAMP, имеющий форму прямоугольного импульса;
- **PLK_PRG.tr** – сигнал, выходящий из блока RAMP, имеющий форму трапеции;
- **.out_val** – сигнал, выходящий из ПИД-регулятора;
- **.pv_value** – сигнал, поступающий с датчика эмулятора печи (рис. 18).

Список изображаемых переменных находится в правой части окна **Sampling Trace**. Над каждой позицией расположена надпись:

Var0, **Var1** и т. д. Цвет этой надписи определяет цвет, которым будет изображаться график значений соответствующей переменной. Имя переменной выбирается в выпадающем списке из числа определенных в конфигурации трассировки переменных. Цвета можно выбирать, даже если кривые уже построены. Одновременно в окне трассировки может изображаться до 8 кривых (рис. 19).

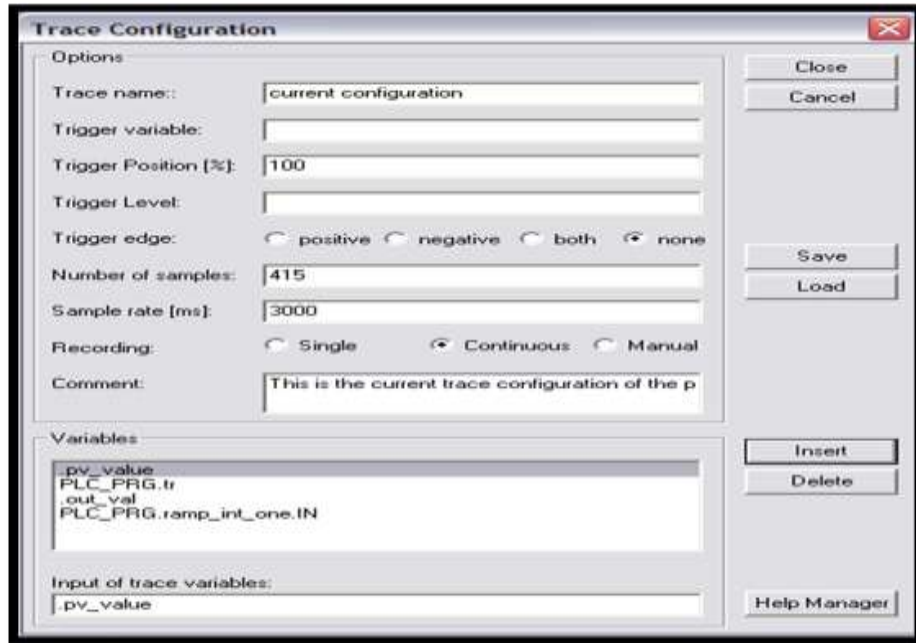


Рис. 18. Диалоговое окно Trace Configuration

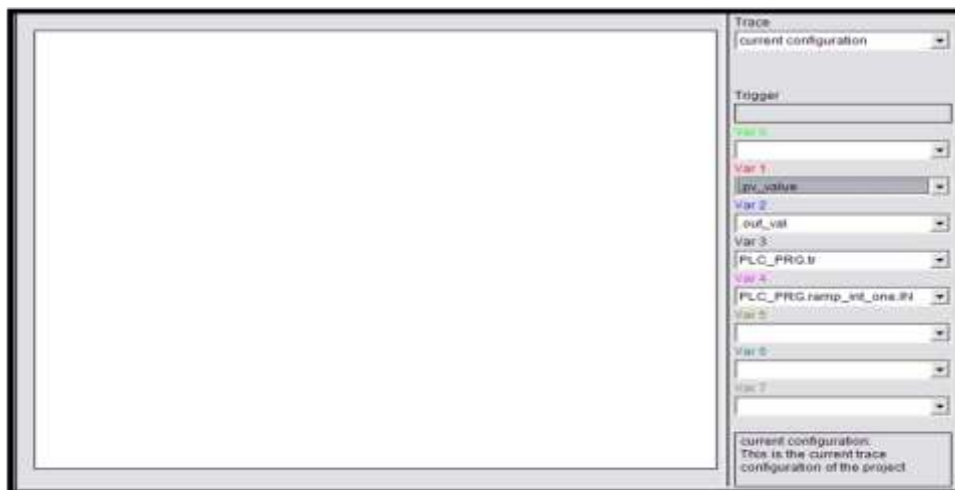


Рис. 19. Окно SamplingTrace

4.4.5. Подключение контроллера

Установка связи с контроллером возможна по интерфейсам **Ethernet** и **Debug RS 232**. Настройка канала соединения с контроллером производится в окне «**Communication parameters**», вызываемом командой меню **Online|Communication parameters** в среде CoDeSys.

Нажать кнопку **New** в этом окне. Откроется окно «**Communication parameters: New Channel**». В этом окне задать имя нового соединения **Owen** и выбрать из перечня интерфейс соединения: **Tcp/Ip (Level 2)** для связи по интерфейсу **Ethernet** или **Serial (RS232)** для связи через порт **Debug RS 232**.

Подключение контроллера будем осуществлять по интерфейсу **Ethernet**.

Для установки соединения по интерфейсу **Ethernet** контроллер и компьютер должны находиться в одной **IP** подсети. Задание дополнительного **IP** адреса компьютеру делается в свойствах протокола **TCP/IP** в настройках сетевого окружения Windows. При изготовлении устанавливается **IP** адрес контроллера **10.0.6.10**. Поэтому необходимо присвоить компьютеру дополнительный **IP** адрес в подсети **10.0.6**, отличный от адреса **10.0.6.10**. Маску подсети задать равной **255.255.0.0**.

При настройке соединения **Tcp/Ip (Level 2)** в параметре **Address** необходимо задать **IP** адрес контроллера, дважды щелкнув левой кнопкой мыши по значению адреса, и ввести новое значение с клавиатуры (рис. 20). Для сохранения нового значения нажать кнопку **Enter** на клавиатуре.

После настройки соединения подать команду меню **Online**→**Login**, устанавливающую связь с контроллером. При этом флаг перед строкой меню **Simulation Mode** должен быть снят.



Рис. 20. Настройка коммуникационных параметров для соединения с ПЛК

5. ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД

5.1. Размещение элементов системы на стенде

Лицевая панель стенда «Система автоматического регулирования температуры в пропарочной камере» показана на рис. 21.

На лицевой панели стенда САР ТПК размещены следующие элементы:

- 1 – индикатор включения стенда;
- 2 – автоматический выключатель;
- 3 – S1 кнопка включения режима программного управления;
- 4 – S2 кнопка включения режима стабилизации температуры;
- 5 – блок управления симисторами или тиристорами (БУСТ);
- 6 – эмулятор печки (ЭП-10);
- 7 – S3 кнопка подключения дополнительного сопротивления в цепь питания печки;
- 8 – программируемый логический контроллер (ПЛК150);
- 9 – симистор.

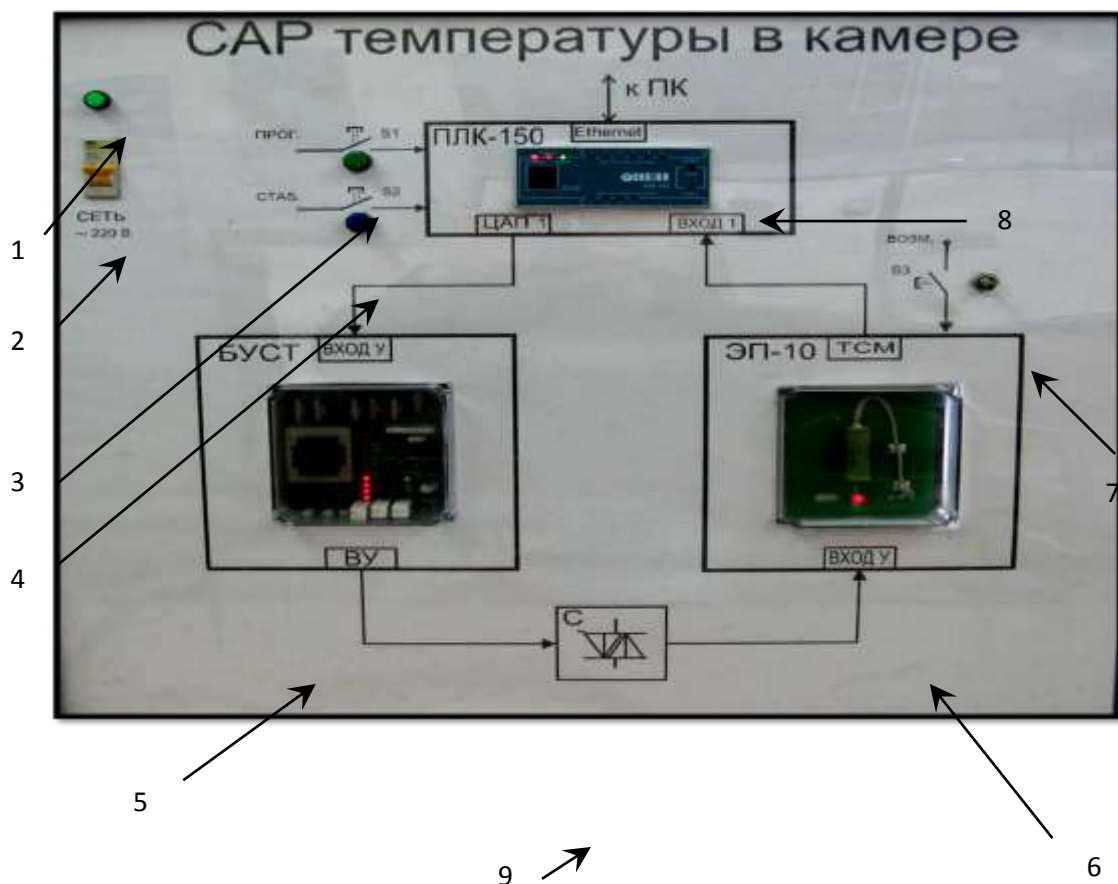


Рис. 21. Лицевая панель стенда «Система автоматического регулирования температуры в пропарочной камере»

5.2. Схема соединений системы

Для выполнения монтажа и технического обслуживания системы автоматизации необходима схема соединений ее элементов. Схема (рис. 22) показывает элементы стенда, проводные связи между ними, маркировку соединительных проводов и мест их подключения.

В электрическую схему входит:

- QF – автоматический выключатель;
- HL – сигнальная лампа;
- ХТ1, ХТ2, ХТ3 – клеммные коробки;
- А1 – контроллер ПЛК150;
- А2 – БУСТ;
- А3 – эмулятор печи ЭП-10;
- S1 – кнопка включения режима программного управления;

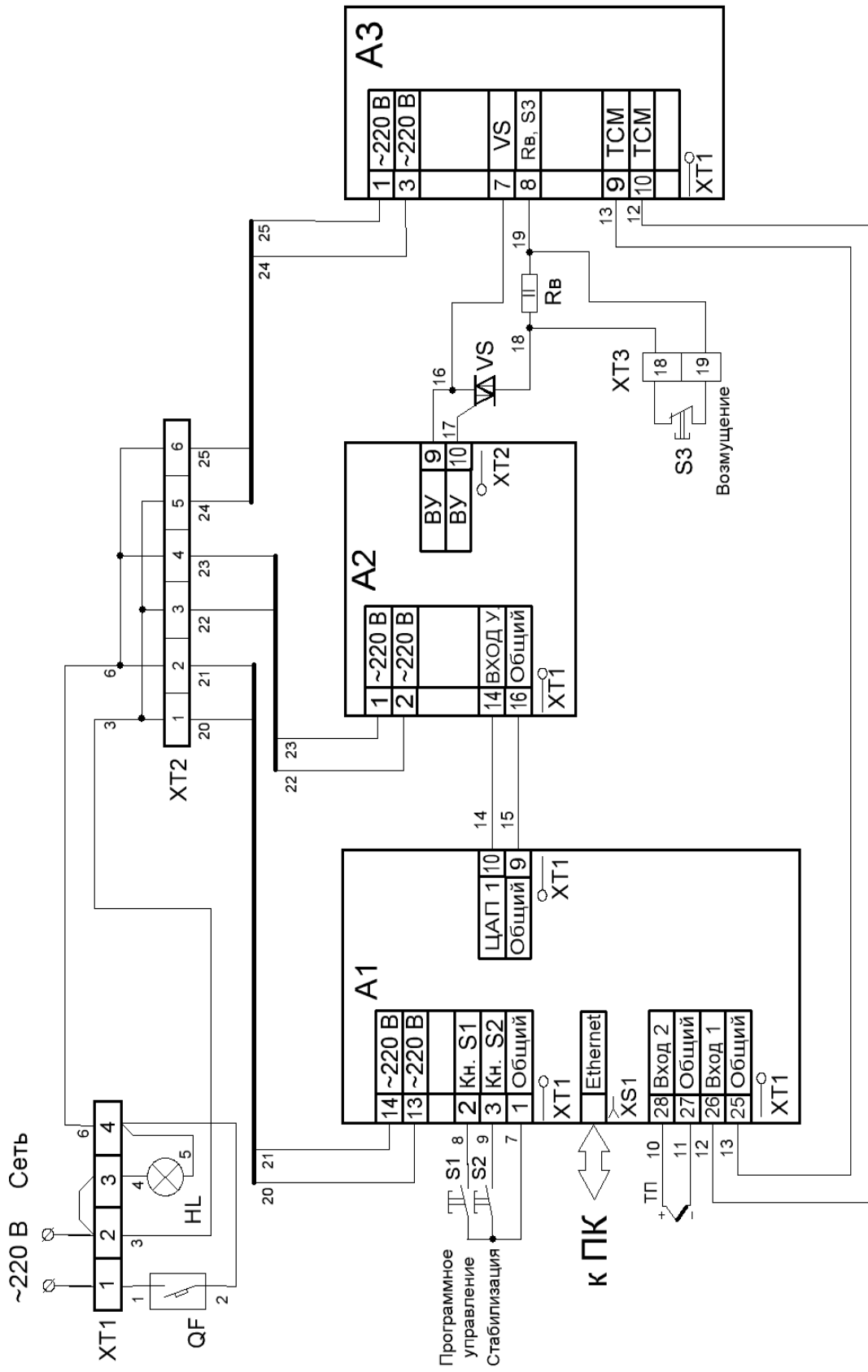


Рис. 22. Схема электрическая соединений элементов стенда

- S2 – кнопка включения режима стабилизации температуры;
- S3 – кнопка введения дополнительного сопротивления в цепь эмулятора печи;
- VS – симистор;
- Rв – дополнительное сопротивление.

При включении автоматического выключателя **QF** в схему подается напряжение, загорается контрольная лампа **HL** (СЕТЬ).

При нажатии кнопки **S1** в контроллере запускается режим программного управления.

При подаче на вход **IN** генератора импульса **TP** логической единицы (см. подраздел 4.4.2. рис. 15), начинается отсчет времени, заданный на вход **PT**= 10 мин. С выхода блока **Q** на вход блока **SEL** (блок выборки) поступает сигнал, отличный от нуля, поэтому на выход блока **SEL** подается значение, поступающее с третьего входа данного блока. На этот вход поступает разность между заданной температурой нагрева и температурой окружающей среды. С выхода блока **SEL** значение **var1** подается на вход **IN** блока **RAMP**. Блок **RAMP** начинает из прямоугольного импульса выдавать зависимость трапецевидной формы, начиная от нуля до необходимой температуры, удержание ее, а затем спуск до нуля.

С блока **RAMP** значение **tr** поступает на вход блока **SEL**. Данный блок предназначен для развязки двух режимов работы. Так как с таймера **TOF** поступает 0 (режим стабилизации температуры не включен), на выход блока **SEL** будет подаваться значение, со второго входа.

Далее с блока **SEL** значение **var3** поступает на второй вход блока **ADD**. Этот блок производит суммирование значения температуры окружающей среды **pv_value2** с числом, поступающим с выхода блока **SEL**. Суммирование этих значений необходимо для того, чтобы нарастание температуры начиналось сразу после запуска программы от температуры окружающей среды.

Далее полученное значение поступает на ПИД-регулятор. В этом блоке обрабатываются данные, поступающие на вход регулятора и приходящие с термодатчика сопротивления, расположенного на эмуляторе печи.

С выхода ПИД-регулятора напряжение управления, через блок **МАХ**, убирающего отрицательные значения в выходном сигнале поступает на выход контроллера, а затем в БУСТ. В зависимости, какой величины поступает напряжение, БУСТ подаёт сигнал на открытие симистора, при этом загораются сигнальные лампы, расположенные на лицевой панели прибора. При открытии симистора по нагревательному элементу эмулятора печи начинает протекать ток.

Остановка режима программного управления происходит автоматически при обнулении выхода на функциональном блоке **RAMP** (см. подраздел 4.4.2, рис. 15).

При нажатии кнопки **S2** запускается режим стабилизации температуры.

При подаче на вход **IN** таймера **TOF** логической единицы (см. подраздел 4.4.2, рис. 15), начинается отсчет времени, заданный на вход **PT** = 7 мин. С выхода **Q** таймера, значение **var2** поступает на блок развязки **SEL**, и т. к. сигнал больше нуля, с блока **SEL**, будет выходить значение, поданное на третий вход. На этот вход подключен блок **SUB**, выдающий разность между заданной температурой и температурой окружающей среды. Также значение **var2** поступает на вход **RESET** блока **RAMP**, это нужно для того, чтобы при переходе с режима программного управления в режим стабилизации, когда работа программы не была закончена, обнулять выход блока **RAMP**. Далее значение **var3** поступает, как и в режиме программного управления, на вход блока **ADD**. Так как в этом случае на вход регулятора подаётся фиксированное значение, а не по нарастающей с нуля, выход на заданную температуру будет происходить намного быстрее.

Остановка происходит автоматически при обнулении таймера **TR**.

Кнопка **S3** предназначена для введения дополнительного сопротивления в цепь питания печи.

5.3. Исследование системы

Запуск системы

Цель исследования системы – познакомить студентов с функциональными возможностями и приёмами программирования контроллера ПЛК150 и блоком управления симисторами и тиристорами

БУСТ, применительно к задаче программного автоматического регулирования температуры в пропарочной камере.

Порядок проведения исследования:

1. Включить автоматический выключатель на лицевой панели стенда, при этом загораются сигнальная лампа «Сеть», а также индикатор «питание» и «работа» на контроллере;

2. На компьютере с рабочего стола запустить программу **CoDeSys** (щелкнуть ярлык **CoDeSys** два раза);

3. Подать команду меню **Online**→**Login**, устанавливающую связь с контроллером. На экране появится запрос в виде окна, на загрузку программы в контроллер. Нажать **Yes**, при этом индикатор «работа» на контроллере потухает, а загорается индикатор «связь».

После установления связи с контроллером можно приступить к исследованию работы системы в режимах программного управления и стабилизации температуры.

Режим программного управления

1. Подать команду меню **Online**→**Run** или нажать кнопку «старт – стоп» на контроллере;

2. Нажать кнопку **S1** на лицевой панели стенда, при этом произойдет запуск программы;

3. Запустить трассировку, для этого необходимо на компьютере, в открытой программе выбрать объект **Sampling Trace** на вкладке ресурсов организатора проекта (если окно трассировки не открыто), затем необходимо в контекстном меню запустить процесс трассировки «**StartTrace**» и считать буфер трассировки «**Auto Read Trace**».

На рис. 23 показано окно трассировки в режиме программного управления. Черным цветом показан прямоугольный импульс генератора импульса **TP** (см. подраздел 4.4.2, рис. 15), синим – импульс трапецевидной формы блока **RAMP**, красным – сигнал, выходящий с контроллера, и зеленым – сигнал обратной связи с термодатчика сопротивления.

В период времени, когда происходит нарастание температуры, (ограничено пунктирными линиями 1 и 2), с выхода контроллера поступает периодичный максимальный сигнал. Далее сигнал уменьшается (промежуток времени от линии 2 до линии 3), при этом происходит удержании температуры на заданном уровне. В конце цикла (промежуток времени от линии 3 до линии 4), проис-

ходит плавное остывание печи естественным способом, при этом на выходе контроллера сигнал отсутствует.

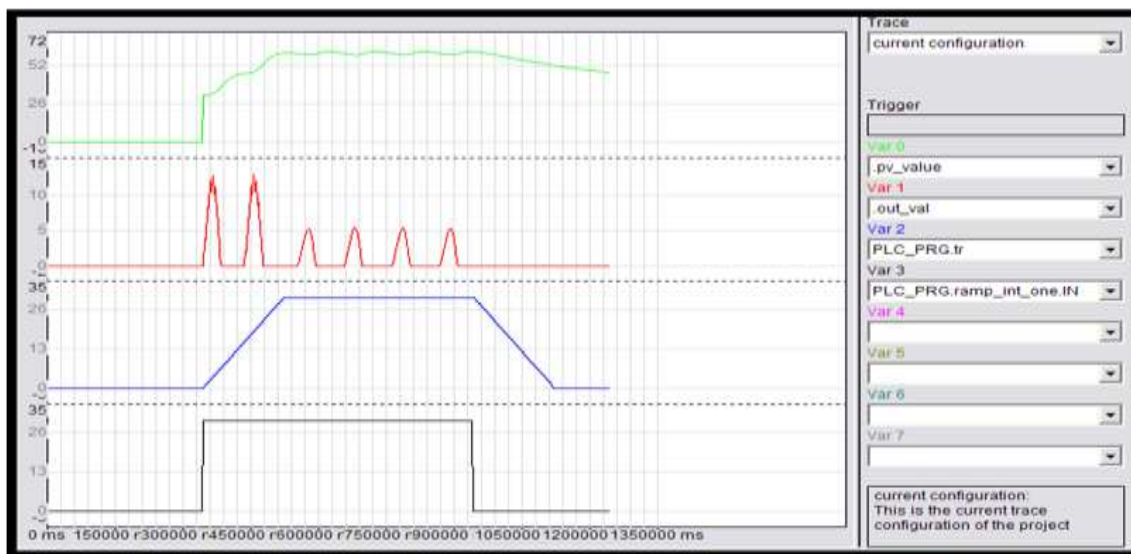


Рис. 23. Окно Sampling Trace в режиме программного управления

Для правильной работы, при переключении с одного режима на другой необходимо, чтобы работа программы была остановлена автоматически, выход блока **SEL** – **var3** должен обнулиться, также необходимо полное остывание эмулятора печи, т. е. температура с датчика печи должна быть приблизительно равна температуре, приходящей с датчика измеряющего температуру окружающей среды. Это контролируется в режиме установленной связи с контроллером в окне **PLC_PRG**. В месте подключения датчиков **pv_value** и **pv_value2** отображается реальная температура.

Режим стабилизации температуры

1. Подать команду меню **Online**→**Run** или нажать кнопку «старт – стоп» на контроллере;
2. Нажать кнопку **S2** на лицевой панели стенда, при этом произойдет запуск программы;
3. Запустить трассировку, для этого необходимо на компьютере в открытом окне **Sampling Trace** в контекстном меню запустить процесс трассировки «**Start Trace**» и считать буфер трассировки «**Auto Read Trace**».

На рис. 24 показано окно трассировки в режиме стабилизации температуры, красным показан сигнал, выходящий с контроллера, зеленым – сигнал обратной связи с термодатчика сопротивления.

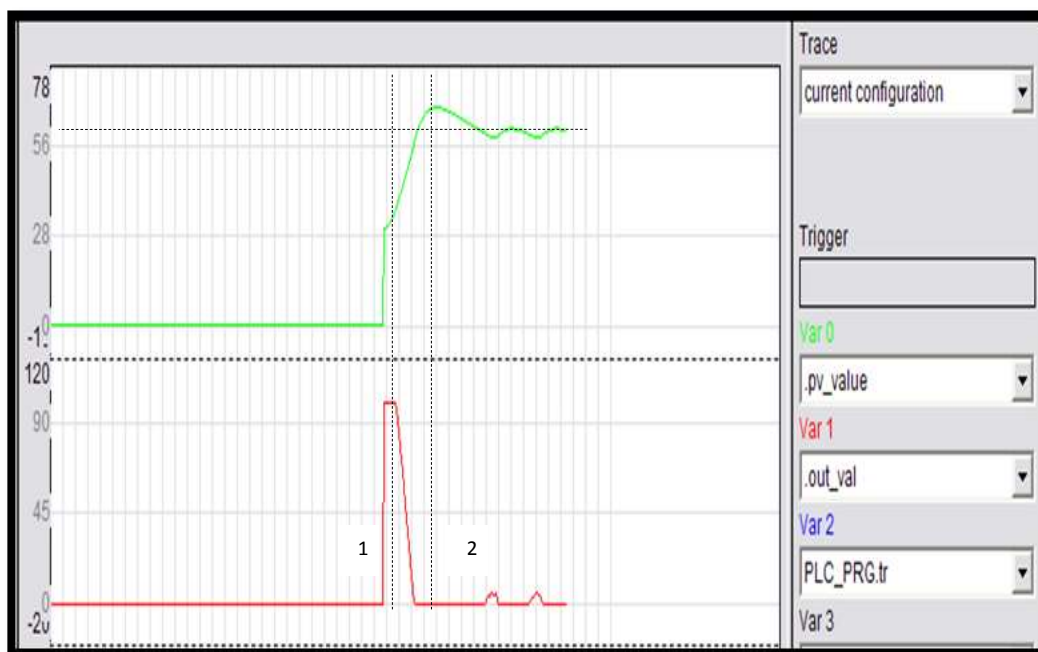


Рис. 24. Окно Sampling Trace
в режиме стабилизации температуры

В момент включения режима стабилизации с выхода контроллера сразу поступает максимальный сигнал (промежуток времени от линии 1 до линии 2), который удерживается до достижения необходимой температуры. Далее поддержание температуры происходит небольшими импульсами.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение и технические данные ПЛК150.
2. Встроенные интерфейсы контроллера.
3. Входы/выходы контроллера: их виды и количество.
4. CodeSys: назначение, состав редакторов.
5. Этапы программирования контроллера в среде CodeSys на выполнение поставленной задачи автоматизации.
6. Какой язык программирования использован при создании проекта программы автоматического регулирования температуры в камере?
7. Назовите функциональные блоки программы авторегулирования температуры в камере.

8. Назовите переменные программы авторегулирования температуры.

9. Программируемые параметры настройки ПИД-регулятора и задатчика температуры в программе функционирования контроллера.

10. Состав элементов стенда для исследования САР температуры, выполненной на базе ПЛК150.

11. Работа САР в режиме программного управления температурой в камере – поясните графики переменных.

12. Поясните графики переменных при работе САР в режиме стабилизации температуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Контроллер программируемый логический ПЛК150: паспорт и руководство по эксплуатации. – Москва: ОВЕН, 2007. – 41 с.

2. Руководство пользователя по программированию ПЛК в CodeSys 2.3: документация на компакт-диске фирмы 3S. – Смоленск, 2006. – 453 с.

3. Петров И. В. Программируемые контроллеры. Практическое применение языков стандарта МЭК 61131-3 / под ред. В. П. Дьяконова. – Москва: СОЛОН-Пресс, 2003. – 256 с.