

Федеральное агентство по образованию

*АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ*

*Серия «Учебно-методический комплекс дисциплины»*

А.Н. Рыбалев

**Программируемые логические  
контроллеры и аппаратура управления:  
лабораторный практикум  
Часть 3  
Овен ПЛК 150 и модули МВА8 и МВУ8**

*Учебное пособие*

Благовещенск  
2010

*Печатается по решению  
редакционно-издательского совета  
энергетического факультета  
Амурского государственного  
университета*

Рыбалев А.Н. Программируемые логические контроллеры и аппаратура управления: лабораторный практикум. Учебное пособие. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2010.

Пособие предназначено для студентов специальности 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств», изучающих дисциплины «Технические средства автоматизации», «Автоматическое управление энергетическими установками», «Автоматизация технологических процессов» и выполняющих лабораторные работы по данным дисциплинам. Может быть также использовано при выполнении курсовых и дипломных проектов.

*Рецензенты:* А.В. Бушманов, заведующий кафедрой информационных и управляющих систем АмГУ, канд. техн. наук, доцент;  
А.И. Яшин, главный инженер Благовещенской ТЭЦ, канд. техн. наук, доцент.

***В авторской редакции***

© Амурский государственный университет, 2010  
© Рыбалев А.Н., 2010

## **СОДЕРЖАНИЕ**

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b> .....	<b>4</b>
<b>ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ</b> .....	<b>6</b>
1. Знакомство с языками программирования стандарта МЭК 61131-3. Программа управления светофором для контроллера Овен ПЛК 150 .....	6
2. Программа управления кодовым замком для контроллера Овен ПЛК 150 .....	23
3. Управление электрическими исполнительными механизмами постоянной скорости.....	33
4. Управление пневматическими исполнительными механизмами .....	44
5. Разработка системы программного управления позиционированием с использованием графопостроителя.....	59
6. Конфигурирование модулей ввода-вывода .....	63
7. Организация сетевого обмена между контроллером и модулями ввода- вывода.....	84
8. Разработка монитора реального времени для лабораторной установки. 91	
9. Разработка технологических программ для лабораторной установки. 102	
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ. Краткое техническое описание приборов и устройств лабораторных стендов</b> .....	<b>115</b>
1. Регулятор аналоговый Р17.3 .....	115
2. Преобразователь частоты SJ100 .....	118
3. Устройство задающее токовое ЗУ05 .....	121
4. Блок управления аналогового регулирования БУ 12 .....	122
5. Блок управления релейного регулятора БУ21 .....	124
6. Тиристорный регулятор напряжения (ТРН).....	125
7. ПЛК 150.....	130
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК</b> .....	<b>136</b>

## ***ПРЕДИСЛОВИЕ***

Учебное пособие содержит теоретические сведения, задания и контрольные вопросы к лабораторным работам по следующим дисциплинам специальности 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств»:

«Технические средства автоматизации»;

«Автоматическое управление энергетическими установками»;

«Автоматизация технологических процессов».

Пособие может также использоваться как базовый материал для разработки лабораторных работ по дисциплинам «Микропроцессорные системы управления» и «Интегрированные системы проектирования и управления».

Лабораторные работы «начального уровня», посвященные знакомству с аппаратурой и программным обеспечением, в упрощенном виде могут выполняться в рамках изучения дисциплины «Практикум по контрольно-измерительным приборам и автоматике», изучаемой студентами специальности 220301 на III курсе. Методические указания к данным работам являются переработанными версиями разделов «Первые шаги» руководств к контроллерам и системам программирования.

Пособие состоит из трех частей.

Настоящая третья часть пособия содержит указания к выполнению лабораторных работ с применением приборов фирмы «Овен» (Россия): контроллера ПЛК 150, сетевых модулей ввода-вывода МВА8 и МВУ8 и других. Первые две работы посвящены освоению системы программирования контроллеров CoDeSys фирмы 3S и языков программирования стандарта МЭК 61131 IL, LD, FBD, SFC, ST, CFC, а также системы выполнения визуализаций CoDeSys Visualization. Третья и четвертая лабораторные работы проводятся с привлечением лабораторных стендов «Электрические исполнительные механизмы» и «Пневматические исполнительные механизмы». Студенты разрабатывают и реализуют схемы управления механизмами электрическими однооборотным и многооборотным, диафрагменным исполнительным механизмом, пневмоприводами поворота и схвата электропневматического робота. На основе этих схем строятся системы контроллерного управления механизмами. В пятой работе рассматривается система управления графопостроителем с помощью выходных аналоговых сигналов контроллера ПЛК 150. В последних четырех работах разрабатываются системы управления лабораторным объектом регулирования температуры на основе модулей ввода-вывода МВА8 и МВУ8. Проводятся работы по конфигурированию модулей, организации сетевого обмена между модулями и контроллером, реализации алгоритмов регулирования в контроллере, разработки прототипа АСУ ТП на основе монитора реального времени Trace Mode.

В приложении приведено краткое техническое описание используемых при проведении лабораторных работ приборов и устройств. Материал дополняет теоретические сведения, приведенные в каждой работе, и может использоваться при выполнении курсовых и дипломных проектов по специальности 220301.

Разработка учебного пособия «Программируемые логические контроллеры и аппаратура управления» является очередным этапом многолетней работы, проводимой на кафедре автоматизации производственных процессов и электротехники по совершенствованию лабораторной базы специальности 220301. Большинство лабораторных стендов, описанных в пособии, разработаны и смонтированы преподавателями кафедры и студентами под их руководством.

Лабораторные стенды «Электрические исполнительные механизмы» и «Пневматические исполнительные механизмы» разработаны и смонтированы Редозубовым Р.Д. Им же подготовлена большая часть заданий к лабораторным работам на этих стендах.

Программно-технический комплекс на основе контроллера ПЛК 150 и модулей ввода-вывода разработан Рыбалевым А.Н. и смонтирован под его руководством выпускниками Пигур Д.А., Пилипенко К.А., Чебановым Е.П. Помимо них разработкой программного обеспечения комплекса занимались выпускники Овсянников А.И., Нефедов А.А. Большая часть аппаратуры стендов бесплатно поставлена фирмой «Овен» в 2007 году.

Огромную работу по монтажу лабораторных стендов выполнил высококвалифицированный рабочий кафедры АПП и Э Харьков В.П. Во многом благодаря ему внешний вид и содержание стендов соответствуют самым высоким требованиям.

## ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

### 1. Знакомство с языками программирования стандарта МЭК 61131-3. Программа управления светофором для контроллера Овен ПЛК 150

#### Цели работы:

знакомство со средой программирования контроллеров CoDeSys;  
знакомство с языками программирования стандарта МЭК 61131-3.

#### Программа работы

В этой работе создается программа-пример управления движением на перекрестке, имеющем светофоры для двух пересекающихся направлений движения.

В примере будет показано, как управляемые по времени процессы можно представить средствами языков стандарта МЭК 61131-3, как можно комбинировать различные языки в среде программирования контроллеров CoDeSys.

#### *Создание POU*

Запустите CoDeSys и выберите «File» «New».

В появившемся окне Target Setting (настройки целевого оборудования) выберите тип контроллера: ПЛК 150 IM. Все настройки оставьте без изменения.

В окне диалога определим первый POU (*Program Organization Unit – программный компонент*). По умолчанию он получает наименование PLC\_PRG. Не изменяйте его. Тип этого POU, безусловно, должен быть – программа. Каждый проект должен иметь программу с таким именем. В качестве языка программирования данного POU мы выберем язык Continuous Function Chart (CFC).

Теперь создадим еще три объекта. Воспользуйтесь командой «Project» «Object Add» в системном или в контекстном (нажмите правую кнопку мыши в окне Object Organizer) меню. Создайте: программу на языке Sequential Function Chart (SFC) с именем SEQUENCE, функциональный блок на языке Function Block Diagram (FBD) с именем TRAFFICSIGNAL и еще один аналогичный блок – WAIT, который мы будем описывать на языке Список Инструкции (IL).

В POU TRAFFICSIGNAL мы сопоставим определенные стадии процесса соответствующим цветам. То есть мы определим, что красный свет зажжен в красной стадии и в желто-красной стадии, желтый свет в желтой и желто-красной стадии и т.д.

В WAIT мы создадим простой таймер, который на вход получает длину стадии в миллисекундах и на выходе выдает состояние ИСТИНА по истечении заданного периода времени.

В SEQUENCE все будет объединено так, чтобы нужные огни зажигались в правильное время и на нужный период времени.

В PLC\_PRG вводится входной сигнал включения, разрешающий начало работы светофора, и «цветовые команды» каждой лампы, связанные с соответствующими выходами аппаратуры.

### Объявления «TRAFFICSIGNAL»

Вернемся теперь к POU TRAFFICSIGNAL. В редакторе объявлений определите входную переменную (между ключевыми словами VAR\_INPUT и END\_VAR) по имени STATUS типа INT. STATUS будет иметь четыре возможных состояния, определяющие соответствующие стадии - зеленая, желтая, желто-красная и красная.

Поскольку наш блок TRAFFICSIGNAL имеет три выхода, нужно определить еще три переменных RED, YELLOW и GREEN. Теперь раздел объявлений блока TRAFFICSIGNAL должен выглядеть так, как показано на рис. 1.

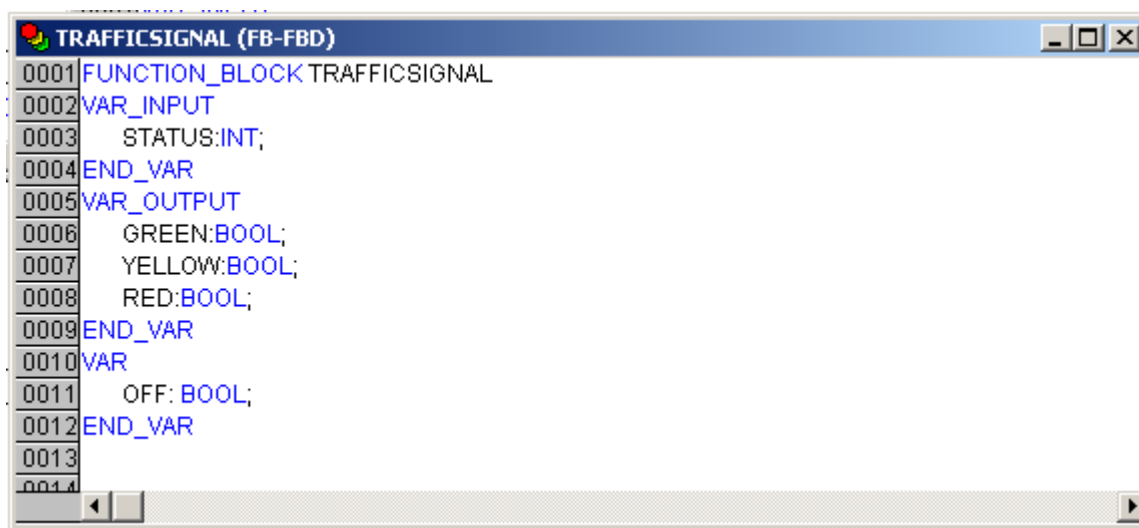


Рис. 1. Функциональный блок TRAFFICSIGNAL, раздел объявлений

### Программирование «TRAFFICSIGNAL»

Перейдите в раздел кода POU. Щелкните на поле слева от первой цепи (серая область с номером 1). Вы выбрали первую цепь. Теперь дайте команду меню «Insert» «Box». В первой цепи будет вставлен прямоугольник с оператором AND и двумя входами. Щелкните мышкой на тексте AND и замените его на EQ.

Три знака вопроса около верхнего из двух входов замените на имя переменной STATUS. Для нижнего входа вместо трех знаков вопроса нужно поставить 1.

Щелкните теперь на месте позади прямоугольника EQ. Теперь выбран выход EQ. Выполните команду меню «Insert» «Assignment».

Измените три вопроса ??? на GREEN.

STATUS сравнивается с 1, результат присваивается GREEN. Таким образом, GREEN будет включен, когда STATUS равен 1.

Для других цветов TRAFFICSIGNAL нам понадобятся еще две цепи. Создаете их командой «Insert» «Network (after)». Законченный POU должен выглядеть следующим образом (рис. 2).

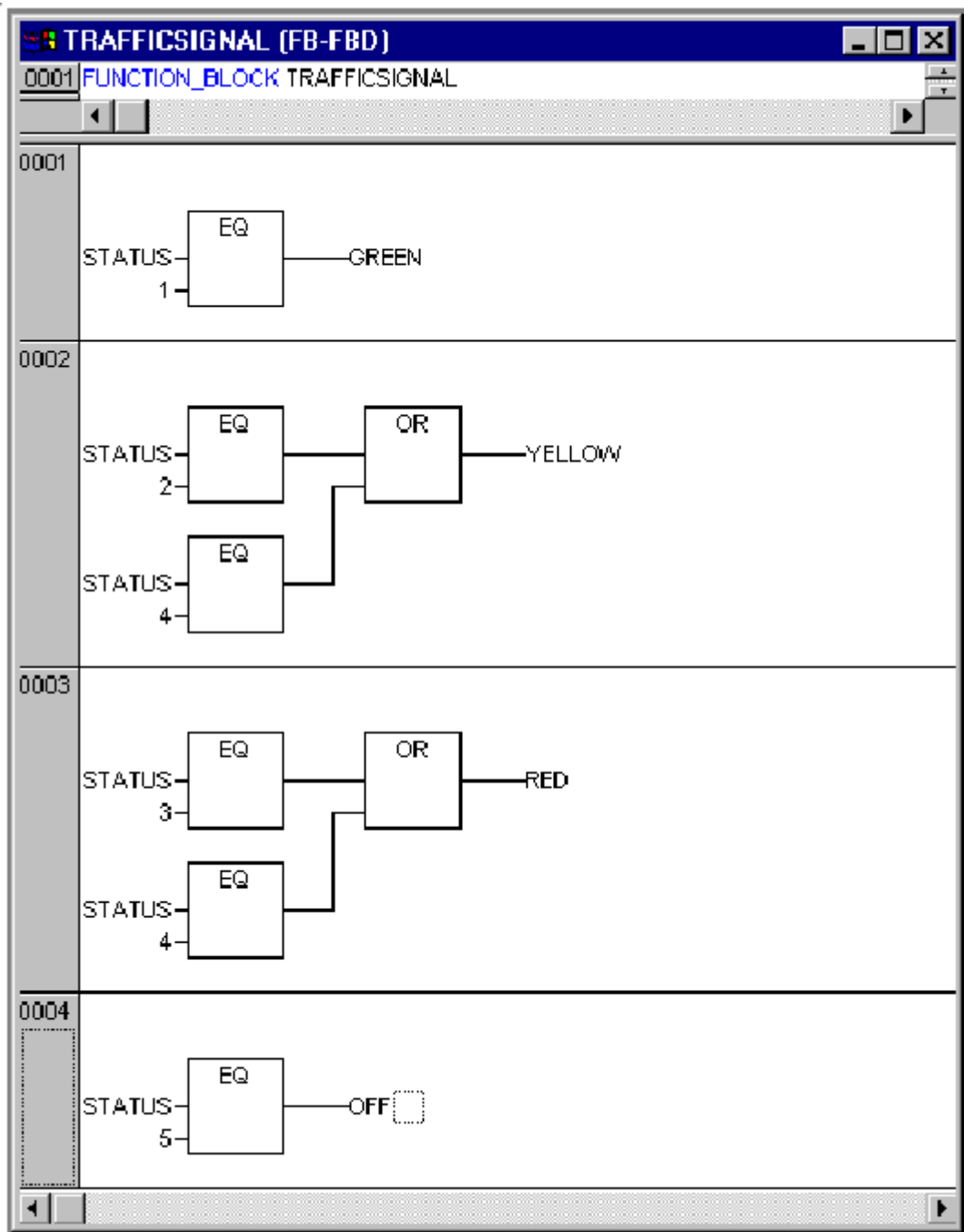


Рис. 2. Функциональный блок TRAFFICSIGNAL

Чтобы вставить оператор перед входом другого оператора, Вы должны выделить сам вход, а не текст (выделяется прямоугольником). Далее используйте команду «Insert» «Operator».

Первый POU закончен. Как и планировалось, TRAFFICSIGNAL будет управлять включением выходов, руководствуясь значением переменной STATUS. Постарайтесь самостоятельно разобраться с логикой его работы.

#### *Подключение standard.lib*

Для создания таймера в POU WAIT нам понадобится POU из стандартной библиотеки. Откройте менеджер библиотек командами «Window» «Library Manager». Выберите «Insert» «Additional library».



Должно открыться диалоговое окно выбора файлов. Выберете standard.lib из списка библиотек.

### Объявления «WAIT»

Теперь вернемся к POU WAIT. Как предполагалось, этот POU будет работать таймером, задающим длительность стадий TRAFFICSIGNAL. Наш POU должен иметь входную переменную TIME типа TIME и генерировать на выходе двоичную (Boolean) переменную, которую мы назовем OK. Данная переменная должна принимать значение TRUE, когда желательный период времени закончен.

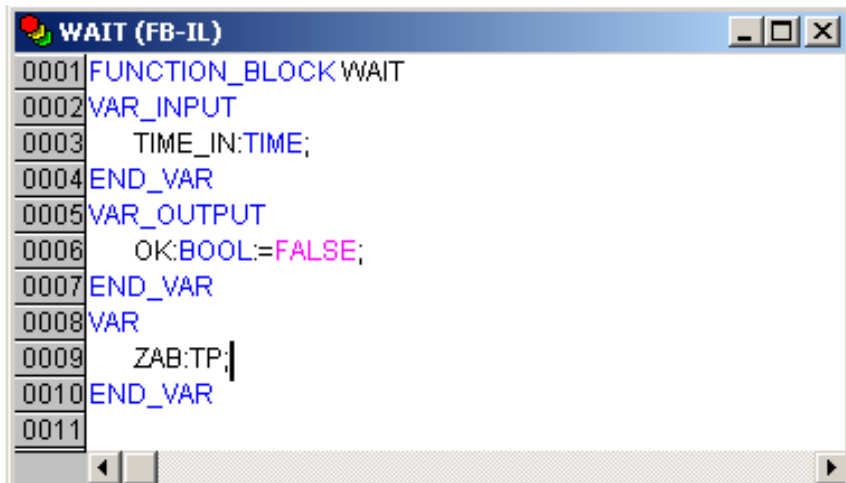
Предварительно мы устанавливаем эту переменную в FALSE в конце строки объявления « := FALSE».

Нам потребуется генератор времени POU TP. Он имеет два входа (IN, PT) и два выхода (Q, ET). TP делает следующее:

Пока IN установлен в FALSE, ET будет 0 и Q будет FALSE. Как только IN переключится в TRUE, выход ET начнет отсчитывать время в миллисекундах. Когда ET достигнет значения заданного PT, счет будет остановлен. Тем временем выход Q равен TRUE, пока ET меньше PT. Как только ET достигнет значения PT, выход Q снова переключится в FALSE.

Чтобы использовать TP в POU WAIT, мы должны создать его локальный экземпляр. Для этого мы объявляем локальную переменную ZAB (отсчитанное время) типа TP (между ключевыми словами VAR, END\_VAR).

Раздел объявлений WAIT теперь должен выглядеть, как показано на рис. 3.



```
0001 FUNCTION_BLOCK WAIT
0002 VAR_INPUT
0003     TIME_IN:TIME;
0004 END_VAR
0005 VAR_OUTPUT
0006     OK:BOOL:=FALSE;
0007 END_VAR
0008 VAR
0009     ZAB:TP;
0010 END_VAR
0011
```

Рис. 3. Раздел объявлений WAIT

### Программирование «WAIT»

Сначала проверяется, установлен ли Q в TRUE (возможно, отсчет уже запущен), в этом случае мы не трогаем установки ZAB, а вызываем функциональный блок ZAB без входных переменных - чтобы проверить, закончен ли период времени.

```

0001
0002 LD ZAB.Q
0003 JMPC mark
0004
0005 CAL ZAB(IN:=FALSE)
0006 LD TIME_IN
0007 ST ZAB.PT
0008 CAL ZAB(IN:=TRUE)
0009 JMP end
0010
0011 mark:
0012 CAL ZAB
0013 end:
0014 LDN ZAB.Q
0015 ST OK
0016 RET
0017
0018
0019

```

Рис. 4. Текст программы WAIT

Иначе мы устанавливаем переменную IN ZAB в FALSE и одновременно ET в 0 и Q в FALSE. Таким образом, все переменные установлены в начальное состояние. Теперь мы устанавливаем необходимое время TIME переменной PT и вызываем ZAB с IN:=TRUE. Функциональный блок ZAB теперь будет работать, пока не достигает значения TIME и не установит Q в FALSE.

Инвертированное значение Q будет сохраняться в переменной OK после каждого выполнения WAIT. Как только Q станет FALSE, OK примет значение TRUE.

### «SEQUENCE», версия 1

Сначала объявим необходимые переменные. Это входная переменная START типа BOOL, две выходных переменные TRAFFICSIGNAL1 и TRAFFICSIGNAL2 типа INT и одна типа WAIT DELAY (рис. 5).

```

0001 PROGRAM SEQUENCE
0002 VAR_INPUT
0003   START:BOOL;
0004 END_VAR
0005 VAR_OUTPUT
0006   TRAFFICSIGNAL1:INT;
0007   TRAFFICSIGNAL2:INT;
0008 END_VAR
0009 VAR
0010   COUNTER:INT;
0011   DELAY:WAIT;
0012 END_VAR

```

Рис. 5. Объявления SEQUENCE

### Создание SFC диаграммы

Первоначально SFC граф всегда состоит из этапа «Init» перехода «Trans0» и возврата назад к Init. Нам придется несколько дополнить его.

Прежде чем программировать конкретные этапы и переходы, выстроим структуру графа. Сначала нам понадобятся этапы для каждой стадии TRAFFICSIGNAL. Вставьте их, отмечая Trans0 и выбирая команды «Insert» «Step transition (after)». Повторите эту процедуру еще три раза.

Для редактирования названия перехода или этапа нужно просто щелкнуть мышкой на нужном тексте. Назовите первый переход после Init «START», а все прочие переходы «DELAY.OK».

Первый переход разрешается, когда START устанавливается в TRUE, все же прочие - когда DELAY в OK станет TRUE, т.е. когда заданный период закончится.

Этапы (сверху вниз) получают имена Switch1, Green2, Switch2, Green1, ну и Init, конечно, сохранит своё имя. Switch2 должен включать жёлтую фазу, в Green1 TRAFFICSIGNAL1 будет зеленым, в Green2 TRAFFICSIGNAL2 будет зеленым. Наконец, измените адрес возврата Init на Switch1. Если вы всё сделали верно, диаграмма должна выглядеть так, как показано на рис.6.

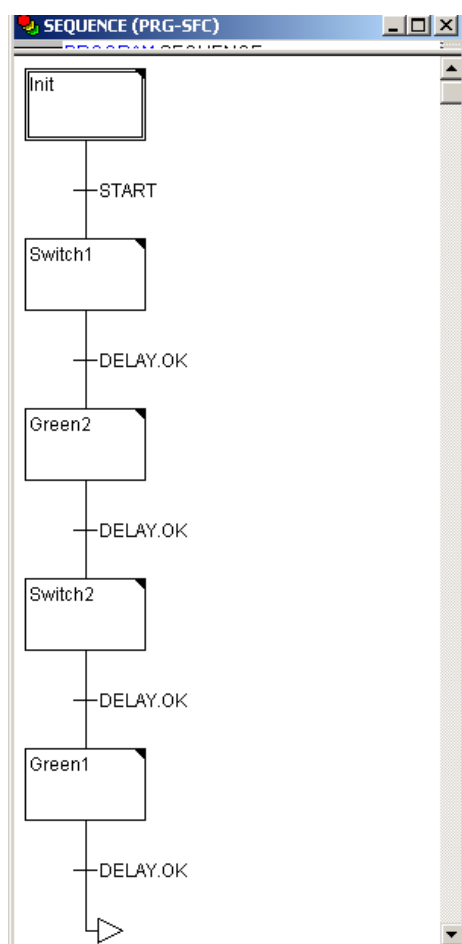


Рис. 6. Диаграмма SEQUENCE

Теперь мы должны запрограммировать этапы. Если вы сделаете двойной щелчок мышью на изображении этапа, то должен открыться диалог определе-

ния нового действия. В нашем случае мы будем использовать язык IL (Список Инструкций).

### *Программирование этапов и переходов*

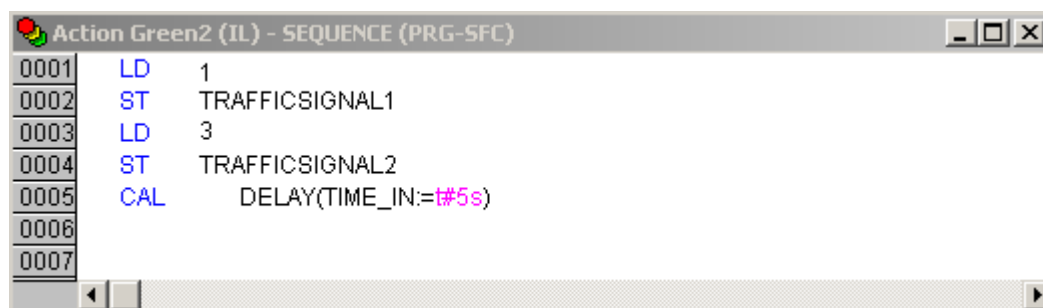
Во время действия этапа Init проверяем, активен сигнал включения START или нет. Если сигнал не активен, то светофор выключается. Этого можно достичь, если записать в переменные TRAFFICSIGNAL1 и TRAFFICSIGNAL2 число 5.



```
0001 LD 5
0002 ST TRAFFICSIGNAL1
0003 LD 5
0004 ST TRAFFICSIGNAL2
0005
0006
```

*Рис. 7. Программирование этапа Init*

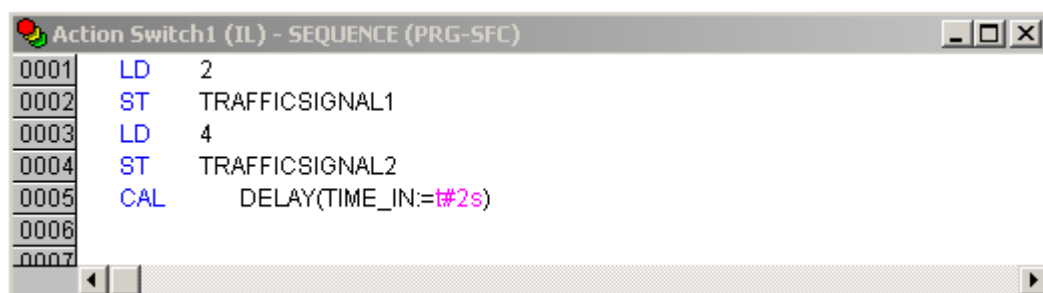
В Green1 TRAFFICSIGNAL1 будет зеленым (STATUS:=1), TRAFFICSIGNAL2 будет красным (STATUS:=3), задержка в 5000 миллисекунд.



```
0001 LD 1
0002 ST TRAFFICSIGNAL1
0003 LD 3
0004 ST TRAFFICSIGNAL2
0005 CAL DELAY(TIME_IN:=t#5s)
0006
0007
```

*Рис. 8. Программирование этапа Green1*

Switch1 изменяет состояние TRAFFICSIGNAL1 на 2 (жёлтое) и, соответственно, TRAFFICSIGNAL2 на 4 (жёлто-красное). Кроме того, теперь устанавливается задержка в 2000 миллисекунд.



```
0001 LD 2
0002 ST TRAFFICSIGNAL1
0003 LD 4
0004 ST TRAFFICSIGNAL2
0005 CAL DELAY(TIME_IN:=t#2s)
0006
0007
```

*Рис. 9. Программирование этапа Switch1*

Green2 включает красный в TRAFFICSIGNAL1 (STATUS:=3) и зеленый в TRAFFICSIGNAL2 (STATUS:=1). Задержка устанавливается в 5000 миллисекунд.

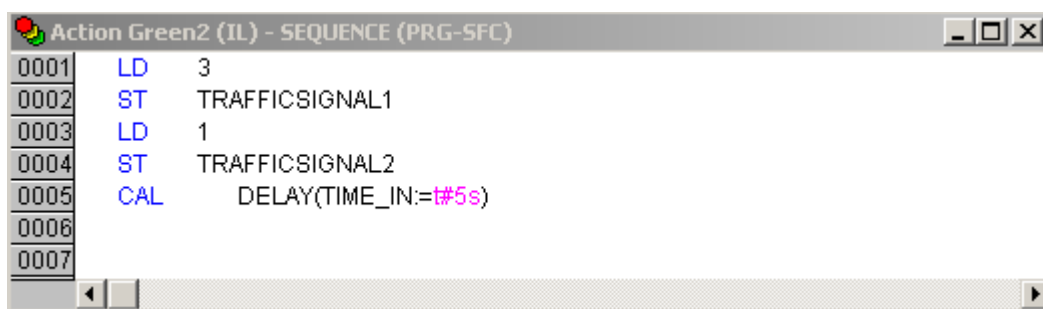


Рис. 10. Программирование этапа Green2

В Switch2 STATUS в TRAFFICSIGNAL1 изменяется на 4 (жёлто-красный), соответственно, TRAFFICSIGNAL2 будет 2 (жёлтый). Задержка теперь должна быть в 2000 миллисекунд.

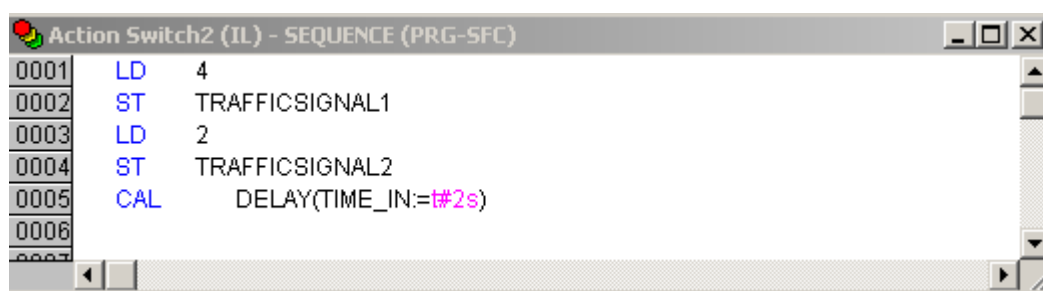


Рис. 11. Программирование этапа Green2

Первая версия нашей программы закончена.

Если вы хотите проверить ее работу в режиме эмуляции, сделайте следующее.

Откройте POU PLC\_PRG. Каждый проект начинает работу с PLC\_PRG. Вставьте в него компонент и замените «AND» на «SEQUENCE». Входы и выходы оставьте пока свободными.

Теперь вы можете откомпилировать («Project» «Build») и её проверить отсутствие ошибок. В окне сообщений вы должны увидеть текст: «0 Errors, 0 Warnings».

Теперь включите флажок «Online» «Simulation» и дайте команду «Online» «Login». Запустите программу «Online» «Run».

Откройте программу SEQUENCE. Программа запущена, но не работает, поскольку переменная START должна иметь значение TRUE. Далее это будет делать PLC\_PRG, но сейчас вы можете изменить ее вручную. Для этого щелкните дважды мышью по объявлению этой переменной. Ее значение теперь выделено цветом и равно TRUE. Дайте команду записи значений переменных («Online» «Write values»).

Теперь вы можете понаблюдать за работой программы. Активные шаги диаграммы выделяются голубым цветом. Для продолжения редактирования программы закройте режим онлайн командой «Online» «Logout».

#### *«SEQUENCE», вторая версия*

Теперь немного усложним нашу программу. Разумно будет выключать наши светофоры на ночь. Для этого мы создадим в программе счетчик, который после некоторого числа циклов TRAFFICSIGNAL произведет отключение устройства.

Для начала нам нужна новая переменная COUNTER типа INT. Объявите её как обычно в разделе объявлений SEQUENCE.

Теперь выберите переход после Switch1 и вставьте ещё один этап и переход. Выберите результирующий переход и вставьте альтернативную ветвь вправо. После левого перехода вставьте дополнительный этап и переход. После нового результирующего перехода вставьте удаленный переход (jump) на Init.

Назовите новые части: верхний из двух новых этапов – «Count» и нижний – «Off». Переходы будут называться (сверху вниз слева на право) EXIT, TRUE и DELAY.OK. Теперь новые части должны выглядеть как на рис. 12.

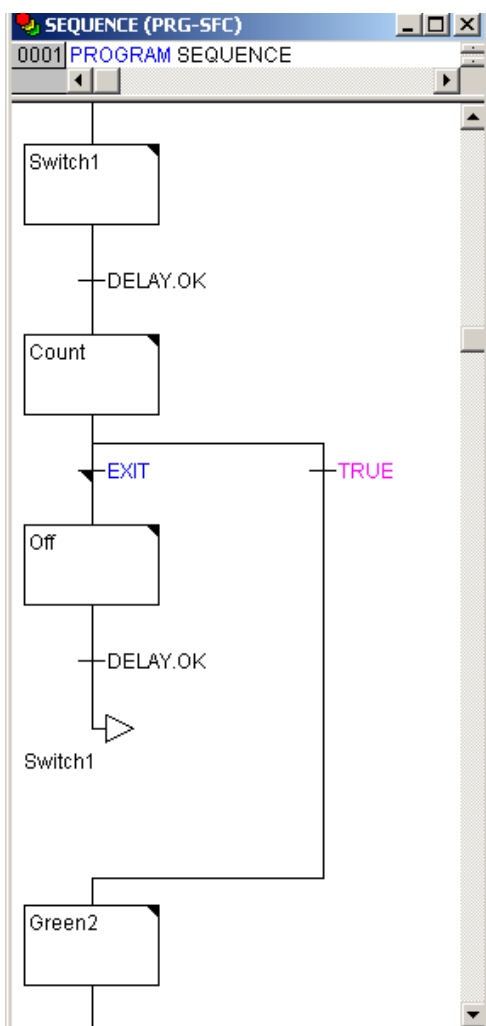


Рис. 12. Программа "SEQUENCE", раздел инструкций

Теперь два новых этапа и перехода необходимо наполнить содержанием.

На этапе Count выполняется только одно действие - COUNTER увеличивается на 1.

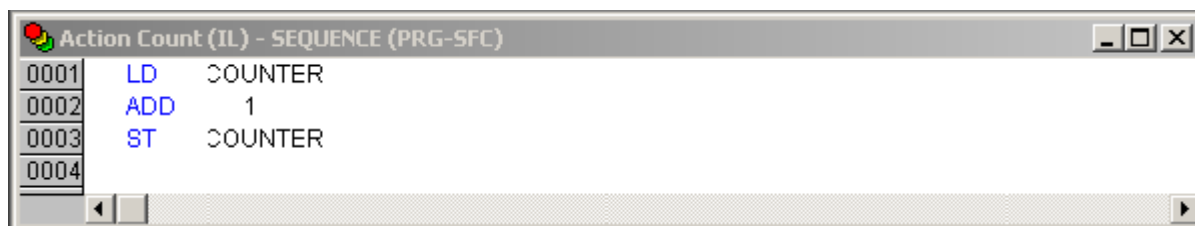


Рис. 13. Программирование этапа Count

На переходе EXIT проверяется достижение счетчиком заданного значения, например 7.



Рис. 14. Программирование перехода EXIT

На этапе Off состояние обоих светофоров устанавливается в 5 (светофор выключен), COUNTER сбрасывается в 0 и устанавливается задержка времени в 10 секунд.

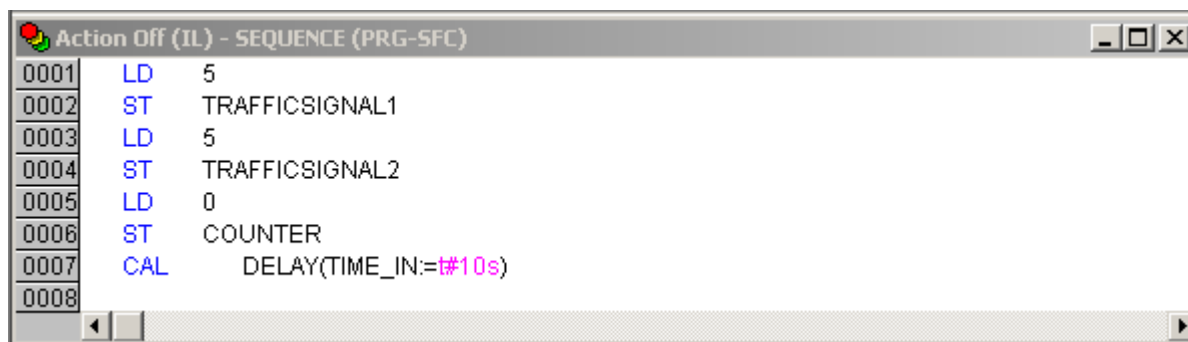


Рис. 15. Программирование этапа EXIT

В нашей гипотетической ситуации ночь наступает после семи циклов TRAFFICSIGNAL. Светофоры полностью выключаются до рассвета, и процесс повторяется снова. При желании вы можете еще раз проверить работу программы в эмуляторе, прежде чем продолжить ее усовершенствование.

### PLC\_PRG

Мы определили два строго коррелированных во времени светофора в блоке SEQUENCE. Теперь полностью закончим программу. Для этого необходимо распределить входные и выходные переменные в блоке PLC\_PRG. Мы хотим дать возможность запустить систему выключателем IN и хотим обеспечить переключение всех шести ламп (2 светофора) путем передачи «команд переключения» на каждом шаге SEQUENCE. Объявим теперь соответствующие Boolean переменные для всех шести выходов и одного входа, затем создадим программу и сопоставим переменные соответствующим адресам.

Следующий шаг – это объявление переменных LIGHT1 и LIGHT2 типа TRAFFICSIGNAL в редакторе объявлений.

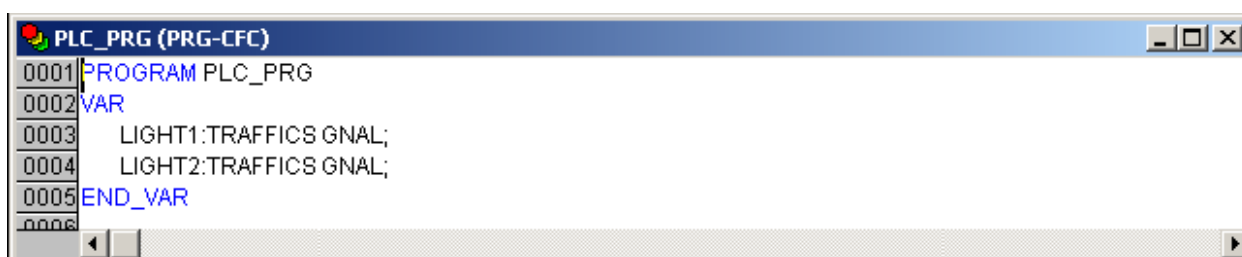


Рис. 16. Объявление LIGHT1 и LIGHT2

Для представления шести ламп светофоров нужно 6 переменных типа Boolean. Однако мы не будем объявлять их в разделе объявлений блока PLC\_PRG, вместо этого используем глобальные переменные (Global Variables) из ресурсов (Resources) и PLC Configuration.

Три переменные, управляющие лампами первого светофора, опишем в Global Variables, как показано на рис. 17.

Двоичная входная переменная IN, необходимая для установки переменной START блока SEQUENCE в TRUE, будет определена таким же образом. Выберите вкладку Resources и откройте список Global Variables.

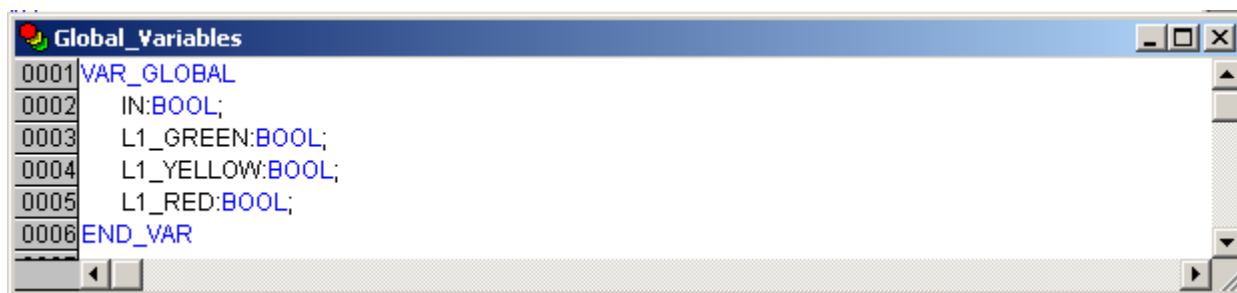


Рис. 17. Объявление глобальных переменных

Три переменные, управляющие лампами второго светофора (L2\_GREEN, L2\_YELLOW, L2\_RED), «привяжем» к реальным дискретным выходам контроллера (рис. 18). Для «назначения» имен выходам следует дважды щелкнуть на слове «АТ» и ввести имя.

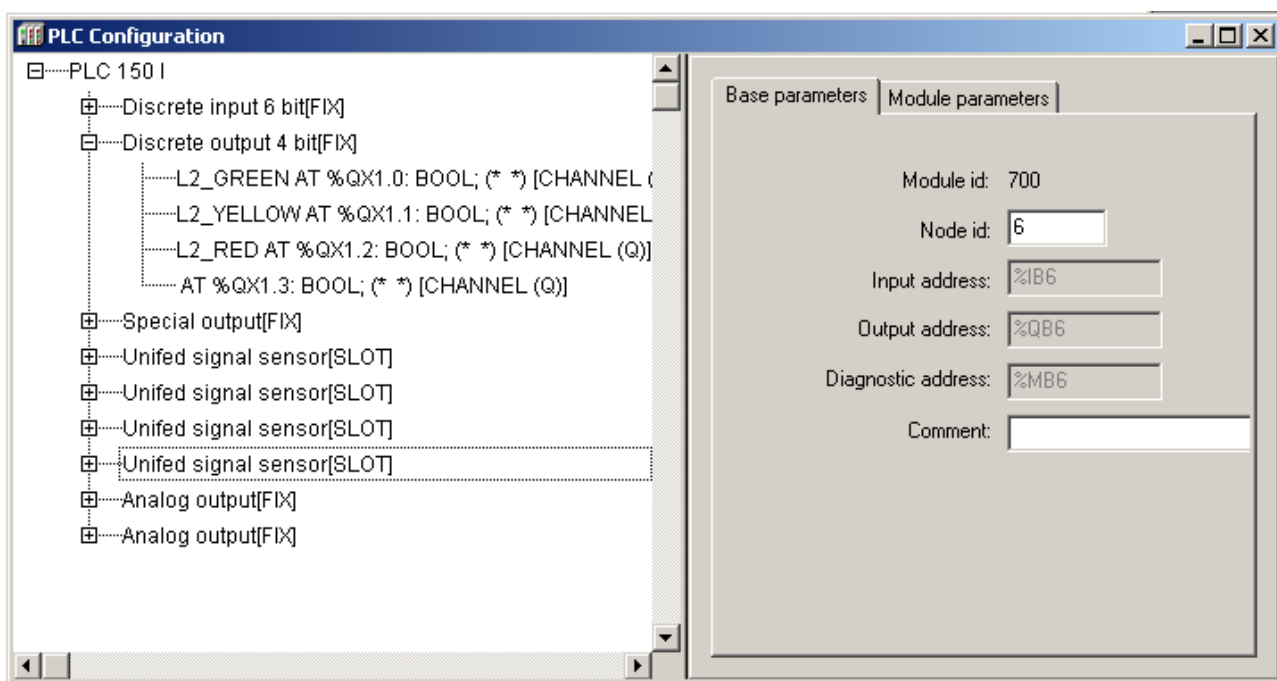


Рис. 18. Связывание переменных с выходами контроллера

Закончим PLC\_PRG. Для этого мы перейдем в окно редактора. Мы выбрали редактор Continuous Function Chart, и, следовательно, нам доступна соответствующая панель инструментов.

Щелкните правой клавишей мыши в окне редактора и выберите элемент Вых. Щелкните на тексте AND и напишите «SEQUENCE». Элемент автомати-



чески преобразуется в SEQUENCE с уже определенными входными и выходными переменными.

Вставьте далее два элемента и назовите их TRAFFICSIGNAL. TRAFFICSIGNAL – это функциональный блок, и, как обычно, Вы получите три красных знака вопроса, которые нужно заменить уже объявленными локальными переменными LIGHT1 и LIGHT2.

Теперь создайте элемент типа Input, который получит название IN и шесть элементов типа Output, которым нужно дать следующие имена: L1\_GREEN, L1\_YELLOW, L1\_RED, L2\_GREEN, L2\_YELLOW, L2\_RED.

Все элементы программы теперь на месте, и Вы можете соединять входы и выходы. Для этого щелкните мышью на короткой линии входа/выхода и тяните ее (не отпуская клавишу мыши) к входу/выходу нужного элемента.

Наконец Ваша программа должна принять вид, показанный ниже.

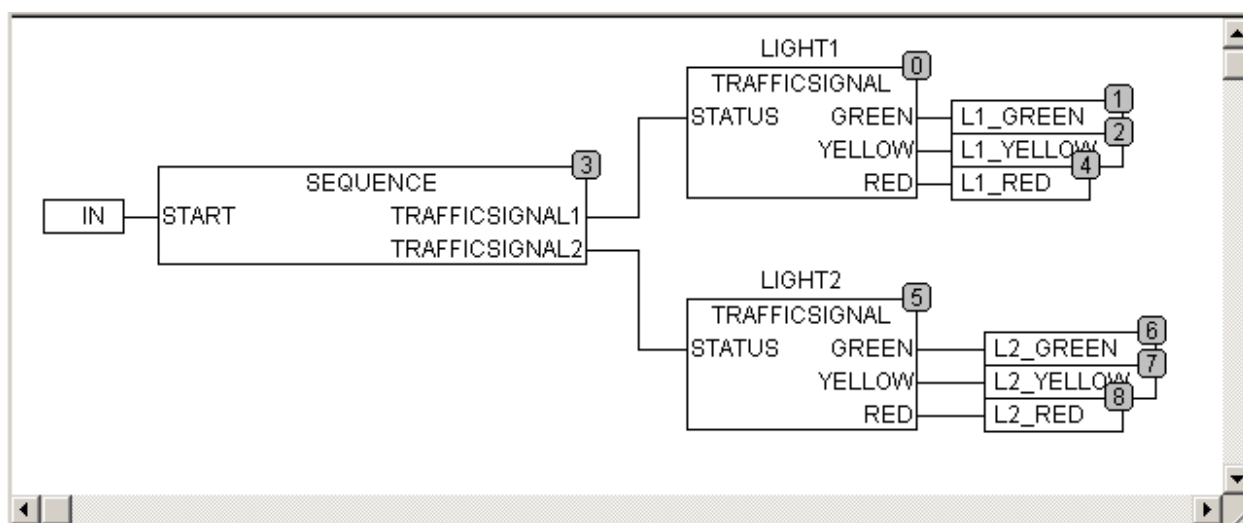


Рис. 19. PLC\_PRG

Теперь наша программа полностью готова.

### Эмуляция

Теперь проверьте окончательно вашу программу в режиме эмуляции. Убедитесь в правильности ее работы, контролируя последовательность выполнения и значения переменных в окнах редакторов CoDeSys.

### Визуализация примера

С помощью визуализации можно быстро и легко оживить переменные проекта. Сейчас мы нарисуем два светофора и их выключатель, который позволит нам включать и выключать блок управления светофором.

Для того чтобы создать визуализацию, выберите вкладку Visualizations в организаторе объектов. Теперь выполните команду «Project» «Object Add».

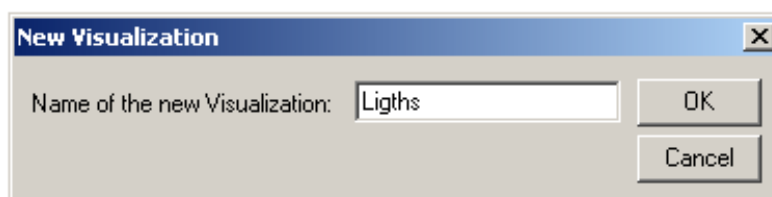


Рис. 20. Диалог для создания новой визуализации

Введите любое имя для визуализации, например Lights. Когда Вы нажмете кнопку Ok, откроется окно, в котором вы будете создавать визуализацию.

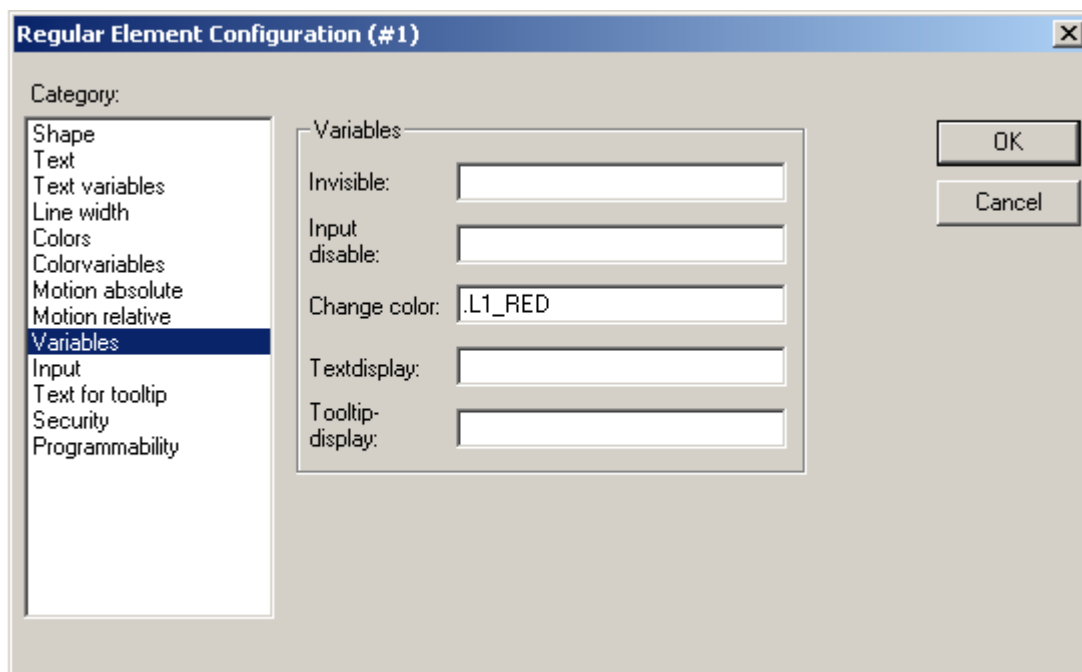
#### *Вставка элемента в визуализацию*

Для создания визуализации светофора выполните следующие действия:

выберите команду «Insert» «Ellipse» и нарисуйте окружность с диаметром около 2 сантиметров. Для этого щелкните мышью на рабочем поле и, удерживая левую кнопку мыши, растяните появившуюся окружность до требуемого размера;

дважды щелкните мышью на окружности. Появится диалоговое окно для настройки элемента визуализации;

выберите категорию Variables и в поле Change color введите имя переменной .L1\_RED. Вводить имя переменной удобно с помощью Input Assistant (клавиша <F2>). Глобальная переменная L1\_RED будет управлять цветом нарисованной Вами окружности;



*Рис. 21.* Конфигурация элемента визуализации

выберите категорию Color. В области Color нажмите кнопку Inside и в появившемся окне выберите любой нейтральный цвет, например, черный.

нажмите кнопку Inside в области Alarm Color и выберите красный цвет.

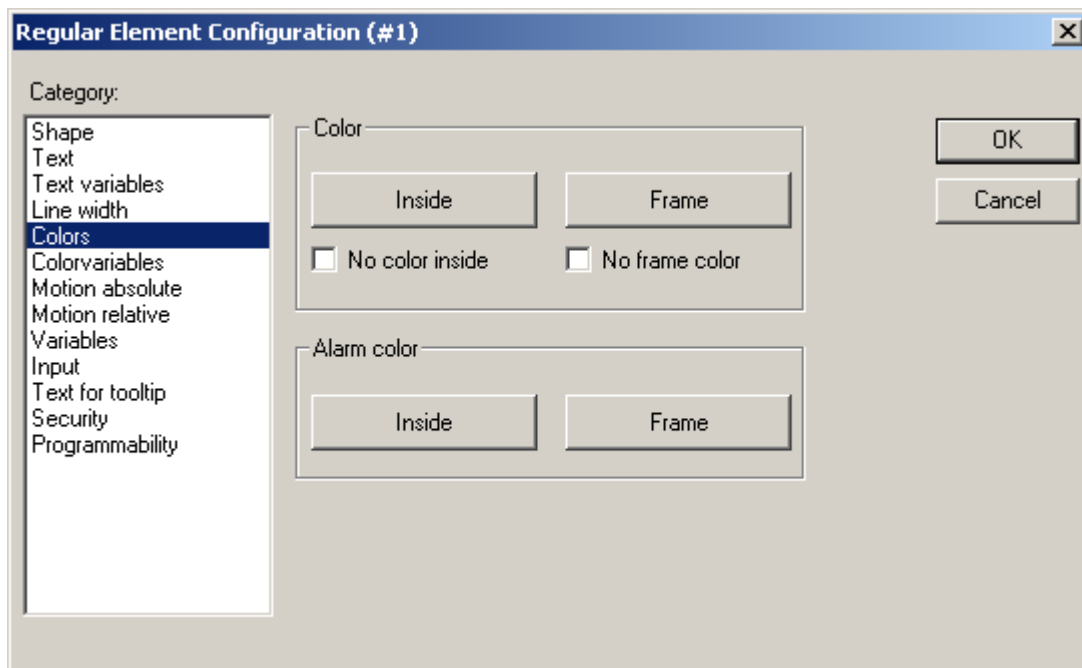


Рис. 22. Конфигурация элемента визуализации

Полученная окружность будет черной, когда значение переменной ложно, и красной, когда переменная истинна.

Таким образом, мы создали первый фонарь первого светофора.

Остальные цвета светофора создаются копированием.

Вызовите команду копирования «Edit» «Copy» (<Ctrl>+<C>) и дважды выполните команду вставки «Edit» «Paste»(<Ctrl>+<V>). Вы получите две новых окружности. Перемещать эти окружности можно с помощью мышки. Расположите их так, чтобы они представляли собой вертикальный ряд в левой части окна редактора. Двойной щелчок по окружности приводит к открытию окна для настройки свойств элемента визуализации. В поле Change Color окон настройки свойств соответствующих окружностей введите следующие переменные:

для средней окружности: `.L1_YELLOW`,

для нижней окружности: `.L1_GREEN`.

В категории Color в области Alarm color установите цвета окружностей (желтый и зеленый).

### *Корпус светофора*

Теперь вызовите команду «Insert» «Rectangle» и вставьте прямоугольник так, чтобы введенные ранее окружности находились внутри него. Выберите цвет прямоугольника и затем выполните команду «Extras» «Send to back», которая переместит его на задний план. После этого окружности снова будут видны.

Активизируйте режим эмуляции, выполнив команду «Online» «Simulation» (режим эмуляции активен, если перед пунктом меню «Online» «Simulation» стоит галочка).

Запустите программу путем выполнения команд «Online» «Login» и «Online» «Run» и вы увидите, как будут меняться цвета светофора.

### *Второй светофор.*

Самый простой способ создать второй светофор – скопировать все элементы первого. Выделите элементы первого светофора и скопируйте их, выполнив команды «Edit» «Copy» и «Edit» «Paste». Замените имена переменных, управляющих цветами (например, .L1\_RED на .L2\_RED), и второй светофор будет готов.

### *Переключатель ON.*

Как описано выше, вставьте прямоугольник, установите его цвет и введите переменную .IN в поле Change Color категории Variables. В поле Content категории Text введите имя «ON».

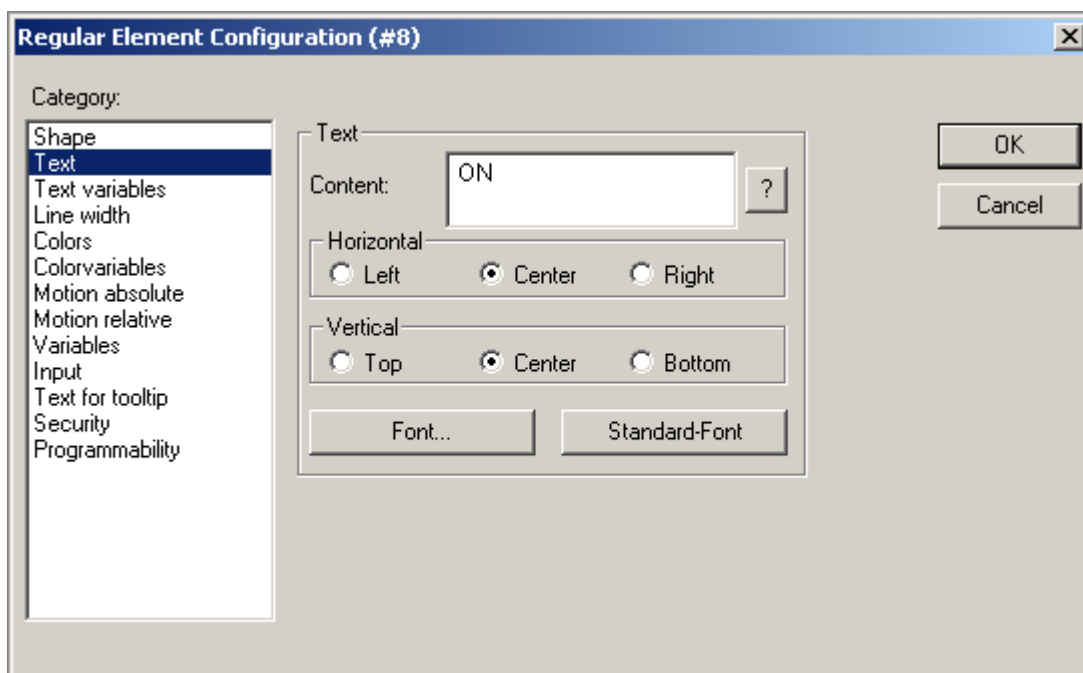


Рис. 23. Конфигурация элемента визуализации

Для того чтобы переменная IN переключалась при щелчке мышкой на этом элементе, в поле Toggle variable категории Input введите переменную .IN. Созданный нами переключатель будет включать/выключать светофоры.

Отобразить включенное состояние можно цветом, как и для светофора. Впишите переменную в поле Change Color.

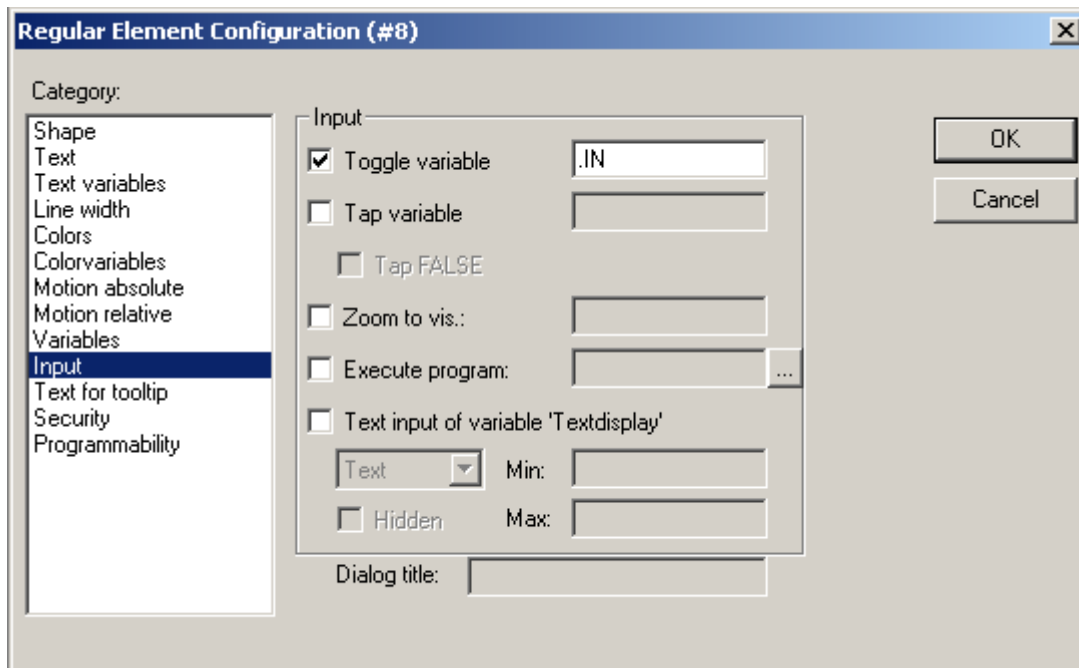


Рис. 24. Конфигурация элемента визуализации

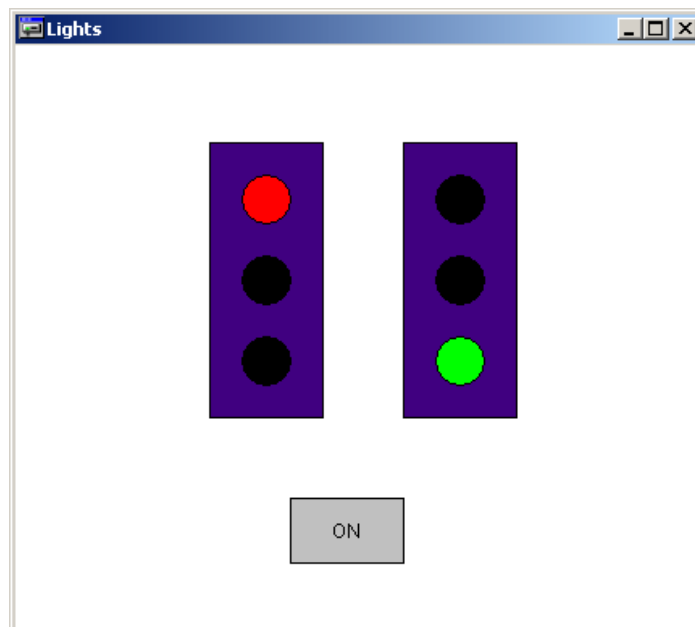


Рис. 25. Визуализация проекта

### Содержание отчета

1. Программа, реализованная в ходе выполнения работы, с комментариями ко всем блокам и операторам.
2. Описание объекта визуализации.

### Контрольные вопросы

1. Что такое POU и какие типы POU использовались в программе?
2. Кратко охарактеризуйте языки программирования, используемые при написании программы (FBD, IL, SFC, CFC). Что собой представляют программа и ее отдельные элементы на данных языках?
3. Какие переменные объявляются в секции VAR\_INPUT...END\_VAR раздела объявлений POU?

4. Какие переменные объявляются в секции VAR\_OUTPUT... END\_VAR раздела объявлений POU?
5. Какие переменные объявляются в секции VAR ... END\_VAR раздела объявлений POU?
6. Каким образом объявляются глобальные переменные проекта в CoDeSys?
7. Каким образом переменные проекта CoDeSys связываются с аппаратными входами и выходами контроллера?
8. Каково назначение операторов LD, ST, CAL?
9. Каково назначение программы PLC\_PRG; чем она отличается от других программ?
10. В чем отличие функционального блока от программы в CoDeSys?
11. Каково назначение программы SEQUENCE?
12. Каково назначение функционального блока TRAFFICSIGNAL?
13. Каково назначение функционального блока WAIT?
14. Опишите библиотечный функциональный блок, используемый при написании функционального блока WAIT.
15. Опишите последовательность вызовов функций и функциональных блоков из программы PLC\_PRG.
16. Каково назначение компонента CoDeSys «Визуализация»?
17. Назовите функции визуализации в реализованном проекте.
18. Какие элементы визуализации использовались в реализованном проекте?
19. Какие переменные проекта были задействованы в визуализации?

## 2. Программа управления кодовым замком для контроллера Овен ПЛК 150

### Цели работы:

знакомство с языком программирования стандарта МЭК 61131-3 ST (структурированный текст);

разработка программы управления с визуализацией в реальном времени.

### Теоретические сведения

#### *Язык программирования ST*

ST представляет собой набор инструкций высокого уровня, которые могут использоваться в условных операторах (IF...THEN...ELSE) и в циклах (WHILE...DO).

Пример:

```
IF value < 7 THEN
  WHILE value < 8 DO
    value:=value+1;
  END_WHILE;
END_IF;
```

*Выражение* – это конструкция, возвращающая определенное значение после его вычисления. Выражение состоит из операторов и операндов. Операндом может быть константа, переменная, функциональный блок или другое выражение.

*Вычисление выражений* выполняется согласно правилам приоритета. Оператор с самым высоким приоритетом выполняется первым, оператор с более низким приоритетом – вторым и т.д., пока не будут выполнены все операторы.

Операторы с одинаковым приоритетом выполняются слева направо.

В следующей таблице приведен список ST операторов, расположенных в порядке приоритета.

<b>Операция</b>	<b>Обозначение</b>	<b>Приоритет</b>
Выражение в скобках	(Выражение)	Самый высокий.
Вызов функции (список параметров)	Имя функции	
Возведение в степень	EXPT	
Замена знаков	–	
Числовое дополнение	NOT	
Умножение	*	
Деление	/	
Абсолютная величина	MOD	
Сложение	+	
Вычитание	–	
Сравнение	< , > , <= , >=	
Неравенство	< >	
Равенство	=	

Логическое И	AND	
Логическое исключающее ИЛИ.	XOR	
Логическое ИЛИ	OR	Самый низкий

Ниже приведены примеры использования инструкций ST.

Тип инструкции	Пример
Присваивание	A: =B; CV: =CV+1; C: =SIN (X);
Вызов функционального блока и использование FB выхода	A: = CMD_TMR.Q
RETURN	RETURN;
IF	D: =B*B; IF D<0.0 THEN C: =A; ELSIF D=0.0 THEN C: =B; ELSE C: =D; END_IF;
CASE	CASE INT1 OF 1: BOOL1: = TRUE; 2: BOOL2: = TRUE; ELSE BOOL1: = FALSE; BOOL2: = FALSE; END_CASE;
FOR	J: =101; FOR I: =1 TO 100 BY 2 DO IF ARR [I] = 70 THEN J: =I; EXIT; END_IF; END_FOR;
WHILE	J: =1; WHILE J<= 100 AND ARR [J] <> 70 DO J: =J+2; END_WHILE;
REPEAT	J: = -1; REPEAT J: = J+2; UNTIL J= 101 OR ARR [J] = 70 END_REPEAT;
EXIT	EXIT;
Пустая инструкция	;



Перед *оператором присваивания* находится операнд (переменная или адрес), которому присваивается значение выражения, стоящего после оператора присваивания:

```
Var1: = Var2 * 10;
```

После выполнения этой операции Var1 принимает значение в десять раз большее, чем Var2.

*Функциональный блок* вызывается с помощью имени экземпляра функционального блока и списка входных параметров с присваиванием данных в круглых скобках. В следующем примере вызывается таймер с параметрами IN и PT. Значение выходной переменной Q присваивается переменной A. К выходной переменной можно обратиться с помощью имени экземпляра функционального блока, точки, следующей за ним и имени выходной переменной:

```
CMD_TMR (IN: = %IX5, PT: = 300);  
A: =CMD_TMR.Q
```

Инструкция RETURN позволяет выйти из POU, например, в зависимости от условия.

Используя инструкцию IF, можно проверить условие, и в зависимости от этого условия выполнить какие-либо действия.

Синтаксис:

```
IF <Boolean_expression1> THEN  
    <IF_instructions>  
{ELSIF <Boolean_expression2> THEN  
    <ELSIF_instructions1>  
.  
.  
.ELSIF <Boolean_expression n> THEN  
    <ELSIF_instructions n-1>  
ELSE  
    <ELSE_instructions>}  
END_IF;
```

Часть конструкции фигурных скобках не обязательна.

Если <Boolean\_expression1> возвращает истину, тогда <IF\_Instructions> выполняется.

В противном случае будут выполняться остальные логические выражения одно за другим, пока одно из них не возвратит истину. Тогда выполняются инструкции, стоящие после этого логического выражения до следующего ELSIF или ELSE. Если все логические выражения ложны, то выполняются инструкции, стоящие после ELSE.

Пример:

```
IF temp < 17  
THEN heating_on: = TRUE;  
ELSE heating_on: = FALSE;  
  
END_IF
```

В этом примере нагревание (heating) включается, когда температура опустится ниже 17 градусов, иначе оно останется выключенным.

С помощью инструкции CASE можно нескольким различным значениям целочисленной переменной сопоставить различные инструкции.

Синтаксис:

```
CASE <Var1> OF
<Value1>: <Instruction 1>
<Value2>: <Instruction 2>
<Value3, Value4, Value5>: <Instruction 3>
<Value6 .. Value10>: <Instruction 4>
...
<Value n>: <Instruction n>
ELSE <ELSE instruction>
END_CASE;
```

Инструкция CASE выполняется согласно следующим правилам:

если переменная <Var1> имеет значение <Value i>, то выполняется инструкция <Instruction i>;

если <Var1> не принимает ни одного из указанных значений, то выполняется <ELSE Instruction>;

чтобы одна и та же инструкция выполнялась при различных значениях переменной <Var1>, необходимо перечислить эти значения через запятую;

чтобы одна и та же инструкция выполнялась для целого диапазона значений, необходимо указать начальное и конечное значения, разделенные двумя точками.

Пример:

```
CASE INT1 OF
1, 5:  BOOL1 := TRUE;
      BOOL3 := FALSE;
2:     BOOL2 := FALSE;
      BOOL3 := TRUE;
10..20: BOOL1 := TRUE;
      BOOL3:= TRUE;
ELSE
      BOOL1 := NOT BOOL1;
      BOOL2 := BOOL1 OR BOOL2;
END_CASE;
```

С помощью цикла FOR можно программировать повторяющиеся процессы.

Синтаксис:

```
INT_Var :INT;
FOR <INT_Var> := <INIT_VALUE> TO <END_VALUE> {BY <Step size>} DO
  <Instructions>
END_FOR
```

Часть конструкции, заключенная в фигурные скобки, не обязательна.

<Instructions> выполняются, пока счетчик <INT\_Var> не больше <END\_VALUE>. Это условие проверяется перед выполнением <Instructions>, по-

этому раздел <Instructions> не выполняется, если <INIT\_VALUE> больше <END\_VALUE>.

Всякий раз, когда выполняются <Instructions>, значение <INIT\_VALUE>, увеличивается на <Step\_size>.

<Step\_size> может принимать любое целое значение. По умолчанию шаг устанавливается равным 1.

Пример:

```
FOR Counter: =1 TO 5 BY 1 DO
    Var1: =Var1*2;
END_FOR;
Erg:=Var1;
```

В этом примере предполагается, что начальное значение Var1 равно 1. После выполнения цикла эта переменная будет равна 32.

Цикл WHILE может использоваться, как и цикл FOR, с тем лишь различием, что условие выхода определяется логическим выражением. Это означает, цикл выполняется, пока верно заданное условие.

Синтаксис:

```
WHILE <Boolean expression>
    <Instructions>
END_WHILE
```

Раздел <Instructions> выполняется циклически до тех пор, пока <Boolean\_expression> дает TRUE. Если <Boolean\_expression> равно FALSE уже при первой итерации, то раздел <Instructions> не будет выполнен ни разу. Если <Boolean\_expression> никогда не примет значение FALSE, то раздел <Instructions> будет выполняться бесконечно.

Пример:

```
WHILE counter<>0 DO
    Var1: = Var1*2;
    counter := counter-1;
END_WHILE
```

Цикл REPEAT отличается от цикла WHILE тем, что первая проверка условия выхода из цикла осуществляется, когда цикл уже выполнен 1 раз. Это означает, что независимо от условия выхода цикл выполняется хотя бы один раз.

Синтаксис:

```
REPEAT
    <Instructions>
UNTIL <Boolean expression>
END_REPEAT
```

Раздел <Instructions> выполняется циклически до тех пор, пока <Boolean\_expression> дает TRUE. Если <Boolean\_expression> равно FALSE уже при первой итерации, то раздел <Instructions> не будет выполнен один раз. Если <Boolean\_expression> никогда не примет значение FALSE, то раздел <Instructions> будет выполняться бесконечно.

Если в циклах FOR, WHILE, REPEAT встречается инструкция EXIT, то цикл заканчивает свою работу независимо от значения условия выхода.

### ***Работа в реальном времени***

Работа системы в режиме реального времени осуществляется с помощью программы CoDeSys HMI .

CoDeSys HMI – это система исполнения визуализаций, созданных в среде программирования CoDeSys (HMI – human-machine interface, человеко-машинный интерфейс).

Если проект содержит визуализацию, то после запуска CoDeSys HMI она открывается в полноэкранном режиме. Пользователь может управлять ею посредством мыши или клавиатуры.

Пользователь не имеет возможности редактировать программу. Меню и панели управления CoDeSys не доступны в операционной версии. Если необходимо, функции управления и контроля проекта должны быть сопоставлены элементам визуализации при ее создании.

CoDeSys HMI устанавливается стандартным установщиком CoDeSys. Безлицензионная, ограниченная по времени демонстрационная версия входит в типовой комплект.

CoDeSys HMI (CoDeSysHMI.exe) запускается из командной строки. Как минимум, в командной строке должен указываться желаемый проект CoDeSys. Если строка вызова не содержит никаких других параметров, CoDeSys HMI стартует с визуализации PLC\_VISU.

Кроме того, в вашем распоряжении имеются следующие специальные параметры:

/simulation или /target. По умолчанию проект запускается в режиме, который был установлен, когда проект сохранялся последний раз. Ключи «/simulation» или «/target» явно указывают, должен ли проект запускаться в режиме эмуляции или на целевой системе.

/visu <visualization POU>. Если проект содержит модуль визуализации (POU) с именем PLC\_VISU, визуализация автоматически стартует с него. В противном случае в командной строке необходимо указать имя стартового компонента: «/visu <name of visualization POU>»

/visudownload. Блокировка загрузки. В стандартном случае при входе в систему с проектом, который отличается от версии в контроллере, пользователь может решать, проводить ли загрузку нового проекта или нет. Запись «visudownload=no» в файле codesys.ini блокирует запрос загрузки. Эту блокировку можно отключить ключом «/visudownload».

/visucompactload. Служит оптимизации запуска проекта, для которого не требуется загрузка. Если она затребована опцией «/visudownload», то «/visucompactload» игнорируется.

### ***Пример командной строки:***

```
D:\PROGRAMME\CoDeSysHMI /simulation D:\PROJECTS\PROJECT.PRO /visu overview
```

Проект project.pro запускается в режиме эмуляции с «overview» визуализацией.

**Внимание при вводе путей в командной строке: если в пути содержатся символы пробела, он должен заключаться в кавычки (").**

Проект запускается в полноэкранном режиме. Дальнейшее управление проектом происходит посредством клавиатуры и мыши через элементы визуализации.

Если не предусмотрен специальный элемент визуализации для окончания работы, то CoDeSys HMI можно закрыть в любое время с помощью <Alt><F4>.

### Программа работы

В данной работе создается простейшая программа управления кодовым замком двери для контроллера Овен ПЛК 150. Замок открывается активацией первого дискретного выхода контроллера. Терминал эмулируется на экране персонального компьютера как объект визуализации (рис. 1).

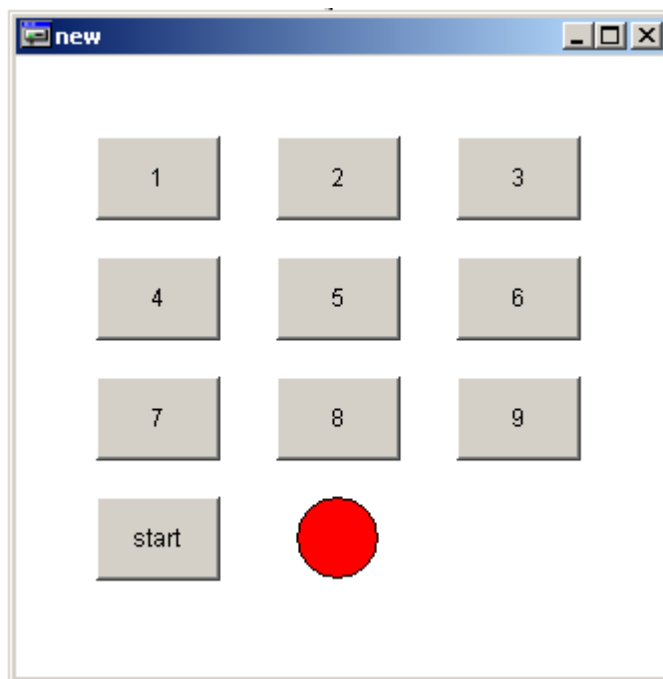


Рис. 1. «Терминал» ввода кода

«Терминал» содержит 9 кнопок для ввода кода, кнопку «start» для сброса и индикатор открытия двери.

Для простоты примем, что код состоит из пяти неповторяющихся цифр.

Создайте новый проект CoDeSys для контроллера ПЛК 150 I.M.

Проект будет содержать единственный POU PLC\_PRG на языке ST и объект визуализации.

#### *Объявление переменных*

В PLC Configuration объявим переменную enter, «привязав» ее к первому дискретному выходу контроллера. Эта переменная будет отвечать за открытие двери.

В Global Variables объявим следующие глобальные переменные:

s1, s2,...s9 типа BOOL. Они будут сигнализировать о нажатии цифровых кнопок «терминала»;

start типа BOOL. Она будет сигнализировать о нажатии кнопки «start»;

status типа INT. Она будет отражать ход процесса набора кода.

Все логические переменные инициализируем значением FALSE, а переменную status – нулевым значением.

#### *Создание объекта визуализации*

Создайте объект визуализации. Разместите в нем кнопки и индикатор так, как показано на рис. 1.

Назначьте переменные s1, s2, ...s9 соответствующим кнопкам, как показано на рис. 2.

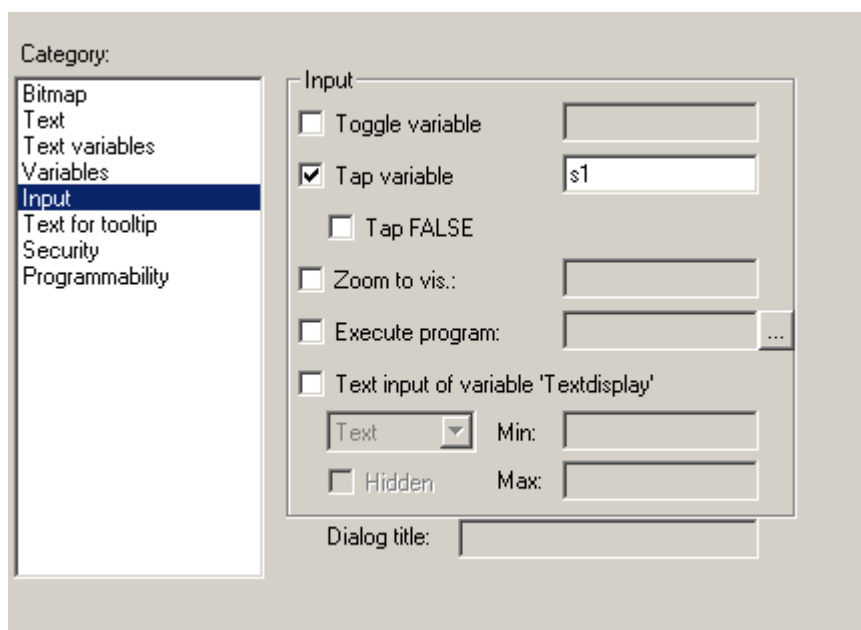


Рис.2. Назначение переменных цифровым кнопкам

Аналогично поступите с переменной и кнопкой «start». Теперь при нажатии кнопок переменные будут принимать значение TRUE, при отпускании – FALSE.

Индикатор должен изменять цвет с красного (замок закрыт) на зеленый (замок открыт) при изменении значения переменной enter с FALSE на TRUE.

#### *PLC\_PRG*

Напишите программу управления кодовым замком на языке ST, воспользовавшись следующими указаниями.

1. Вначале программа должна проверять нажатие кнопки «start». Если кнопка нажата (start=TRUE), необходимо установить в FALSE переменную enter и обнулить переменную status. Используйте конструкцию IF...END\_IF.

2. Далее производится работа с переменной status. С каждым нажатием «правильной» кнопки производится увеличение этой переменной на единицу. При нажатии «неправильной» кнопки переменная сбрасывается в нуль. Если в ситуации, когда status = 4, нажата «правильная» кнопка (последняя) устанавливаем enter = TRUE.

Реализация описанной логики легко осуществляется с помощью конструкции CASE...END\_CASE.

Пусть, например, используется код 29167, тогда фрагмент, связанный с вводом цифры «9» (изменение переменной status с единицы на двойку) может выглядеть следующим образом:

```
CASE status OF
0: .....
.....

1: IF s9=TRUE THEN
    status:=2;
    ELSIF (s1 OR s3 OR s4 OR s5 OR s6 OR s7 OR s8) = TRUE THEN
        status:=0;
    END_IF
2: .....
.....
3: .....
.....
4: .....
.....
END_CASE
```

Обратите внимание, что в секции ELSIF не проверяется переменная s2, связанная с кнопкой «2». Эта кнопка нажималась на предыдущем шаге и в момент выполнения инструкции может еще удерживаться пользователем.

Не забудьте на последнем шаге открыть дверь!

По окончании ввода программы, проверьте ее работу в режиме симуляции, после чего загрузите ее в контроллер.

#### *Работа в реальном времени*

Создайте ярлык для запуска программы CoDeSys HMI с разработанной визуализацией.

После загрузки программы в контроллер, отключите связь с контроллером (Logout).

С помощью ярлыка запустите программу CoDeSys HMI. Протестируйте работу системы в реальном времени.

#### **Содержание отчета**

1. Программа, реализованная в ходе выполнения работы, с комментариями ко всем блокам и операторам.
2. Описание объекта визуализации.

#### **Контрольные вопросы**

1. Дайте краткую характеристику языка ST.
2. Приведите и опишите синтаксис операции условного перехода в языке ST.
3. Приведите и опишите синтаксис цикла FOR в языке ST.
4. Приведите и опишите синтаксис цикла WHILE в языке ST.

5. Приведите и опишите синтаксис цикла REPEAT в языке ST.
6. Опишите способ и параметры запуска визуализация CoDeSys в реальном времени.
7. Опишите логику работы программы управления кодовым замком.



### 3. Управление электрическими исполнительными механизмами постоянной скорости

#### Цели работы:

изучить схемы управления электрическими исполнительными механизмами постоянной скорости;

разработать и реализовать программы управления электрическими исполнительными механизмами постоянной скорости.

#### Теоретические сведения

На рис. 1 представлен внешний вид лабораторного стенда для изучения электрических исполнительных механизмов.

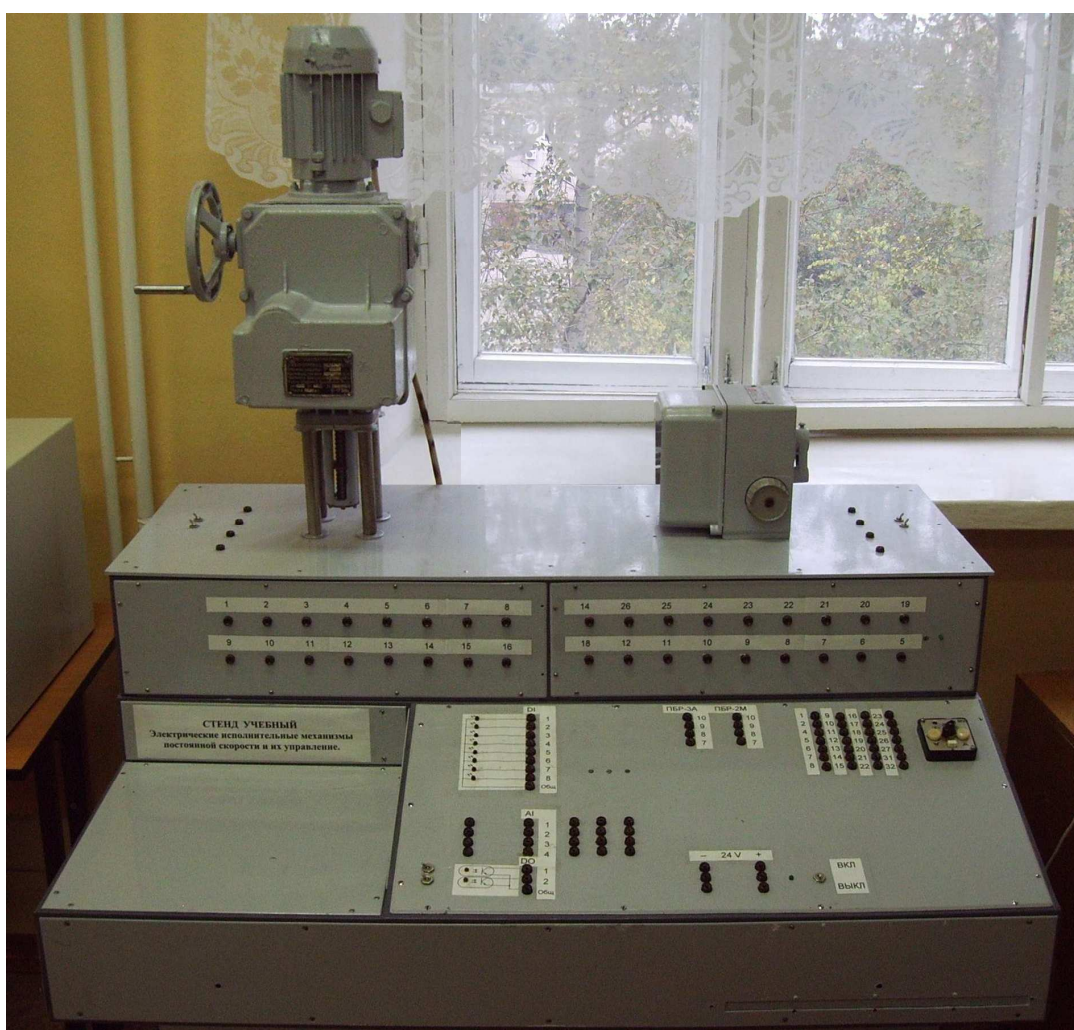


Рис. 1. Лабораторный стенд  
«Электрические исполнительные механизмы»

На рис. 1 обозначены:

- 1 – механизм электрический многооборотный МЭМ;
- 2 – группа гнезд сигнальных цепей МЭМ;
- 3 – механизм электрический однооборотный МЭО;
- 4 – группа гнезд сигнальных цепей МЭО;

- 5 – цепи индикации, эмулирующие дискретные входы контроллера;
- 6 – группа гнезд цепей измерения аналоговых сигналов, эмулирующих аналоговые входы контроллера;
- 7 – цепи управления, эмулирующие дискретные выходы контроллера;
- 8 – гнезда цепей управления пускателями бесконтактными реверсивными ПБР 3А и ПБР 2М, управляющими электроприводами МЭМ и МЭО соответственно;
- 9 – блок управления БУ21 и гнезда его выводов;
- 10 – цепи блока питания;
- 11, 12 – микровыключатели и гнезда их выводов.

Управление электроприводом МЭМ осуществляется с помощью ПБР 3А; управление электроприводом МЭО - с помощью ПБР 2М. Силовые цепи пускателей и электроприводов соответствующим образом связаны и не подлежат изменению в ходе выполнения лабораторных работ.

Внешние цепи управления ПБР 3А и ПБР 2М одинаковы. Их условная схема показана на рис. 2.

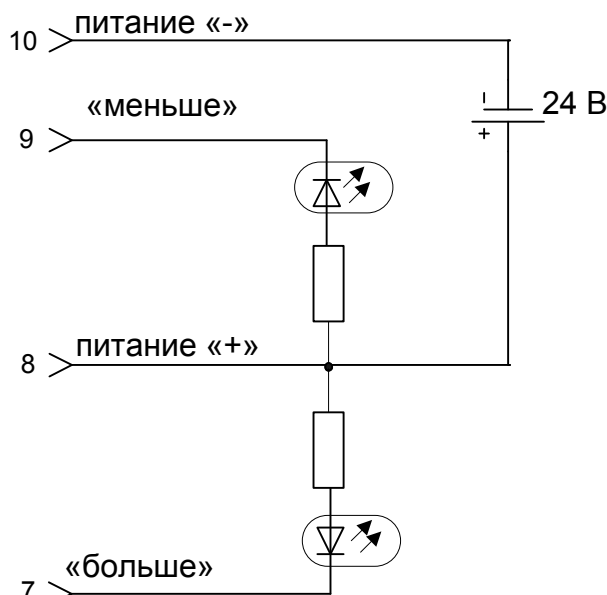


Рис.2. Условная схема организации цепей управления ПБР 3А и ПБР 2М

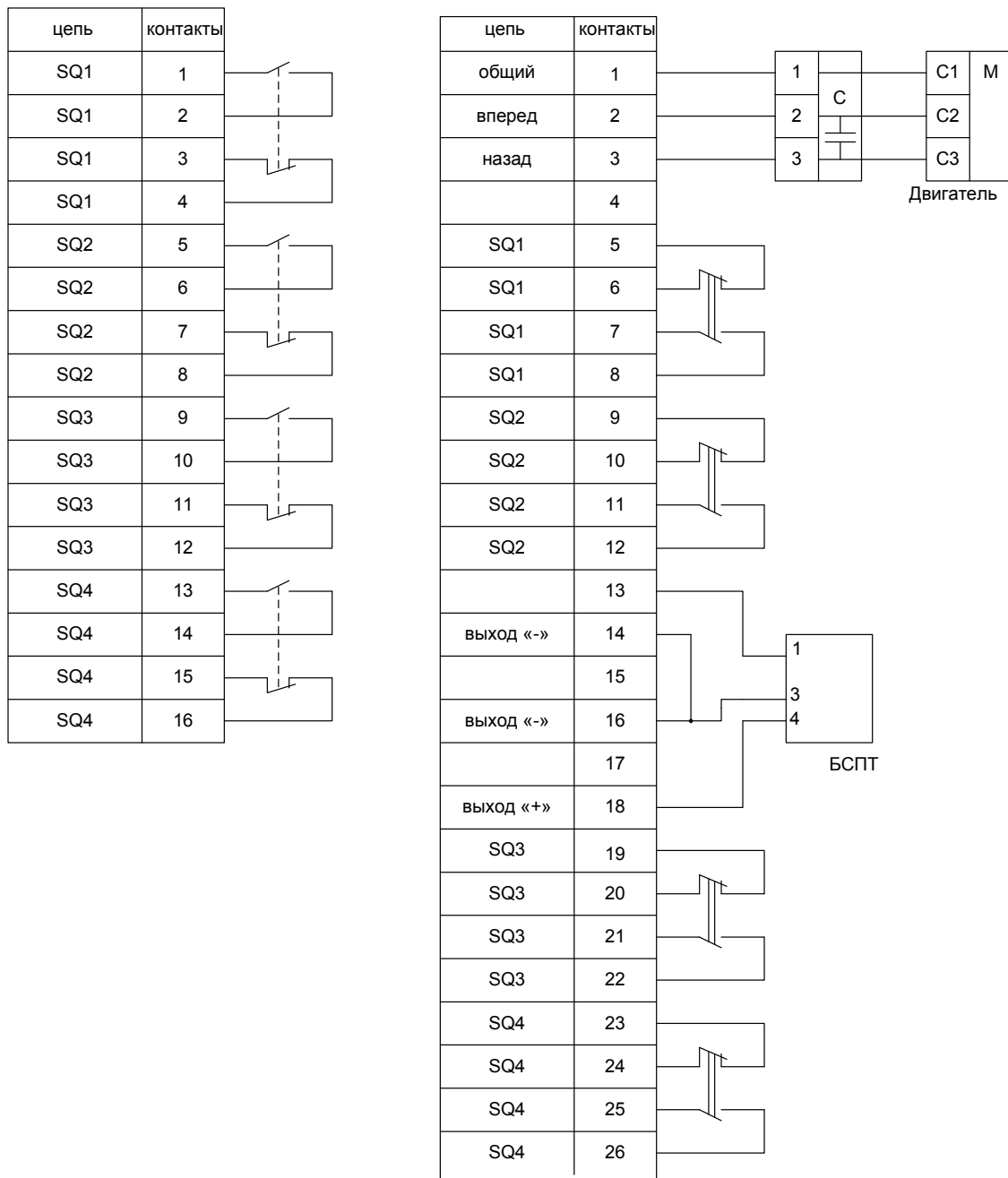
Отметим, что данная схема только лишь демонстрирует «логику» работы цепей управления пускателями и назначение гнезд. Ее элементы не имеют никакого отношения к реальной схеме. Так на рис. 2 дискретные входы пускателей условно показаны в виде «половинок» оптических пар – устройств гальванической развязки, и токоограничивающих сопротивлений.

Пускатели имеют встроенный блок питания на 24 В постоянного тока. Как видно из схемы на рис. 2, запустить привод в направлении «меньше» можно, соединив лабораторным проводом гнезда 9 и 10, «больше» - соединив гнезда 7 и 10.

Иногда для питания входных цепей пускателя по некоторым соображениям требуется использовать внешний источник питания. В этом случае необходимо «плюс» внешнего источника соединить с гнездом 8 («плюсом» внутрен-

него источника), а «минус» через необходимые коммутирующие элементы подавать на гнезда 7 и 9.

На панель 2 (рис. 1) выведены сигнальные цепи МЭМ. Цепи содержат концевые выключатели в направлении «меньше» и «больше» SQ1 и SQ4 и выключатели SQ2, SQ3, срабатывающие в случае заклинивания механизма при движении в этих направлениях (рис. 3, а).



а)

б)

а) сигнальные цепи МЭМ;  
б) внешние цепи МЭО.

Рис. 3. Внешние цепи МЭМ и МЭО

На панель 4 (рис. 1) выведены сигнальные цепи МЭО. Из всех контактов внешних цепей МЭО (рис. 3, б) на панели 4 представлены контакты 5-12 (цепи выключателей SQ1, SQ2), 19-26 (цепи выключателей SQ3, SQ4) и 14, 18 (вы-

ходной сигнал 0-5мА по положению МЭО, формируемый блоком сигнализации положения токовым БСПТ). Другие цепи на панель 4 не выведены.

Назначение выключателей SQ1, SQ2, SQ3, SQ4 будет определено в ходе выполнения работы.

Элементы фрагмента 5 наклонной панели (рис. 1) эмулируют дискретные входы контроллера (DI). Принципиальная схема соединений приведена на рис. 4, а.

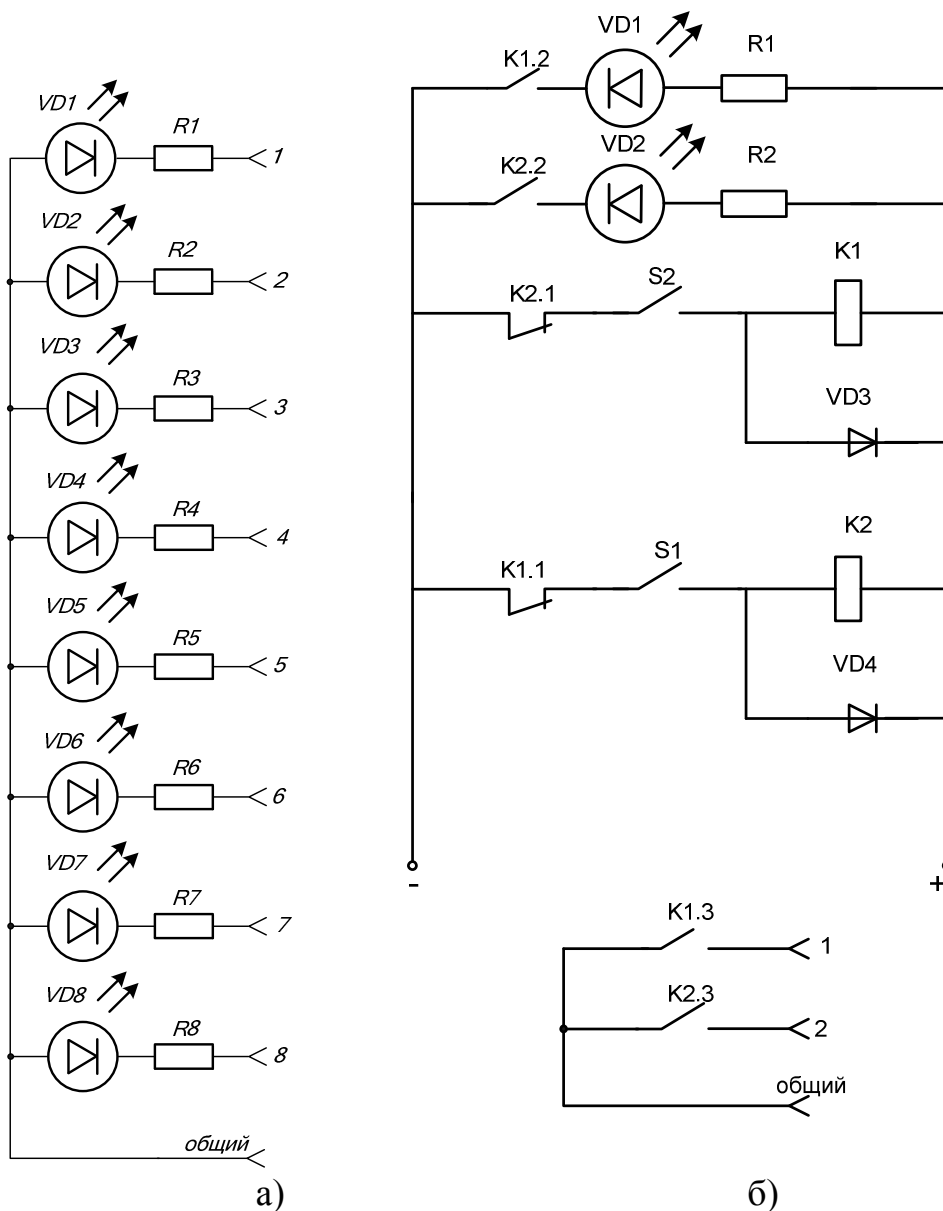


Рис. 4. Схемы имитации дискретных цепей контроллера

Для того чтобы загорелся, например, светодиод VD1, нужно на вход «общий» подать «плюс» 24 В источника питания, а на вход 1 – «минус».

Элементы фрагмента 7 наклонной панели (рис. 1) эмулируют дискретные выходы контроллера (DO). При выключении выключателей гнезда 1 или 2 соединяются с гнездом «общий». О срабатывании «выходов» сигнализируют соответствующие светодиоды. Внутренняя схема стенда (рис. 4, б), реализующая

данную функцию, построена на реле K1 и K2, выключателях S1 и S2, светодиодах VD1 и VD2, «обратных» диодов VD3 и VD4, защищающих цепи от перенапряжения при коммутациях, и сопротивлений R1 и R2, ограничивающих токи в цепях светодиодов. В схеме предусмотрена взаимная блокировка реле, защищающая схему от их одновременного срабатывания.

Группа гнезд 6 (рис. 1) цепей измерения аналоговых сигналов, эмулирующих аналоговые входы контроллера, имеет следующие соединения (рис. 5).

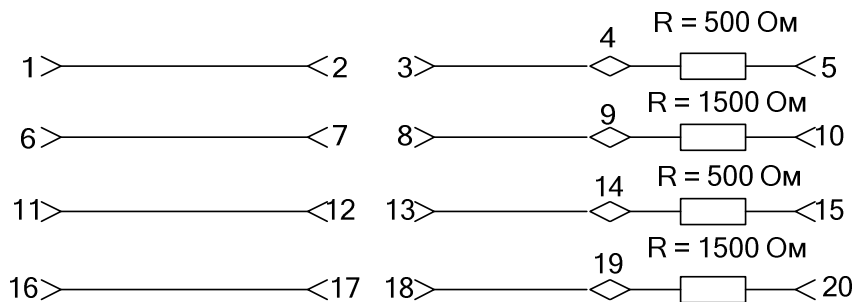


Рис. 5. Цепи измерения аналоговых сигналов

Цепи содержат резисторы сопротивлением 500 и 1500 Ом, которые можно использовать в качестве нагрузки для устройств, имеющих токовый выход, например БСПТ. В разрыв цепей можно подключать миллиамперметр для измерения сигнала либо нормирующее сопротивление для преобразования токового сигнала в сигнал по напряжению.

Фрагмент 9 наклонной панели содержит блок управления БУ21 и гнезда части его выводов. Блок управления позволяет изменять режим управления исполнительным механизмом (ручное, автоматическое, внешнее управление), в ручном режиме управлять механизмом с помощью кнопок «больше», «меньше», индицировать включение привода в направлениях «больше», «меньше» с помощью светодиодов. Упрощенная принципиальная схема БУ21 приведена на рис. 6.

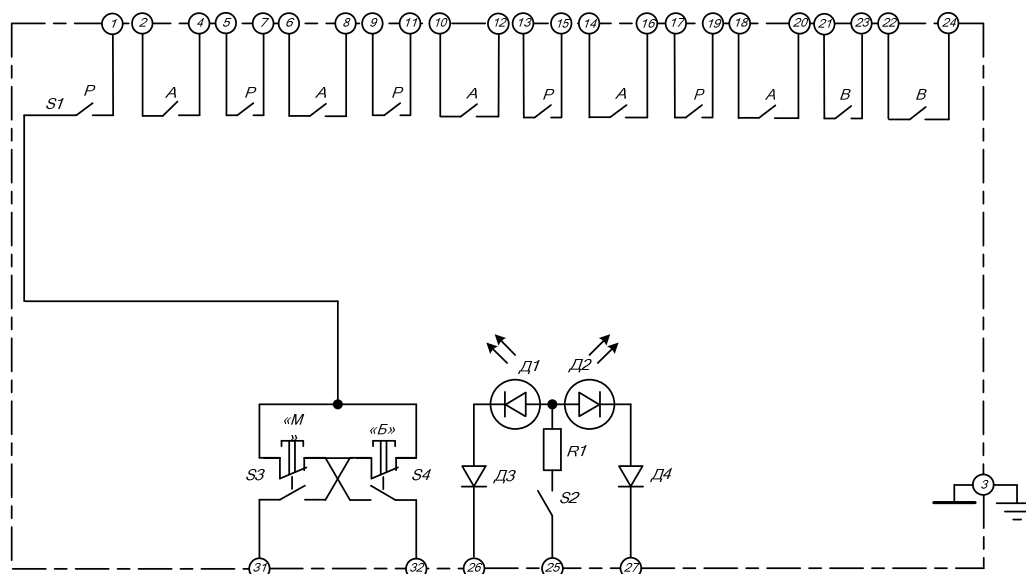


Рис. 6. Принципиальная электрическая схема БУ21

Фрагменты 11, 12 (рис.1) содержат микровыключатели и гнезда их выводов. Схема соединений показана на рис. 7.

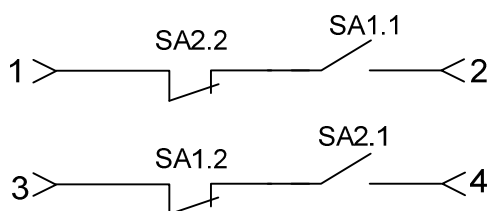


Рис. 7. Цепи микровыключателей

Микровыключатели S1 и S2 взаимно блокируют друг друга, не допуская одновременного соединения гнезд 1-2 и 3-4. При выполнении задания микровыключатели будут использоваться в качестве «внешних» ключей (режим «внешнее управление»).

### Программа работы. Задание

#### 1. Изучение БУ21.

1.1. Ознакомиться с конструкцией блока управления БУ21 и назначением его составляющих элементов.

1.2. С помощью лабораторных проводов собрать схему, реализующую следующие режимы работы:

режим «А». Сигналы «меньше»-«больше», сформированные Д0-выходами имитатора контроллера с использованием внешнего источника питания 24 В должны проходить через БУ21 и активировать Д1-входы имитатора;

режим «Р». Сигналы, активирующие Д1-входы имитатора контроллера, должны формироваться при нажатии кнопок «М» и «Б» БУ21;

режим «В». Сигналы, активирующие Д1-входы имитатора контроллера, должны формироваться внешними микровыключателями.

#### 2. Изучение ПБР 2М и ПБР 3А

2.1. Используя техническое описание и инструкцию по эксплуатации ознакомиться с назначением, конструкцией и вариантами подключения пускателей.

2.2. Используя внешние ключи и встроенный источник питания ПБР 3А, собрать реверсивную схему управления МЭМ.

**Внимание! При работе с МЭМ не допускать выхода указателя положения за аварийные метки. Несоблюдение данного требования приводит к поломке механизма.**

2.3. Используя Д0-выходы имитатора контроллера и внешний источник питания 24 В, собрать реверсивную схему управления МЭО.

#### 3. Изучение МЭМ

3.1. Используя техническое описание и инструкцию по эксплуатации ознакомиться с назначением, конструкцией и электрическими схемами механизма.

3.2. Снять крышку МЭМ. Используя ручной привод и ключ на 10 мм, под наблюдением преподавателя отстроить блок концевых выключателей БКВ механизма на заданный преподавателем ход (20–70 мм) винта-имитатора шибера. Срабатывание концевых выключателей контролировать на слух.

3.3. Проверить точность настройки концевых выключателей при подходах к конечным положениям.

Внимание! БКВ имеет гистерезис срабатывания выключателей.

3.4. Собрать схему управления МЭМ, используя ПБР 3А, БКВ механизма, внешние ключи. Проверить ход механизма посредством управления ключами. При необходимости произвести корректировку настройки БКВ. **Не допускать выхода винта-имитатора шибера за аварийные метки.**

3.5. Настроить указатель положения привода. Закрыть крышку механизма.

#### *4. Изучение МЭО*

4.1. Используя техническое описание и инструкцию по эксплуатации ознакомиться с назначением, конструкцией и электрическими схемами механизма.

4.2. Снять крышку БКВ и блока сигнализации положения токового БСПТ МЭМ. Используя специальный инструмент, посредством поворота кулачковых шайб настроить угол поворота механизма, заданный преподавателем. При настройке БКВ срабатывание концевых выключателей контролировать на слух.

Вращение механизма производить с помощью ручного привода, не забывая о гистерезисе при срабатывании концевых выключателей.

4.3. Собрать схему управления МЭО, используя ПБР 2М, БКВ механизма, внешние ключи. Проверить ход механизма посредством управления ключами, при необходимости произвести регулировку.

4.4. Собрать электрическую схему измерения сигнала по положению механизма на основе БСПТ. Используя специальный инструмент, привести винт Архимеда в необходимое положение. Устанавливая попеременно привод в начальное и конечное положение, вращением потенциометров «0%» и «100%» добиться установки в начальном положении сигнала 0 мА, в конечном – 5 мА.

4.5. Закрыть крышку механизма.

#### *5. Построение полной схемы управления МЭМ*

Собрать и протестировать схему управления МЭМ, обеспечивающую работу в следующих режимах:

1) «автоматическое управление». Используются внешний источник питания 24 В и DO-выходы имитатора контроллера;

2) «ручное управление». Используется источник питания, встроенный в ПБР 3А;

3) «внешнее управление» Используется источник питания, встроенный в ПБР 3А и внешние ключи.

Во всех режимах должна работать индикация «Б» и «М» на БУ21, а в первых двух должны также формироваться и поступать на DI-входы имитатора контроллера сигналы о достижении механизмом крайних положений и сигналы о нахождении БУ21 в режимах «А» и «Р».

#### *6. Построение полной схемы управления МЭО*

Собрать и протестировать схему управления МЭО, обеспечивающую работу в следующих режимах:

1) «автоматическое управление». Используются внешний источник питания 24 В и DO-выходы имитатора контроллера;

2) «ручное управление». Используется источник питания, встроенный в ПБР 3А;

3) «внешнее управление» Используется источник питания, встроенный в ПБР 3А и внешние ключи.

Во всех режимах должна работать индикация «Б» и «М» на БУ21, а в первых двух должны также формироваться и поступать на DI-входы имитатора контроллера сигналы о достижении механизмом крайних положений и сигналы о нахождении БУ21 в режимах «А» и «Р».

Во всех режимах, кроме того, требуется обеспечить измерение сигнала 0...5 мА по положению МЭО, формируемого БСПТ, с помощью AI-входов имитатора контроллера и миллиамперметра.

*7. Построение схемы управления МЭО с использованием контроллера Овен ПЛК 150.*

7.1. Изменить схему управления МЭО, собранную и протестированную при выполнении п.6, заменив входы/выходы имитатора входами/выходами контроллера ПЛК 150.

7.2. Разработать и протестировать программу управления МЭО для контроллера ПЛК 150 и экран визуализации CoDeSys. Программа управления и экран визуализации должны обеспечить:

отображение текущего положение механизма и сигнализацию о достижении им крайних положений;

возможность «дистанционного управления» механизмом с помощью экранных кнопок «больше», «меньше»;

возможность «автоматического регулирования» положения механизма. Необходимо предусмотреть ввод задания по положению.

Для переключения между режимами «дистанционное управление» / «автоматическое регулирование» использовать специальный переключатель.

*Указание.* Для реализации средств изменения и отображения «аналоговых» величин можно использовать подход, рассмотренный в следующем примере.

Пусть с помощью кнопок «меньше»/«больше» требуется изменять некоторую глобальную переменную  $u$ , значение которой должно лежать в диапазоне от 0 до 1 (эта переменная может описывать, например, задание по положению или быть связана с аналоговым выходом). Значение переменной должно отображаться на экране.

Объявим глобальные переменные  $u$ , plus01, minus01:

```
VAR_GLOBAL
  u:REAL:=0.5;
  plus01:BOOL:=FALSE;
  minus01:BOOL:=FALSE;
END_VAR
```

Создадим элементы визуализации: прямоугольник и две кнопки «меньше» и «больше» (рис.8).

*Примечание:* использовать русские буквы в надписях визуализации не рекомендуется. В случае необходимости пользуйтесь транслитом.



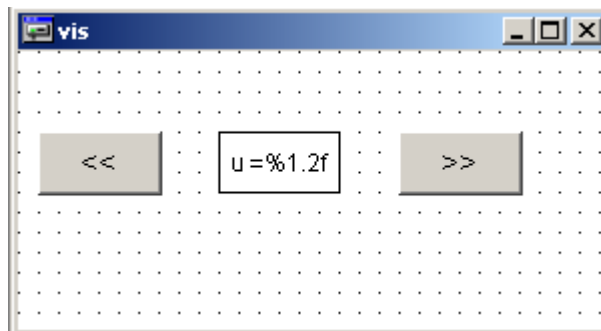


Рис. 8. Управление аналоговой величиной

Для отображения в прямоугольнике значения переменной  $u$  следует настроить категории «Text» и «Variables».

В категории «Text» в поле «Content» («Содержание») вводится строка, которая будет отображаться в прямоугольнике. Строка может содержать ссылки на форматируемые данные, причем правила форматирования аналогичны таковым для функции printf стандартной библиотеки языка C (рис. 9).

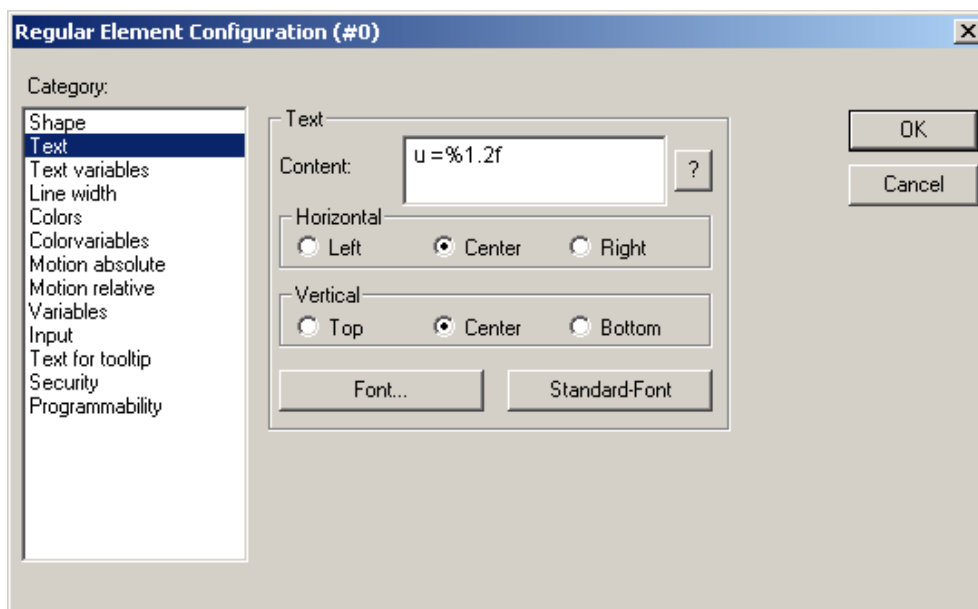


Рис. 9. Задание строки

В данном случае значение переменной будет выводиться как число с плавающей точкой с одним знаком до десятичной точки и двумя знаками после нее.

Сама выводимая переменная указывается в категории «Variables», в поле «TextDisplay» (рис. 10).

Кнопку «меньше» («<<») настроим таким образом, чтобы при ее нажатии логическая переменная minus01 принимала значение TRUE (только на время нажатия) (рис. 11).

Аналогично, при нажатии кнопки «больше» («>>») значение TRUE должна принимать переменная plus01.

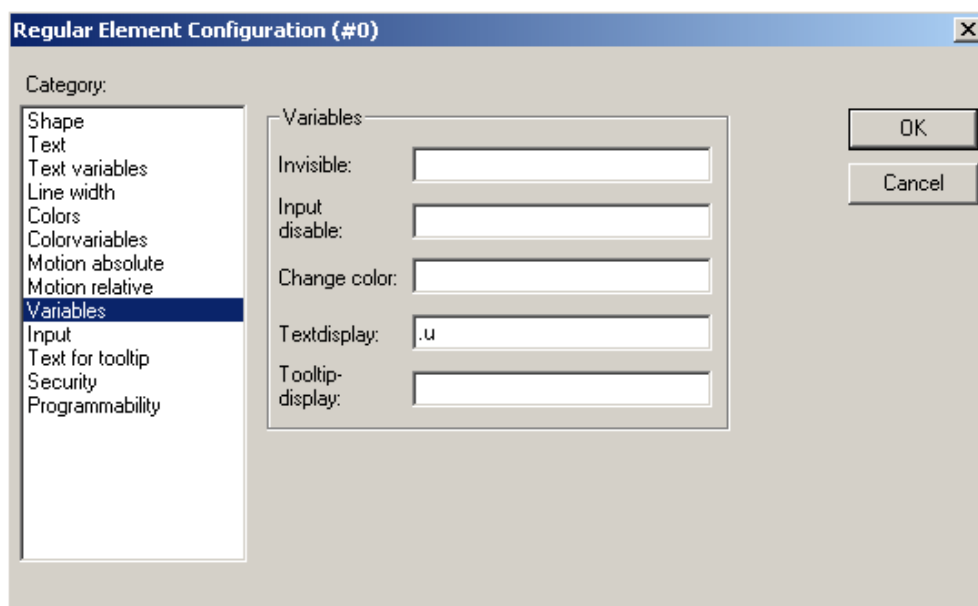


Рис. 10. Указание переменной

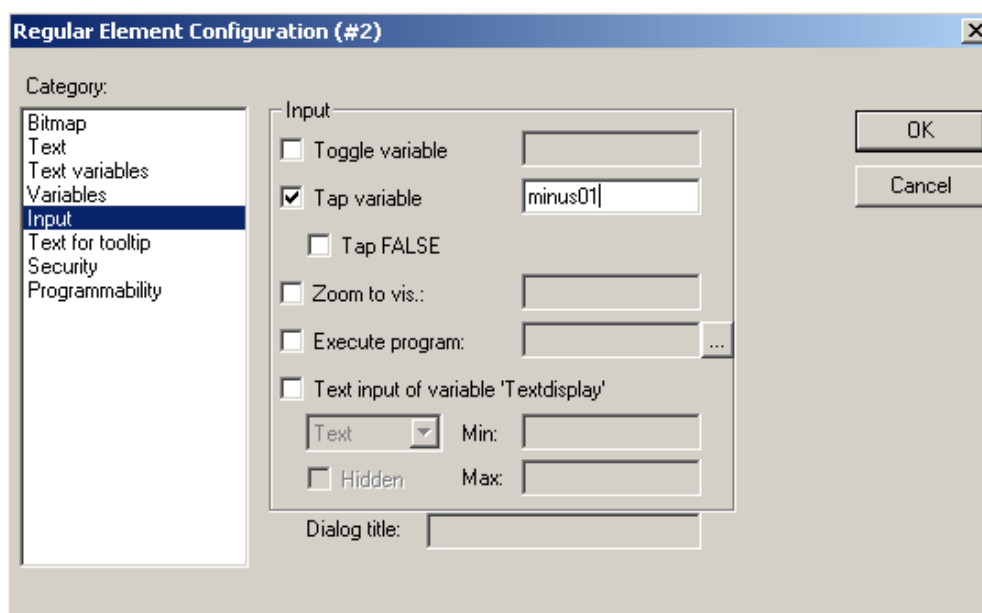


Рис. 11. Настройка кнопки «меньше»

Пусть при нажатии кнопки «меньше» переменная  $u$  будет уменьшаться, а при нажатии кнопки «больше» – увеличиваться на 0,01. При этом значение переменной не должно выходить за пределы 0...1.

В программе PLC\_PRG (или другой) введем следующий код на языке ST:

```

IF plus01=TRUE AND u<0.99 THEN
  u:=u+0.01;
ELSE
  IF minus01=TRUE AND u>0.01 THEN
    u:=u-0.01;
  END_IF
END_IF

```

## **Содержание отчета**

1. Протоколы выполнения настроек механизмов и принципиальные схемы соединений, выполненных по п. 1–6 программы работы.

2. Программа управления МЭО для контроллера ПЛК 150 и экран визуализации CoDeSys.

## **Контрольные вопросы**

1. Опишите организацию цепей управления пускателей бесконтактных реверсивных.

2. Опишите внешние цепи механизма электрического многооборотного, задействованного в стенде.

3. Опишите внешние цепи механизма электрического однооборотного, задействованного в стенде.

4. Опишите схему имитации дискретных входов контроллера, используемую в стенде.

5. Опишите схему имитации дискретных выходов контроллера, используемую в стенде.

6. Опишите цепи измерения аналоговых сигналов. Приведите схемы цепей измерения сигнала по положению МЭО с использованием миллиамперметра и аналогового входа контроллера, рассчитанного на напряжение  $0...2$  В.

7. Назначение блока управления БУ21.

8. Охарактеризуйте режимы работы системы регулирования, организуемые с помощью БУ21.

9. Опишите реализованную при выполнении работы программу управления контроллера.

10. Опишите реализованный при выполнении работы экран визуализации.

#### 4. Управление пневматическими исполнительными механизмами

##### Цели работы:

изучить схемы управления пневматическими исполнительными механизмами;

разработать и реализовать программы управления пневматическими исполнительными механизмами.

##### Теоретические сведения

На рис. 1 представлен внешний вид лабораторного стенда для изучения пневматических исполнительных механизмов.



*Рис. 1. Лабораторный стенд  
«Пневматические исполнительные механизмы»*

На рис. 1 обозначены основные элементы стенда:

1 – фрагмент робота-манипулятора, включающий механизм поворота «руки» и механизм «схвата»;

2 – диафрагменный исполнительный механизм ДИМ;

3 – панель имитации дискретных входов и выходов контроллера;

4 – центральная панель. На ней расположены гнезда цепей управления электропневматическими распределителями и клапанами механизмов поворота «руки» и «схвата», индикаторы и выключатели цепей питания, гнезда цепей датчика давления и электропневмопреобразователя;

5 – панель внешних цепей задатчика токового ЗУ05, блока управления БУ12 и регулятора аналогового Р17;

6 – регулятор аналоговый Р17. В стенде используется как преобразователь сигнала 4...20 мА в сигнал 0...5 мА.

Для питания пневматических элементов стенда сжатым воздухом используется компрессорная установка (рис. 2).



Рис. 2. Компрессорная установка

Обозначения на рис. 2:

- 1 – бак-ресивер;
- 2 – воздушный фильтр;
- 3 – рычаг выключателя установки;
- 4 – разъем на линии регулируемого давления;
- 5 – манометр на линии регулируемого давления;
- 6 – задатчик регулятора давления в линии регулируемого давления;
- 7 – разъем на линии нерегулируемого давления (давления в ресивере);
- 8 – манометр на линии нерегулируемого давления;



9 – рычаг сброса давления.

Максимальное давление, создаваемое установкой, составляет 8 кгс/см<sup>2</sup>. Установка имеет линию и разъем нерегулируемого давления, связанные напрямую с ресивером, а также линию и разъем регулируемого давления, давление в которой поддерживается регулятором и задается задатчиком.

На рис. 3 показана пневматическая система поворота «руки».



Рис. 3. Пневматическая система поворота руки

Система включает электропневматические распределители 1, регулируемые пневматические дроссели 2 и поворотный пневмодвигатель 3.

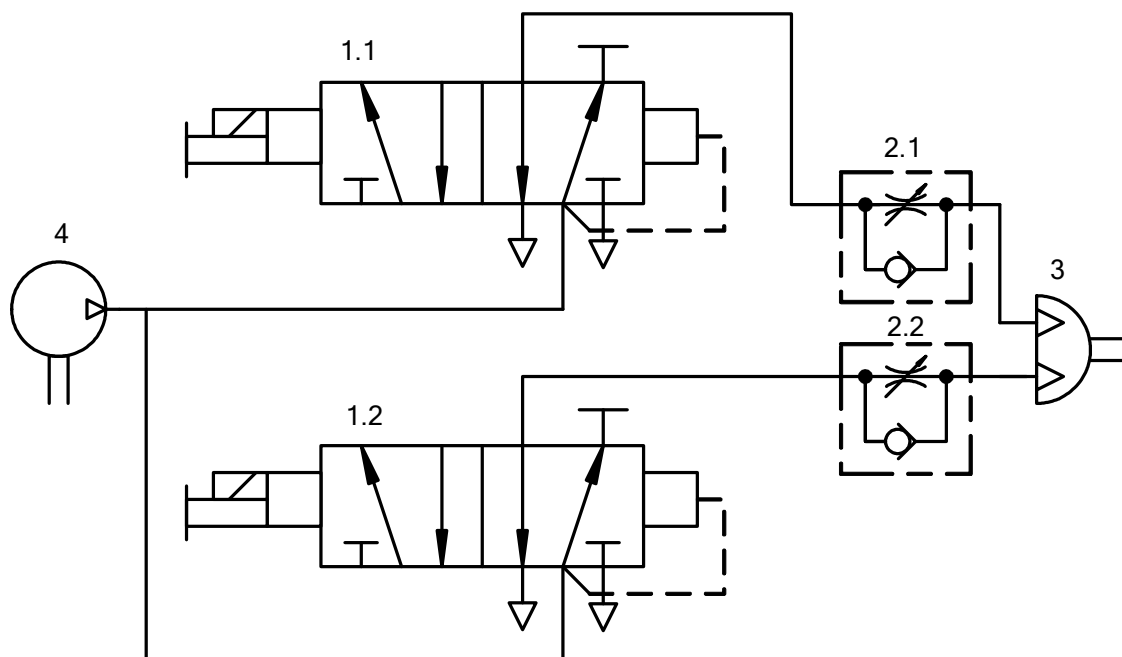
Электропневматические распределители управляют подачей сжатого воздуха через регулируемые пневматические дроссели в камеры поворотного пневмодвигателя, обеспечивая поворот «руки» по часовой стрелке и против часовой стрелки. С помощью пневматических дросселей осуществляется ручное регулирование скорости поворота.

На рис. 4 приведен фрагмент пневматической схемы стенда, отвечающий за управления поворотным пневмодвигателем.

На рис. 4 обозначены:

- 1.1, 1.2 – электропневматические распределители;
- 2.1, 2.2 – регулируемые пневматические дроссели с обратными клапанами;
- 3 – поворотный пневмодвигатель;
- 4 – компрессор.

Поворотный пневмодвигатель оснащен двумя концевыми и двумя путевыми выключателями. Выводы выключателей, также как и выводы катушек электромагнитных приводов электропневматических распределителей соединены с гнездами центральной панели стенда.



*Рис. 4.* Пневматическая схема управления поворотным пневмоприводом

Для приведения в движения «схвата» используется пневматический цилиндр двухстороннего действия, управляемый посредством трех электропневматических клапанов (рис. 5).

*Рис. 5.* Электропневматические клапаны управления схватом

На рис. 6 приведен фрагмент пневматической схемы стенда, отвечающий за управления пневматическим цилиндром механизма схвата.

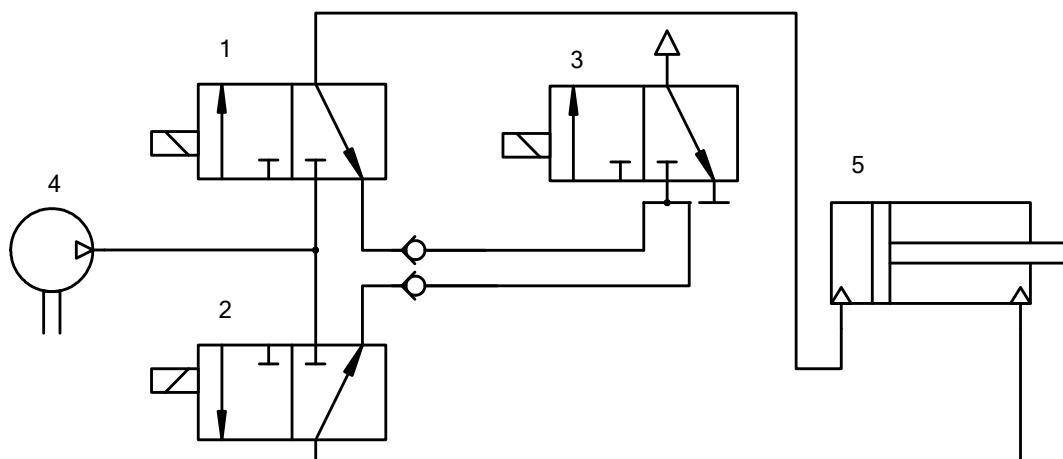


Рис. 6. Пневматическая схема управления цилиндром

На рис. 6 обозначены:

1,2,3 – электропневматические клапаны (клапаны 1,2 снабжены обратными клапанами);

4 – компрессор;

5 – пневматический цилиндр двухстороннего действия.

Электропневматические клапаны 1 и 2 управляют подачей давления в левую и правую камеры цилиндра двухстороннего действия. Электропневматический клапан 3 в открытом состоянии соединяет камеры с атмосферой, если закрыты клапаны 1 и (или) 2.

Логика работы системы состоит в следующем (см. рис. 6).

1. При открытии клапанов 1 и 3 (клапан 2 закрыт), давление будет поступать в левую камеру цилиндра 5, тогда как его правая камера будет соединена с атмосферой. Поршень цилиндра будет двигаться вправо (охват детали).

2. При открытии клапанов 2 и 3 (клапан 1 закрыт), давление будет поступать в правую камеру цилиндра 5, тогда как его левая камера будет соединена с атмосферой. Поршень цилиндра будет двигаться влево (отпускание детали).

3. Если открыты клапаны 1 и 2, независимо от положения клапана 3, камеры цилиндра будут изолированы от атмосферы, давление в них будет одинаковым, следовательно, поршень будет устойчиво занимать положение, достигнутое ранее (фиксация детали);

4. Если закрыты клапаны 1 и 2, а клапан 3 открыт, обе камеры цилиндра будут соединены с атмосферой, следовательно, положение поршня в цилиндре будет неустойчиво (ослабление силы схвата без его отпускания). Данный режим работы может быть использован для сброса давления и «ручных» манипуляций с механизмом.

Пневматический цилиндр двухстороннего действия оснащен двумя концевыми выключателями, а также ручным специальным выключателем, приводимым в действие при обслуживании механизма схвата персоналом (например, при извлечении детали). Выводы выключателей, также как и выводы катушек электромагнитных приводов электропневматических клапанов соединены с гнездами центральной панели стенда.



Очевидно, что для реализации рабочих режимов требуется согласованная работа клапанов 1 и 2 с одной стороны и клапана 3, с другой. При открытии любого из клапанов 1 или 2 требуется также открытие клапана 3. Если открыты оба клапана, положение клапана 3 не оказывает влияние на работу системы. Ниже приведена типовая схем включения катушек электропневматических клапанов, в которой с помощью дополнительных диодов обеспечивается совместная работа клапанов 1, 2 и 3 (рис. 7).

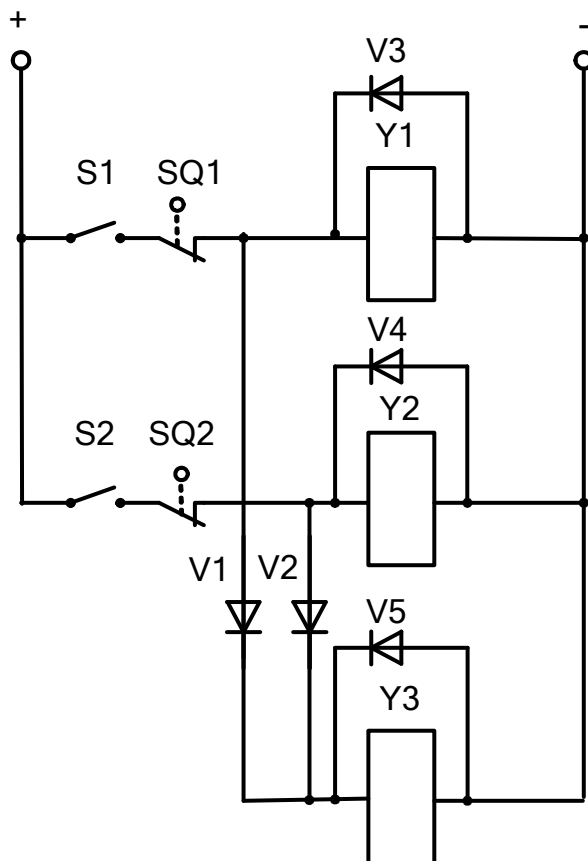


Рис. 7. Типовая схема включения катушек электропневматических клапанов

Диоды V1, V2 обеспечивают совместную работу клапанов.

Диоды V3, V4, V5 защищают ключи от перенапряжения при коммутациях. Ключи S1 и S2 управляют работой системы. В качестве данных ключей могут выступать контакты релейных выходов контроллера или его имитатора. Концевые выключатели SQ1 и SQ2 обесточивают катушки при достижении крайних положений.

Система подготовки воздуха и управления диафрагменным исполнительным механизмом ДИМ показана на рис. 8.

Система содержит:

- 1 – фильтр воздушный ФВ 25-02;
- 2 – редуктор давления РД 3-1;
- 3 – пневмотумблер;
- 4 – реле давления (датчик давления);
- 5 – электропневматический преобразователь ЭПП 1324;

6 – диафрагменный исполнительный механизм ДИМ;



Рис. 8. Система подготовки воздуха и управления диафрагменным исполнительным механизмом

Пневматическая схема системы показана на рис. 9. Нумерация элементов совпадает с нумерацией на рис. 8.

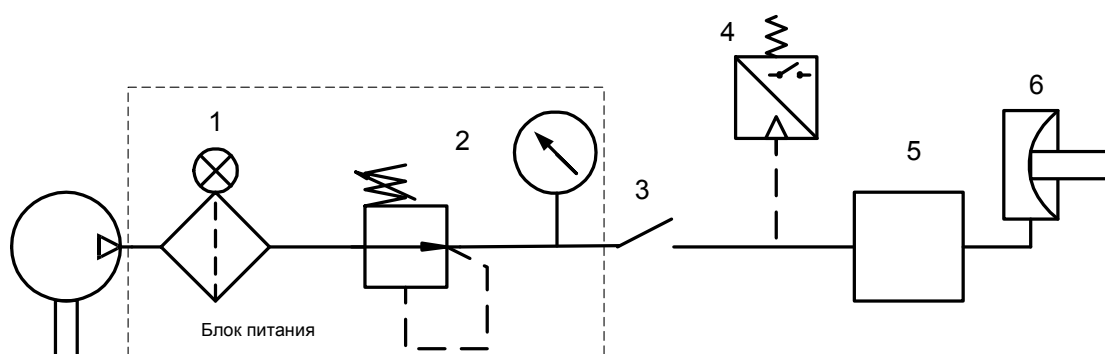


Рис. 9. Пневматическая схема системы питания и управления ДИМ

Выводы электропневматического преобразователя (сигнал управления  $0 \dots 5$  мА) и электроконтактного манометра представлены на центральной панели стенда.

Схематическое представление *центральной панели* стенда с графическим указанием назначения ряда гнезд показано на рис. 10.

На панели расположены:

гнезда, связанные с концевыми и путевыми выключателями механизмов;

гнезда, связанные с выводами катушек электромагнитов пневматических распределителей и клапанов;

гнезда, связанные с диодами;  
 блок выключателей и индикаторов блока питания стенда;  
 гнезда, связанные с выводами управления электропневматического преобразователя и датчика давления;

три пары гнезд  $\pm 24$  В для подачи питания на схемы управления электромагнитами пневматических распределителей и клапанов (напряжение появляется при включении выключателя «БП»).

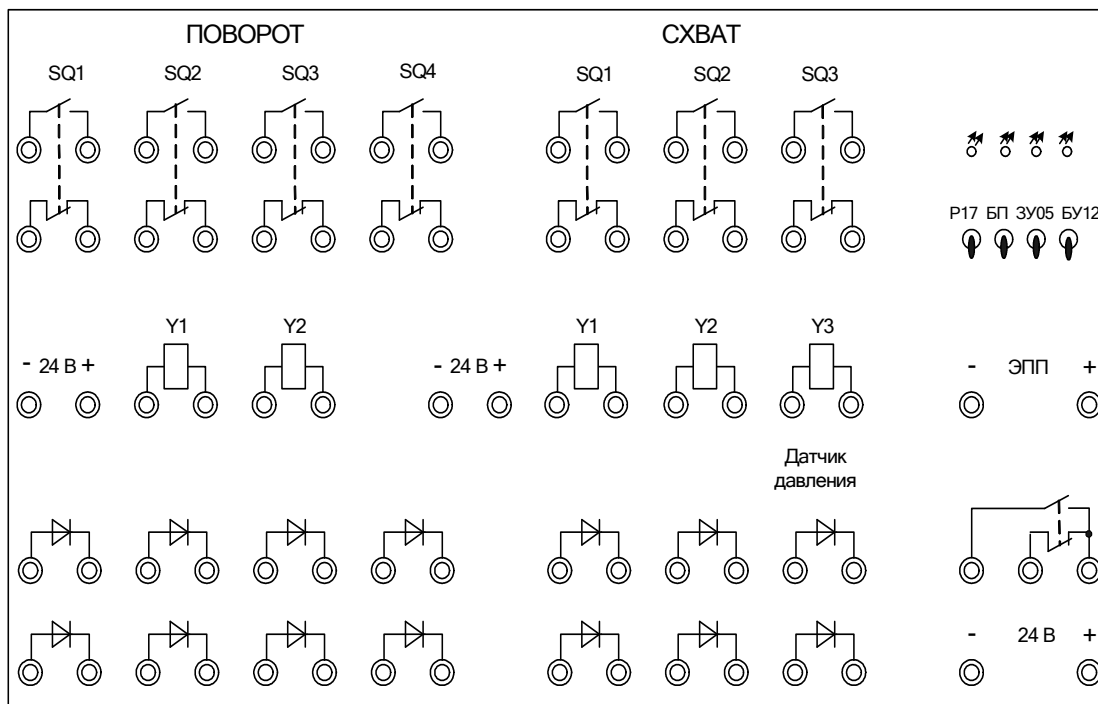


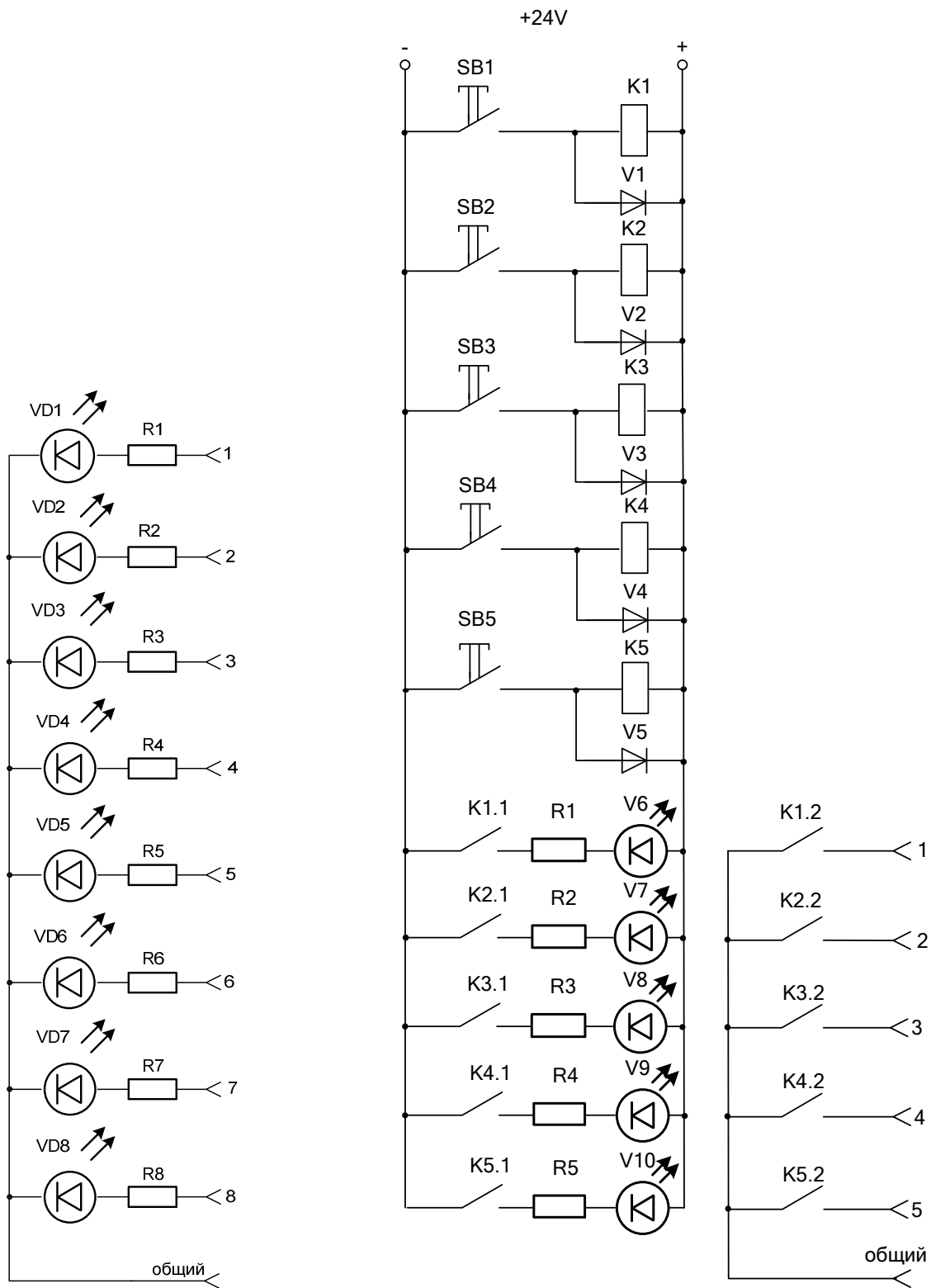
Рис. 10. Схематическое представление центральной панели

Левая горизонтальная панель стенда имитирует дискретные входы и выходы контроллера. Принципиальная электрическая схема имитаторов представлена на рис. 11.

На правой панели размещены задатчик токовый ЗУ05, блок управления БУ12, а также гнезда, связанные с выводами этих приборов. Кроме того, на этой панели расположены гнезда, представляющие вход и выход преобразователя сигнала 4...20 мА в сигнал 0...5 мА, функцию которого выполняет регулятор аналоговый Р17.

Устройство задающее токовое ЗУ 05 предназначено для применения в системах автоматического регулирования производственных процессов в качестве ручного токового задатчика. ЗУ05 по существу представляет регулируемый источник тока. Упрощенная схема устройства показана на рис. 12.

На правую панель выведены выходы 4, 5, 6, 7. Подключение нагрузки (приемника сигнала 0...5 мА) производится исходя из ее входного сопротивления.



а) имитатор дискретных входов; б) имитатор дискретных выходов

Рис. 11. Имитаторы дискретных входов и выходов контроллера

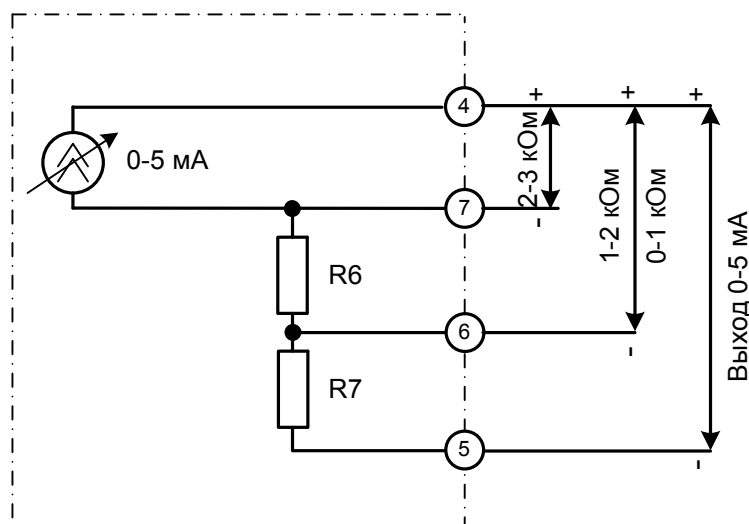


Рис.12. Упрощенная схема ЗУ05

Блок управления аналогового регулятора БУ12 предназначен для переключения управления цепей нагрузки аналогового регулирующего блока с автоматического управления на ручное и обратно и для ручного управления током нагрузки. Упрощенная схема БУ12 показана на рис.13. Блок содержит два синхронно работающих, но гальванически развязанных регулируемых источника тока и переключатель управления, контакты которого могут быть использованы для коммутации различных цепей схемы управления объектом.

Преобразователь сигнала 4-20 мА/0-5 мА построен на базе регулятора аналогового Р17-3. Описание регулятора см. в Приложении. Схема внешних соединений, содержащая упрощенное описание работы регулятора в качестве преобразователя сигнала, приведена на рис. 14.

Источник сигнала 4-20 мА подключен к инверсному входу Р17 по напряжению 0-10 В (клеммы 4, 6) с изменением полярности. Для преобразования токового сигнала в сигнал по напряжению используется сопротивление 220 Ом. Таким образом, входное напряжение при максимальном токе равно 4,4 В. Выбор «небольшого» диапазона изменения входного напряжения вместо полного (0-10В) связан с тем, что, как оказалось, при больших входных напряжениях измерительная схема Р17 входит в режим насыщения и линейная связь между ее входами и выходом утрачивается. С другой стороны, допустимое сопротивление нагрузки для аналогового выхода ПЛК 150 4-20мА составляет от 0 до 900 Ом.

На прямой вход Р17 по напряжению 0-10 В (клеммы 4, 10) подано отрицательное опорное напряжение -10 В. Прямой вход является масштабируемым: с помощью потенциометра  $\alpha_2$  можно регулировать уровень сигнала, подаваемого на сумматор.

Клеммы 14, 16, 20, отвечающие за ввод сигнала термопары, закорочены.

Выходной токовый сигнал 0-5 мА снимается с клемм 7,9.



Разностный сигнал, формируемый измерительной схемой Р17, подается на блок, реализующий функцию ПИД-регулятора. В нашей схеме «И» и «Д» составляющие закона регулирования отключены установкой соответствующих переключателей. Коэффициент пропорциональной составляющей определяет коэффициент передачи сигнала преобразователем.

Для настройки преобразователя сигнала необходимо:

- 1) подать на вход сигнал 4 мА. С помощью потенциометра  $\alpha_2$  добиться того, чтобы ток выходной цепи был равен нулю;
- 2) подать на вход сигнал 20 мА. С помощью потенциометра, задающего коэффициент передачи пропорциональной составляющей, добиться того, чтобы ток выходной цепи был равен 5 мА.

### **Программа работы**

*1. Подготовка компрессора к работе (последовательность действий выполняется после сбора схем)*

1.1. Осмотреть компрессорную установку (КУ) на отсутствие внешних повреждений. Проверить уровень масла.

1.2. Отсоединить шланг отбора давления.

1.3. Подключить КУ с питанию. Выключателем 3 (рис. 2) включить привод компрессора.

1.4. По манометру 8 (рис. 2) следить за ростом давления. При давлении 8-8,5 атм. привод компрессора должен отключиться.

**Внимание! В случае, если привод компрессора не отключится при указанном давлении, произвести отключение вручную и сообщить о неисправности преподавателю.**

1.5. Задатчиком регулятора давления установить давление в линии регулируемого отбора равное 4 атм. Контроль давления осуществлять по манометру 5 (рис. 2).

1.6. Подсоединить к разъему 4 (рис. 2) линии регулируемого отбора шланг.

*2. Изучение диафрагменного исполнительного механизма непрерывного действия и разработка системы управления им*

2.1. Изучить конструкцию и назначение следующих устройств стенда (рис. 8):

фильтра-воздухоподготовителя ФВ-25;

редуктора давления с манометром 2;

диафрагменного исполнительного механизма 6;

электропневматического преобразователя 5;

датчика давления 4;

выключателя воздуха 3.

2.2. Собрать схему управления, используя задатчик ЗУ05 в качестве имитатора регулятора, блок управления БУ12, электропневматический преобразователь ЭП 0005. Схема должна обеспечивать работу в режиме «Автоматическое управление» (сигнал управления формируется ЗУ05) и «Ручное управление» (сигнал управления формируется БУ12).

Во всех режимах на имитатор дискретных входов должны быть заведены сигналы о режиме работы БУ12 и о наличии давления в пневмомагистрали.

2.3. Подготовить компрессорную установку к работе (см. п.1).

2.4. Отрегулировать давление 140 кПа во входной линии электропневматического преобразователя с помощью редуктора давления РДФ-3. Контроль давления осуществлять по манометру.

2.4. Предоставить схему соединений на проверку преподавателя, после чего провести апробацию системы.

*3. Разработка системы программного управления диафрагменным исполнительным механизмом*

3.1. Изменить схему управления, собранную в результате выполнения п. 2, таким образом, чтобы обеспечить программное управление механизмом.

В «автоматическом» режиме сигнал управления электропневматическим преобразователем вместо ЗУ05 должен формировать контроллер ПЛК 150. С этой целью необходимо подключить аналоговый выход ПЛК 4-20 мА через преобразователь сигнала 4-20мА/0-5 мА к соответствующему входу БУ12.

Вместо имитатора дискретных входов следует использовать дискретные входы ПЛК150.

3.2. Разработать и протестировать программу управления ДИМ для контроллера ПЛК 150 и экран визуализации CoDeSys. Программа управления и экран визуализации должны обеспечивать:

отображение текущего режима управления механизмом;

информирование о наличии/отсутствии давления в пневмомагистрали;

прямое управление положением механизма. Необходимо предусмотреть ввод управляющего сигнала по положению;

отображение сигнала управления механизмом, формируемого БУ12 (ручное управление).

*4. Изучение дискретной пневмоавтоматики и разработка системы управления ею*

4.1. Изучить конструкцию и назначение устройств и подсистем стенда:

механизмов поворота и схвата;

панелей управления 3, 4 стенда (рис.1);

электропневматических распределителей, клапанов и дросселей;

пневматических схем управления механизмами поворота и схвата.

4.2. Собрать электрическую схему управления поворотом, используя имитатор контроллера и элементы центральной панели. Параллельно катушкам электропневматических распределителей включить обратные диоды для защиты коммутирующей аппаратуры от ЭДС самоиндукции. Останов привода поворота осуществлять концевыми выключателями (угол поворота – по заданию преподавателя). На дискретные входы имитатора должны подаваться сигналы о достижении приводом соответствующих положений.

4.3. Собрать электрическую схему управления схватом, ориентируясь на рис. 7. В качестве ключей использовать дискретные выходы имитатора контроллера. Останов привода схвата осуществлять концевыми выключателями.



На дискретные входы имитатора должны подаваться сигналы о достижении приводом соответствующих положений.

4.4. Выключатель воздуха 3 (рис. 8) установить в положение «выключено». Подготовить компрессорную установку к работе.

4.5. Представить собранные схемы на проверку преподавателя, после чего апробировать работу систем управления.

*5. Разработка системы программного управления приводами поворота и схвата*

5.1. Изменить схему управления, собранную в результате выполнения п. 3, таким образом, чтобы обеспечить программное управление механизмом.

Вместо имитатора дискретных входов/выходов использовать дискретные входы/выходы ПЛК150.

5.2. Разработать и протестировать программу управления механизмами для контроллера ПЛК 150 и экран визуализации CoDeSys. Программа управления и экран визуализации должны реализовать выполнение механизмами программы движения. Программа включает:

стадию инициализации. Приводы занимают исходное положение: крайнее положение привода поворота в направлении вращения против часовой стрелки, схват расжат;

стадию «Захват детали»;

стадию «Подача детали» - поворот на 180° по часовой стрелке;

стадию «Отпускание детали»;

стадию «Возврат в исходное положение» - поворот на 180° против часовой стрелки.

Переход от стадии «Возврат в исходное положение» к стадии «Захват детали» должен производиться по команде с экрана визуализации.

Рекомендуемый язык программирования – SFC, язык программирования этапов и переходов – ST.

### **Содержание отчета**

1. Принципиальные схемы соединений, выполненных по п. 1–5 программы работы.

2. Программы управления механизмами для контроллера ПЛК 150 и экраны визуализации CoDeSys.

### **Контрольные вопросы**

1. Опишите основные элементы стенда.

2. Опишите конструкцию и назначение элементов компрессорной установки.

3. Опишите конструкцию и пневматическую схему управления механизмом поворота.

4. Опишите конструкцию и пневматическую схему управления механизмом «схвата».

5. Опишите типовую электрическую схему питания и управления диафрагменным исполнительным механизмом.

6. Опишите состав и назначение элементов центральной панели стенда.
7. Опишите принципиальную электрическую схему имитатора дискретных входов и выходов контроллера.
8. Опишите назначение, устройство и внешние цепи ЗУ05.
9. Опишите назначение, устройство и внешние цепи БУ12.
10. Опишите реализованные при выполнении работы программы управления контроллера.
10. Опишите реализованные при выполнении работы экраны визуализации.

## 5. Разработка системы программного управления позиционированием с использованием графопостроителя

### Цель работы:

Изучение принципов программной реализации системы позиционирования с использованием аналоговых управляющих сигналов.

### Теоретические сведения

На рис. 1. представлен графопостроитель ENDIM 612.01, используемый при выполнении работы.



Рис. 1. Графопостроитель ENDIM 612.01

На рис. 1 обозначены:

1 – каретка с установленным пишущим элементом. Совершает движения по двум осям (X, Y) как показано на рисунке;

2 – базовый модуль. Содержит выключатель питания и органы ручного управления;

3 – кнопка включения питания;

4 – кнопка включения электростатического поля, фиксирующего лист бумаги на планшете;

5 – кнопка управления пишущим элементом;

6 – кнопка перевода каретки в максимальное положение по осям;

7 – кнопка перевода в режим установки нуля по оси X;

8 – потенциометр управления по оси X;

9 – кнопка перевода в режим установки нуля по оси Y;

- 10 – потенциометр управления по оси Y;
- 11 – модуль «Предварительный усилитель», обрабатывающий внешний сигнал управления по оси X;
- 12 – переключатель выбора коэффициента усиления по каналу X;
- 13 – потенциометр установки смещения по каналу X;
- 14 – переключатель выбора масштабного коэффициента смещения по каналу X;
- 15 – модуль «Усилитель постоянного тока», обрабатывающий внешний сигнал управления по оси Y;
- 16 – переключатель выбора коэффициента усиления по каналу Y.

Управление положением каретки по осям производится с использованием внешних сигналов по напряжению постоянного тока и сигналов, формируемых потенциометрами базового блока.

Внешние сигналы формируются токовыми выходами контроллера ПЛК 150 4...20 мА. Для преобразования токовых сигналов в сигналы по напряжению применяются резисторы сопротивлением 620 Ом. Выбор масштабов «отображения» сигналов (В(мВ, мкВ)/см) осуществляется с помощью переключателей соответствующих модулей. В модуле «Предварительный усилитель», кроме того, имеется возможность ввести в канал регулируемое смещение, значение которого устанавливается с помощью потенциометра 13 и переключателя 14 (см. рис. 1). Рекомендуемые значения: масштабные коэффициенты 100, 500 мВ/см, смещение 0, коэффициент усиления 1.

Каждый канал может работать в двух режимах.

В режиме «Установка нуля», когда нажата кнопка 7 (9), с помощью потенциометра 8 (10) устанавливается положение каретки при нулевом сигнале управления. В данном режиме канал не воспринимает внешний сигнал управления.

В режиме «Работа», когда кнопка 7 (9) отжата, положение каретки определяется суммой внешнего сигнала и сигнала, формируемого потенциометром 8 (10).

Сигналы, формируемые потенциометрами, могут быть как положительными, так и отрицательными. В последнем случае кнопки 7 и 9 подсвечиваются.

## **Программа работы**

### *1. Подключение*

При помощи лабораторных проводов подключите выходы аналоговых выходов контроллера к входам графопостроителя, используя преобразующие резисторы (см. рис. 1). Установите масштабные коэффициенты каналов 100 и 500 мВ/см. Для канала X, дополнительно, установите смещение, равное 0, и коэффициент усиления, равный единице. Включите графопостроитель. Уложите бумажный лист и включить фиксирующее электростатическое поле.

### *2. Настройка*

2.1. Подайте питание на контроллер. Запустите программу CoDeSys. Создайте новый проект. Язык программирования PLC\_PRG – ST. Сконфигурируйте

те ПЛК 150, «привязав» к его аналоговым выходам переменные out\_X и out\_Y. Диапазон изменения переменных соответствует диапазону выходных сигналов от 4 до 20 (мА).

Объявите глобальные переменные X и Y типа REAL. Эти переменные будут определять положение каретки в сантиметрах.

Для начальной инициализации переменных X и Y и преобразования их значений в значения выходных переменных out\_X и out\_Y в PLC\_PRG предварительно введите следующий код:

```
X = 0;  
Y = 0;  
out_X = 4 + 16*X/30;  
out_Y = 4 + 16*Y/30;
```

Предполагается, что диапазон изменения переменных X и Y – 0...30 см.

Загрузите программу в контроллер и перевести его в режим «Run». Наблюдайте перемещение каретки.

Переключите графопостроитель в режим «Установка нуля» и переведите каретку в нулевое положение по обеим осям.

Переключите графопостроитель в режим «Работа» и наблюдайте перемещение каретки в положение, соответствующее сигналу 4мА на каждом входе. С помощью потенциометров вновь верните каретку в нулевое положение.

Измените значение переменных X и Y на 30 и перезапустите программу. Определите и запишите максимальные перемещения по осям. Их значения будут максимально возможными значениями переменных X и Y. Замените ими число 30 в выражениях для out\_X и out\_Y.

### *3. Контроль времени*

Объявите глобальные переменные t и t1:

```
VAR_GLOBAL  
t1: DWORD:=0;  
t:REAL;  
END_VAR
```

В PLC\_PRG поместите следующий код:

```
IF(t1=0) THEN  
t1:=TIME_TO_DWORD(TIME());  
END_IF  
t:=DWORD_TO_REAL (TIME_TO_DWORD(TIME())-t1)/1000;
```

В результате его выполнения в переменную t будет записываться время в секундах, прошедшее с момента запуска программы. Для «перезапуска времени» в ходе выполнения программы достаточно обнулить переменную t1 в редакторе и выполнить команду Online/Write Values (Ctrl + F7).

### *4. Построение графических фигур*

Разработаете подпрограммы управления кареткой графопостроителя, обеспечивающие рисование фигур, показанных на рис.2 (квадрат, треугольник,

окружность). Для организации согласованного движения каретки по обеим осям используйте переменную  $t$ .

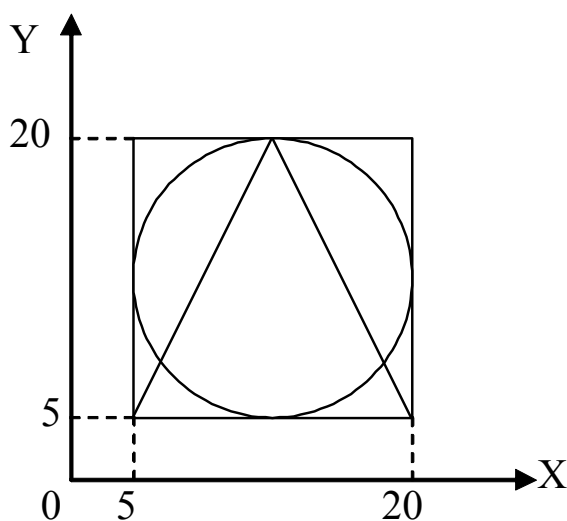


Рис. 2. Графические фигуры

Указание: для рисования наклонных линий используйте линейные функции времени, для рисования окружности – тригонометрические.

### Содержание отчета

1. Пошаговое описание проведенных процедур настройки системы.
2. Программы управления для ПЛК 150.
3. Копии рисунков фигур, выполненных графопостроителем.

### Контрольные вопросы

1. Опишите графопостроитель и его модули в целом.
2. Опишите состав и назначение базового модуля.
3. В каких режимах может функционировать графопостроитель?
4. Опишите состав и назначение модуля «Предварительный усилитель».
5. Опишите состав и назначение модуля «Усилитель постоянного тока».
6. Опишите процедуру согласования положения каретки с внутренними переменными контроллера.
7. Опишите переменные и фрагмент программного кода, используемые для контроля времени.
8. Опишите подпрограмму рисования квадрата.
9. Опишите подпрограмму рисования треугольника.
10. Опишите подпрограмму рисования окружности.

## 6. Конфигурирование модулей ввода-вывода

### Цели работы:

изучение лабораторного стенда на базе модулей ввода-вывода МВА8 и МВУ8;

получение навыков работы с программами конфигураторами модулей ввода-вывода МВА8 и МВУ8;

конфигурирование модулей ввода-вывода МВА8 и МВУ8 для применения в составе лабораторного стенда.

### Теоретические сведения

#### 1. Модули ввода-вывода

##### 1.1 Описание и характеристики модуля МВА8

Модуль ввода аналоговый измерительный МВА8 предназначен для построения автоматических систем контроля и регулирования производственных технологических процессов в различных областях промышленности, сельском и коммунальном и других отраслях народного хозяйства.

Прибор выполняет следующие основные функции:

измерение физических параметров объекта, контролируемых входными первичными преобразователями;

цифровую фильтрацию измеренных параметров от промышленных импульсных помех;

коррекцию измеренных параметров для устранения погрешностей первичных преобразователей;

формирование аварийного сигнала при обнаружении неисправности первичных преобразователей;

передачу компьютеру информации о значениях измеренных датчиками величин или значениях, полученных после преобразования этих величин;

изменение значений его программируемых параметров с помощью программы конфигурирования;

сохранение заданных программируемых параметров в энергонезависимой памяти при отключении напряжения питания МВА8;

снятие показаний датчиков положения (резистивного и токового типа) и контактных дискретных датчиков.

Его основные характеристики представлены в таблицах 1,2.

Таблица 1. Общие характеристики модуля МВА

Наименование	Значение
Диапазон переменного напряжения питания частотой 47...63 Гц	90...245 В
Потребляемая мощность	не более 6 ВА
Количество измеряемых каналов	8
Время опроса одного канал	не более 0,4 с

Наименование	Значение
Напряжение источника питания активных датчиков	24±3 В постоянного тока (180 мА макс.)
Интерфейс связи с компьютером	RS-485
Протокол связи, используемый для передачи информации о результатах измерения	Овен; ModBus-RTU; ModBus-ASCII; DCON
Степень защиты корпуса	IP20
Габаритные размеры прибора	157x86x57 мм
Масса прибора	не более 0,5 кг
Средний срок службы	8 лет

Таблица 2. Датчики и входные сигналы

Наименование и НСХ	Диапазон измерения	Разрешающая способность	Предел основной приведенной погрешности
<b>Термопреобразователи сопротивления по ГОСТ Р 6651-94</b>			
ТСМ (Cu50)W <sub>100</sub> =1,4260	-50 <sup>0</sup> С...+200 <sup>0</sup> С	0,01 <sup>0</sup> С	0,25 %
ТСМ (50М)W <sub>100</sub> =1,4280	-190 <sup>0</sup> С...+200 <sup>0</sup> С		
ТСП (Pt50)W <sub>100</sub> =1,3850	-200 <sup>0</sup> С...+750 <sup>0</sup> С		
ТСП (50П)W <sub>100</sub> =1,3910	-200 <sup>0</sup> С...+750 <sup>0</sup> С		
ТСМ (Cu100)W <sub>100</sub> =1,4260	-50 <sup>0</sup> С...+200 <sup>0</sup> С		
ТСМ (100М)W <sub>100</sub> =1,4280	-190 <sup>0</sup> С...+200 <sup>0</sup> С		
ТСП (Pt100)W <sub>100</sub> =1,3850	-200 <sup>0</sup> С...+750 <sup>0</sup> С		
ТСП (100П)W <sub>100</sub> =1,3910	-200 <sup>0</sup> С...+750 <sup>0</sup> С		
ТСН (Ni100)W <sub>100</sub> =1,6170	-60 <sup>0</sup> С...+180 <sup>0</sup> С		
ТСМ (Cu500)W <sub>100</sub> =1,4260	-50 <sup>0</sup> С...+200 <sup>0</sup> С		
ТСМ (500М)W <sub>100</sub> =1,4280	-190 <sup>0</sup> С...+200 <sup>0</sup> С		
ТСП (Pt500)W <sub>100</sub> =1,3850	-200 <sup>0</sup> С...+650 <sup>0</sup> С		
ТСП (500П)W <sub>100</sub> =1,3910	-200 <sup>0</sup> С...+650 <sup>0</sup> С		
ТСН (Ni500)W <sub>100</sub> =1,6170	-60 <sup>0</sup> С...+180 <sup>0</sup> С		
ТСМ (Cu100)W <sub>100</sub> =1,4260	-50 <sup>0</sup> С...+200 <sup>0</sup> С		
ТСМ (1000М)W <sub>100</sub> =1,4280	-190 <sup>0</sup> С...+200 <sup>0</sup> С		
ТСМ (Pt1000)W <sub>100</sub> =1,3850	-200 <sup>0</sup> С...+650 <sup>0</sup> С		
ТСМ (1000П)W <sub>100</sub> =1,3910	-200 <sup>0</sup> С...+650 <sup>0</sup> С		
ТСМ (Ni1000)W <sub>100</sub> =1,3170	-60 <sup>0</sup> С...+180 <sup>0</sup> С		
<b>по ГОСТ 6651-78</b>			
ТСМ (53М)W <sub>100</sub> =1,4260 (гр.23)	-50 <sup>0</sup> С...+200 <sup>0</sup> С	0,01 <sup>0</sup> С	0,25 %
<b>Термопары по ГОСТ Р 8.585-2001</b>			
ТХК(Л)	-200 <sup>0</sup> С...+800 <sup>0</sup> С	0,01 <sup>0</sup> С	0,5 %
ТХА(Ж)	-200 <sup>0</sup> С...+1200 <sup>0</sup> С	0,01 <sup>0</sup> С	
ТНН(Н)	-200 <sup>0</sup> С...+1300 <sup>0</sup> С	0,01 <sup>0</sup> С	
ТХА(К)	-200 <sup>0</sup> С...+1300 <sup>0</sup> С	0,01 <sup>0</sup> С	



Наименование и НСХ	Диапазон измерения	Разрешающая способность	Предел основной приведенной погрешности
ТПП(S)	0 <sup>0</sup> С..+1600 <sup>0</sup> С	0,01 <sup>0</sup> С	
ТПП(R)	0 <sup>0</sup> С..+1600 <sup>0</sup> С	0,01 <sup>0</sup> С	
ТПР(В)	+200 <sup>0</sup> С..+1800 <sup>0</sup> С	0,01 <sup>0</sup> С	
ТВР(А-1)	0 <sup>0</sup> С..+2500 <sup>0</sup> С	0,01 <sup>0</sup> С	
ТВР(А-2)	0 <sup>0</sup> С..+1800 <sup>0</sup> С	0,01 <sup>0</sup> С	
ТВР(А-3)	0 <sup>0</sup> С..+1600 <sup>0</sup> С	0,01 <sup>0</sup> С	
ТМК(Т)	-200 <sup>0</sup> С..+400 <sup>0</sup> С	0,01 <sup>0</sup> С	
<b>Сигналы постоянного тока и напряжения по ГОСТ 26.011</b>			
0...5 мА	0...100%	0,01%	0,25 %
0...20 мА	0...100%	0,01%	
4...20 мА	0...100%	0,01%	0,25 %
-50...+50 мВ	0...100%	0,01%	
0...1 В	0...100%	0,01%	
<b>Датчик положения задвижек</b>			
- резистивный(до 900Ом)	0...100%	1%	не устанавливается
- резистивный (0...2КОм)	0...100%	1%	
- токовый 0(4)...20 мА	0...100%	1%	
- токовый 0...5 мА	0...100%	1%	

Первичные преобразователи и датчики предназначены для контроля физических параметров объекта (температуры, положение заслонки) и преобразования их в электрические сигналы, оптимальные с точки зрения дальнейшей их обработки.

В качестве входных измерительных преобразователей прибора были использованы:

термопара (преобразователь термоэлектрический);

активные преобразователи с выходным аналоговым сигналом в виде постоянного напряжения или тока;

измерительные преобразователи положения исполнительных механизмов; сухие контакты реле или выключателя.

Схема подключения термопары показана на рис. 1.

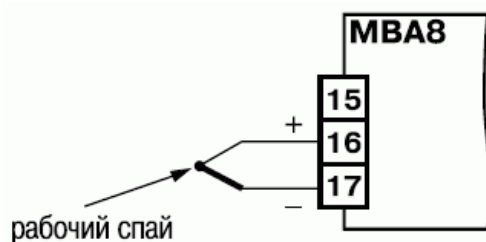


Рис. 1. Схема подключения ТП

МВА8 способен обрабатывать сигналы датчиков резистивного типа с сопротивлением до 900 Ом или 2,0 кОм.

В стенде датчик положения находится на объекте управления и показывает степень открытия/закрытия заслонки. Кроме того, к датчикам резистивного типа относятся переменные сопротивления на лицевой панели стенда, задающие сигналы управления.

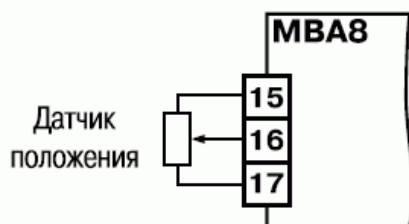


Рис. 2. Схема подключения ИП положения

К МВА8 можно подключать до 16 дискретных датчиков, называемых «Сухие контакты». В качестве датчиков могут выступать различные выключатели, кнопки, контактные группы реле и т.д. Каждый аналоговый вход может быть использован для подключения 2-х дискретных датчиков.

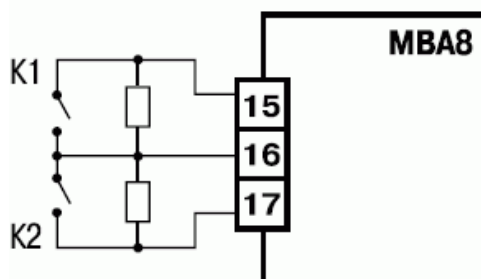


Рис. 3. Схема подключения сухих контактов

В качестве шунтирующих сопротивлений можно использовать любые резисторы с одинаковым номиналом в 60–90 Ом. При опросе датчика «Сухие контакты» его состояние описывается целым числом от 1 до 4.

Таблица 3. Расшифровка состояний датчика

Значение датчика	Состояние контакта	
	1	2
1	Разомкнут	Разомкнут
2	Замкнут	Разомкнут
3	Разомкнут	Замкнут
4	Замкнут	Замкнут

Прибор может быть использован одновременно для работы с различными типами датчиков: термопреобразователями сопротивления, термопарами и т.п. При этом несущественно, к какому из входов МВА8 будет подключен датчик того или иного типа, так как все восемь входов прибора абсолютно идентичны. После подключения датчикам присваиваются порядковые номера тех входов прибора, с которыми они соединены (входу 1 соответствует датчик № 1, входу 2 – датчик № 2 и т.д.).

Тип каждого датчика устанавливается пользователем в виде цифрового кода в программируемом параметре in-t при подготовке прибора к работе.

## 1.2. Описание и характеристики модуля МВУ8

Прибор МВУ8 предназначен для преобразования цифровых сигналов, передаваемых по сети RS 485, в аналоговые или дискретные сигналы управления исполнительными механизмами.

МВУ8 может осуществлять управление ВЭ в двух режимах:

непосредственное управление по сети RS-485;

интеллектуальное управление ИМ.

МВУ8 может управлять ИМ (от 1 до 8) следующих типов:

2-х позиционными (ТЭНами, холодильниками, вентиляторами и т.п.);

3-х позиционными (задвижками постоянной скорости с датчиком или без датчика положения, шиберами, поворотными заслонками, регулирующими клапанами и т.п.);

ИМ с аналоговым управлением;

устройствами сигнализации или защиты оборудования.

МВУ8 может использоваться совместно с модулем расширения MP1, содержащим восемь дискретных ВЭ, что позволяет увеличить количество ВЭ и ИМ в системе. МВУ8 работает в сети RS-485 по стандартным протоколам ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON. МВУ8 не является мастером сети, поэтому сеть RS-485 должна содержать мастер сети (например, SCADA-систему, OPC-драйвер, контроллер или регулятор). В качестве мастера сети могут использоваться приборы ОВЕН ТРМ151, ТРМ133, контроллеры ОВЕН ПЛК и т.п.

Конфигурирование МВУ8 осуществляется с помощью ПК через адаптер интерфейса RS-485/RS-232 (например, ОВЕН АС3) с помощью программы «Конфигуратор МВУ8», входящей в комплект поставки.

Основные характеристики модуля представлены в таблицах 4,5.

Таблица 4. Общие характеристики модуля МВУ

Наименование	Значение
Напряжение питания переменного тока	90...264 В Частотой 47...63 Гц
Потребляемая мощность	не более 12 ВА
Количество выходных элементов	8
Интерфейс связи с компьютером	RS-485
Протокол связи, используемый для передачи информации	ОВЕН; ModBus-RTU; ModBus-ASCII; DCON
Степень защиты корпуса	IP20
Габаритные размеры прибора	157x86x57 мм
Масса прибора	не более 0,5 кг
Средний срок службы	8 лет

Таблица 5. Рабочие электрические параметры выходных элементов

Обозначение / Наименование ВЭ	Значение рабочих электрических параметров
Р	Реле электромагнитное
	4А при напряжении не более 220 В частотой 50 Гц ( $\cos\varphi > 0,4$ )

Обозначение / Наименование ВЭ		Значение рабочих электрических параметров
К	Оптопара транзисторная n-p-n - типа	400мА при напряжении не более 60 В постоянного тока
С	Оптопара симисторная	50мА при напряжении 250 В (в импульсном режиме частотой 50 Гц с длительностью импульса до 1А не более 5мс)
И	ЦАП «параметр-ток» 4...20 мА	Нагрузка 0...900Ом Напряжение питания 15...32 В
У	ЦАП «параметр-напряжение 0...10 В»	Нагрузка не менее 2кОм, Напряжение питания 15...32 В
Т	Выходные элементы для управления твердотельным реле	Выходное напряжение 4...6 В, Максимальный ток 50 мА

Схемы подключения к выходным элементам ВЭ прибора могут быть двух типов: аналогового (маркировка И, У) и дискретного (маркировка Р, К, С, Т), модуль расширения МР1 может быть оснащен ВЭ только дискретного типа.

*ВЭ дискретного типа.*

К таким ВЭ относятся реле (маркировка Р), симисторные оптопары (С) и транзисторные ключи (К), выходы для управления твердотельным реле (Т).

*Электромагнитное реле* позволяет подключать нагрузку с максимально допустимым током 4 А при напряжении 220 В. На клеммы прибора выведены сухие контакты реле.

*Транзисторный ключ* применяется, как правило, для управления низковольтным реле (до 60 В). Схема включения приведена на рис. 4. Во избежание выхода из строя транзистора из-за большого тока самоиндукции параллельно обмотке реле Р1 необходимо устанавливать диод VD1, рассчитанный на напряжение 100 В и ток 1 А.

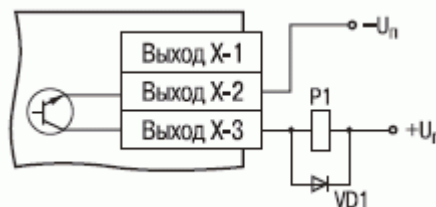


Рис. 4. Схема включения транзисторного выхода

*Оптосимистор* включается в цепь управления мощного симистора через ограничивающий резистор R1 по схеме, показанной на рис. 5. Значение сопротивления резистора определяет величину тока управления симистора.

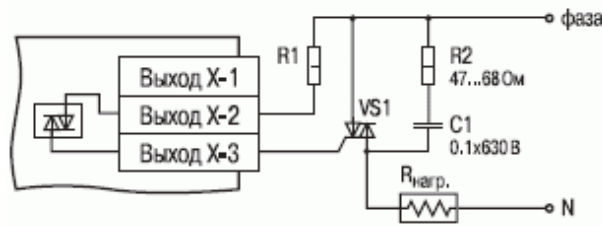


Рис. 5. Схема включения оптосимисторного выхода

Оптосимистор может также управлять парой встречно-параллельно включенных тиристоров VS1 и VS2 (рис. 6). Для предотвращения пробоя тиристоров из-за высоковольтных скачков напряжения в сети к их выводам рекомендуется подключать фильтрующую RC-цепочку (R2C1).

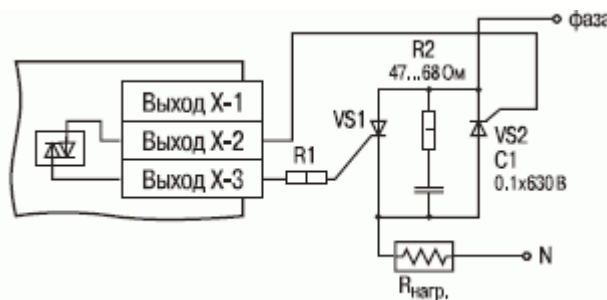


Рис. 6. Схема включения оптосимисторного выхода

Оптосимистор имеет встроенное устройство перехода через ноль и поэтому обеспечивает полное открытие подключаемых тиристоров без применения дополнительных устройств.

Транзисторный ключ и оптосимистор имеют гальваническую развязку от схемы прибора.

*ВЭ аналогового типа*

*ЦАП 4...20 мА (маркировка И)*



Рис. 7. Схема подключения к токовому выходу

Для работы ЦАП 4...20 мА используется внешний источник питания постоянного тока, номинальное значение напряжения  $U_n$  которого рассчитывается следующим образом:

$$U_{n \min} < U_n < U_{n \max};$$

$$U_{n \min} = 10 \text{ В} + 0,02 \text{ А} \cdot R_n \text{ Ом}$$

$$U_{n \max} = 17,5 \text{ В};$$

где  $U_{n \min}$ ,  $U_{n \max}$  – соответственно минимально и максимально допустимое напряжение источника питания, В;

$R_n$  – сопротивление нагрузки ЦАП, Ом.

Если напряжение источника питания ЦАП, находящегося в распоряжении пользователя, превышает расчетное значение  $U_{n,max}$ , то последовательно с нагрузкой необходимо включить ограничительный резистор.

ЦАП 0...10 В (маркировка У)

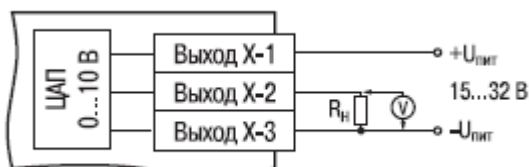


Рис.8. Схема подключения к выходу по напряжению

Для работы ЦАП 0...10 В используется внешний источник питания постоянного тока, номинальное значение напряжения которого лежит в диапазоне от 15 до 32 В.

Выходной элемент рассчитан на резистивную нагрузку не менее 2 кОм. Любой аналоговый ВЭ необходимо юстировать.

## 2. Лабораторный стенд

### 2.1. Структура стенда

Лабораторный стенд представляет собой шкаф управления с размещенным в нем оборудованием (рис. 9).



Рис. 9. Шкаф управления

На рис. 9 обозначены:

1 – модуль ввода МВА8;



2 – модуль вывода МВУ8;

3 – блок переключателей и сопротивлений. Переключатели позволяют отключать выходы модулей от стандартной конфигурации и использовать каналы ввода-вывода произвольным образом. В стандартной конфигурации за каналами закреплены определенные функции, часть из которых требует подключения к входам модуля МВА8 сопротивлений по специальной схеме;

4 – клеммный соединитель. К нему подключаются каналы модулей МВА 8 и МВУ 8, выведенные из стандартной конфигурации с помощью переключателей 3;

5 – блок управления семисторами и тиристорами БУСТ;

6 – пара встречно включенных силовых тиристоров;

7 – пускатель бесконтактный реверсивный ПБР 2М;

8 – преобразователь частоты Hitachi SJ100;

9 – автоматические выключатели питания;

10 – магнитные пускатели;

11 – органы управления лицевой панели;

12 – миллиамперметр, показывающий сигнал управления БУСТ.

В стандартной конфигурации каналы модулей ввода-вывода используются для управления процессом нагрева и охлаждения воды в лабораторной установке. Управление осуществляется посредством двух магнитных пускателей, коммутирующих нерегулируемые потребители энергии на установке, тиристорного регулятора напряжения для регулирования мощности нагревательного элемента, пускателя бесконтактного реверсивного для управления приводом воздушной заслонки на линии охлаждения, преобразователем частоты для управления приводом вентилятора охлаждения.

Все каналы воздействия на объект допускают как ручное, так и автоматическое (посредством модулей МВА8 и МВУ8) управление. На дверце шкафа располагаются органы переключения режимов и управления в ручном режиме, а также мнемосхема, наглядно демонстрирующая возможности и текущее состояние цепей управления (рис. 10).

Стандартное назначение каналов модуля МВА8 следующее:

канал 1: разделен на две «половинки» (дискретные сигналы):

1.1 – сигнал о срабатывании магнитного пускателя 1;

1.2 – сигнал о срабатывании магнитного пускателя 2;

канал 2: сигнал обратной связи по положению исполнительного механизма МЭП (резистивный датчик);

канал 3: разделен на две «половинки» (дискретные сигналы):

3.1 – сигнал о срабатывании концевого выключателя МЭП в направлении «меньше»;

3.2 – сигнал о срабатывании концевого выключателя МЭП в направлении «больше»;

канал 4: разделен на две «половинки» (дискретные сигналы):

4.1 – сигнал о переводе ПБР в режим ручного управления;

4.2 – сигнал о переводе ПЧ в режим ручного управления;

канал 5: сигнал управления ПЧ в кучном режиме (резистивный датчик);  
канал 6: сигнал управления БУСТ в кучном режиме (резистивный датчик);  
канал 7: разделен на две «половинки» (дискретные сигналы):

7.1 – сигнал о переводе БУСТ в режим ручного управления;

7.2 – сигнал о переводе тиристоров режим прямого управления модулем МВУ8;

канал 8: сигнал по температуре (формируемый термопарой ХК).

Стандартное назначение каналов модуля МВУ8 следующее:

канал 1 (реле) – управление магнитным пускателем 1;

канал 2 (реле) – управление магнитным пускателем 2;

канал 3 (транзисторный ключ) – управление ПБР, включение привода в направлении «меньше»;

канал 4 (транзисторный ключ) – управление ПБР, включение привода в направлении «больше»;

канал 5 (семистор) – не используется;

канал 6 (семистор) – прямое управление тиристорами;

канал 7 (токовый выход 4...20 мА) – управление ПЧ (задание частоты);

канал 8 (выход по напряжению 0..10В) – управление БУСТ.



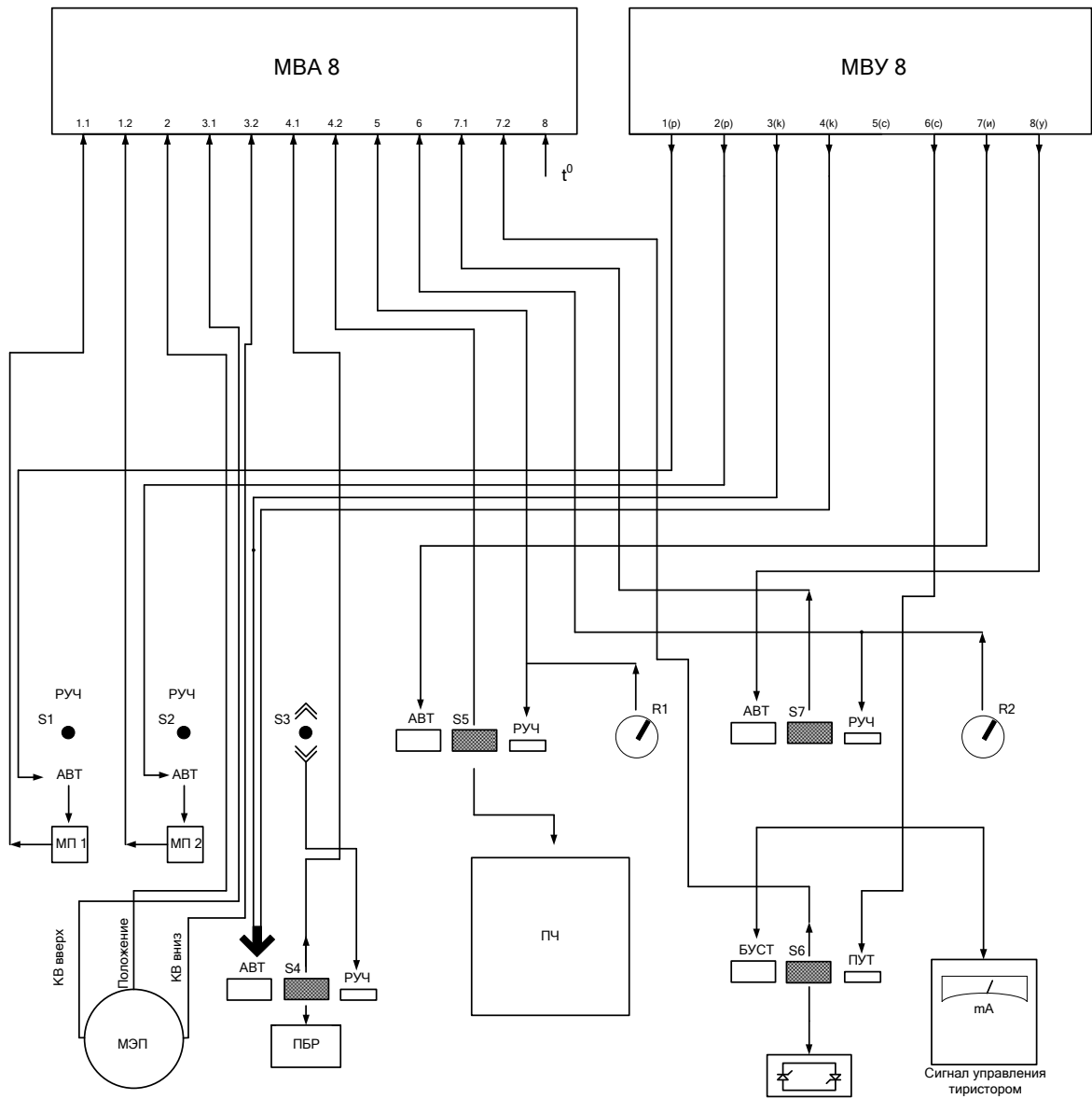


Рис.10. Внешний вид шкафа управления (мнемосхема)

## 2.2. Схемы соединений цепей управления

### Подсистема управления пускателями

Принципиальная схема соединений подсистемы показана на рис. 11.

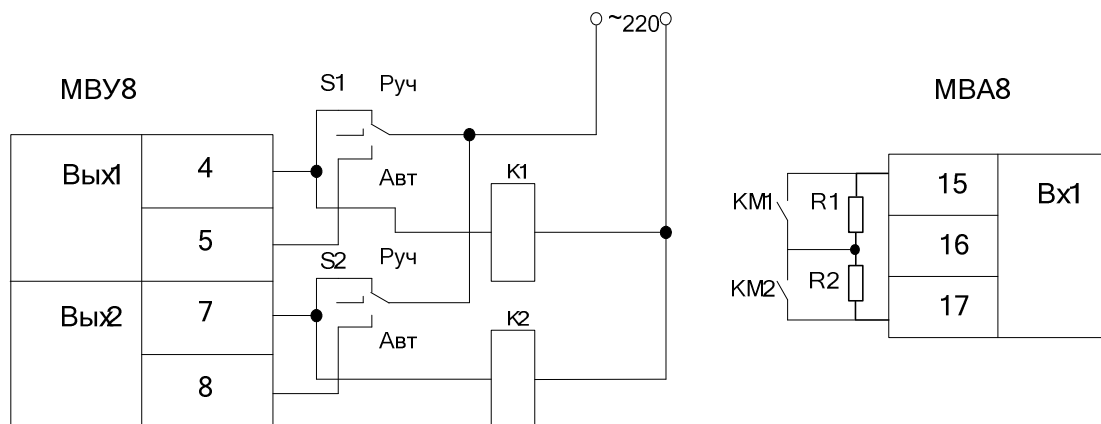


Рис. 11. Подсистема управления пускателями

Пускатели, которые коммутируют силовые розетки, подключены к первому и второму выходам модуля МВУ8 типа «Р». Индикация включения пускателей производится при помощи первого входа МВА8 типа «сухие контакты», который может находиться в четырех состояниях, в зависимости от включения или выключения ПМ1 и ПМ2 соответственно. Трехпозиционные переключатели S1, S2 позволяют включать/выключать пускатели непосредственно вручную на стенде или переводят управление пускателями в автоматический режим.

*Подсистема управления исполнительным механизмом*

Информация о состоянии исполнительного механизма с его клеммной колодки (положение, срабатывание концевых выключателей) поступает на второй и третий входы модуля МВА8 «Резистивный датчик положения задвижки» (до 2.0кОм в нашем случае) и «сухие контакты» соответственно. Схема подключения приведена ниже на рис. 12.

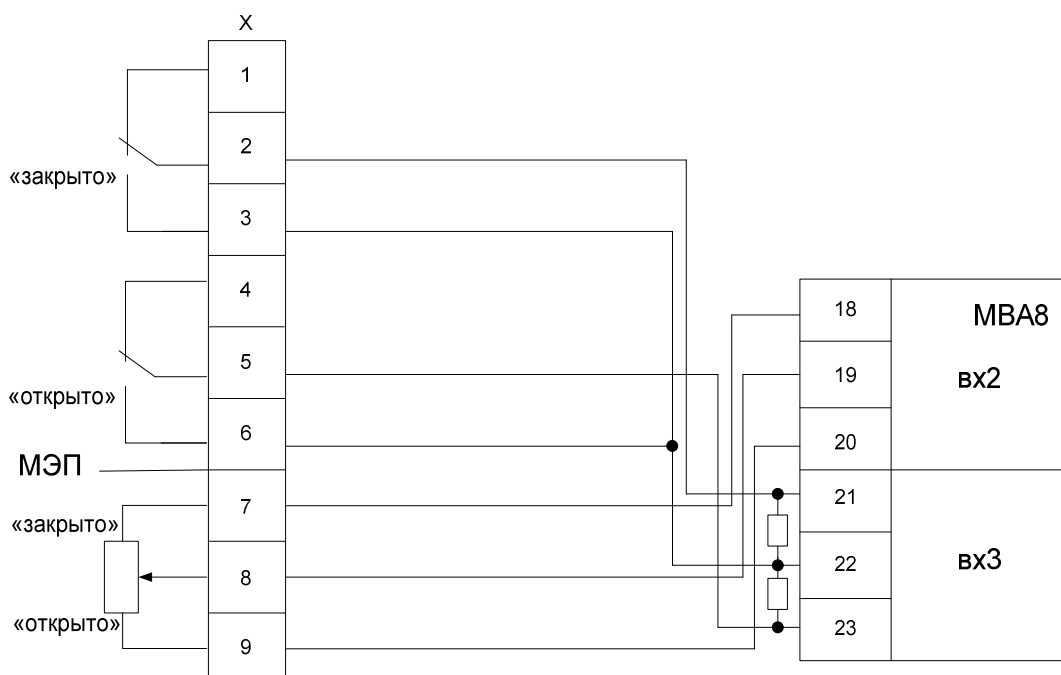


Рис. 12. Подсистема получения информации о состоянии ИМ

Включение исполнительного механизма организовано с помощью пускателя бесконтактного реверсивного двухфазного ПБР-2М, позволяющего пускать ИМ как в прямую, так и в обратную сторону. Схема соединений приведена на рис. 13. Управляющие входы 7,9 и 10 ПБР подключены к третьему и четвертому выходам модуля МВУ8 типа «К» (транзисторный ключ) через переключатель перевода управления ПБР из автоматического в ручной режим S4. Управление ПБР в ручном режиме непосредственно на стенде осуществляется переключателем S3. Информация о состоянии режима ПБР передается системе управления через четвертый вход модуля МВА8 типа «сухие контакты».

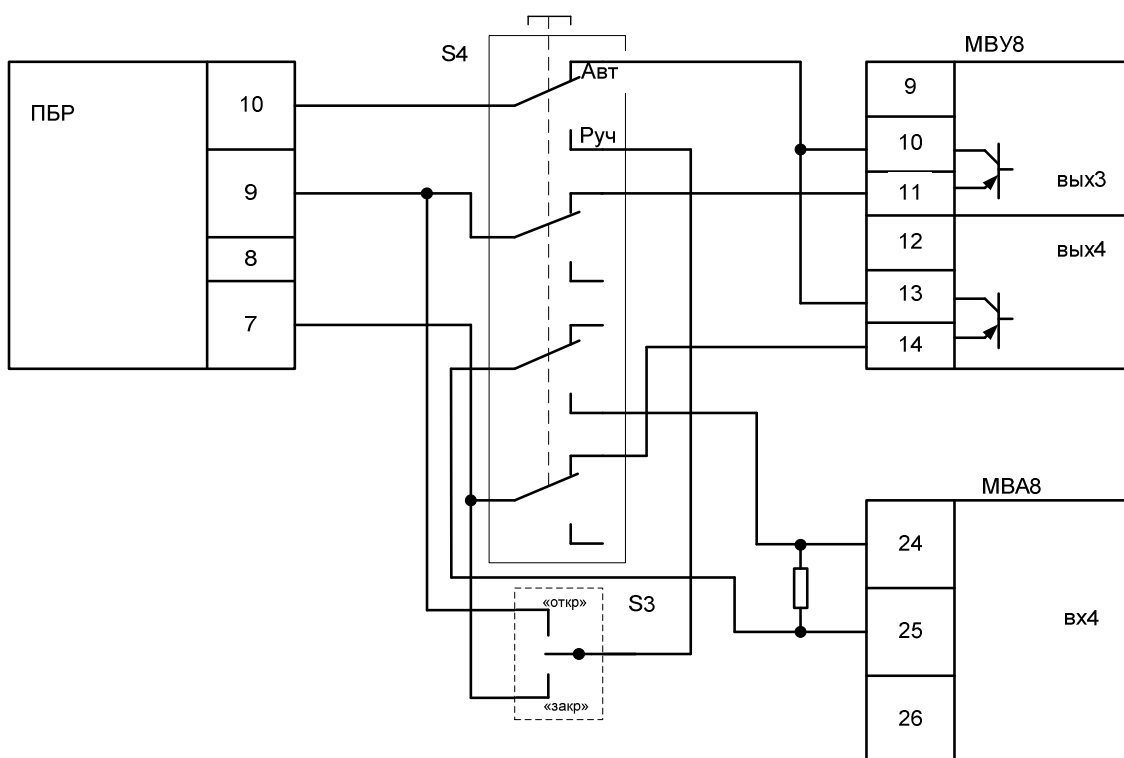


Рис. 13. Схема управления ПБР

#### *Подсистема частотного управления электродвигателем*

Для управления частотой вращения двигателя вентилятора используется преобразователь частоты Hitachi SJ 100. Управление системой может быть реализовано как в ручном, так и в автоматическом режимах. Переключение между режимами осуществляется посредством переключателя S5. Автоматическое управление осуществляет МВУ8. Управляющий вход «ОI» ПЧ подключен через переключатель S5 и ограничительное сопротивление «R<sub>огр</sub>» к седьмому выводу модуля. Ручное управление осуществляется с помощью переменного сопротивления R1 соединенного с входами ПЧ «Н», «О» и «L(-)». Оно механически связано с идентичным сопротивлением R3, подключенным к пятому входу МВА8. «Половинка» четвертого входа МВА8 служит для индикации режима ПЧ. Дискретный вход 1 ПЧ информирует ПЧ о том, с каких входов нужно считывать сигнал задания по частоте: с «О» (сигнал по напряжению – ручной режим) или «ОI» (токовый сигнал – автоматический режим). Схема подключения представлена на рис. 14.

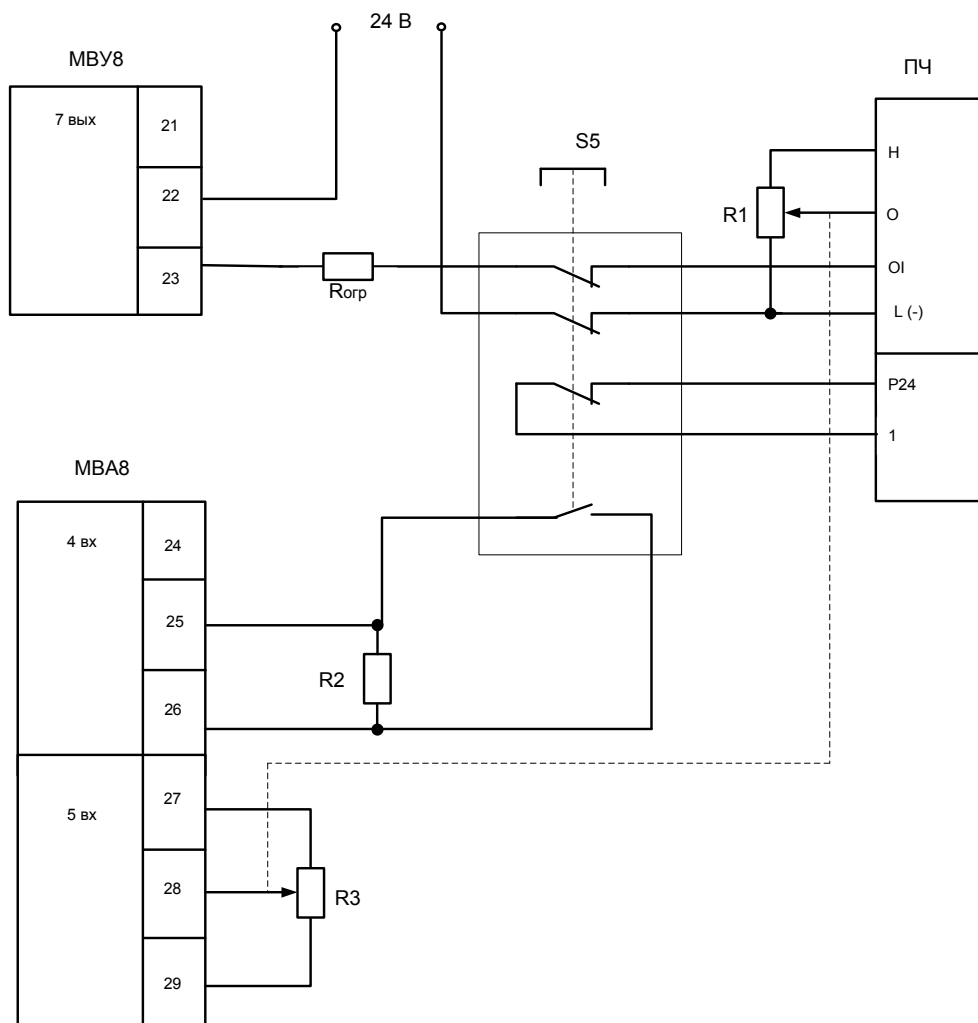


Рис. 14. Схема подключения ПЧ

#### Подсистема управления тиристорами

Управление тиристорами осуществляется выходами 6 и 8 модуля МВУ8 типа «С» и «У» соответственно. Тиристоры могут управляться как напрямую модулем (прямое управление тиристорами), так и посредством БУСТ. Переключение режимов осуществляется переключателем S6. При его нажатии шестой выход МВУ8 через ограничительное сопротивление подключается напрямую к тиристорам, при этом происходит отсоединение БУСТ. Переключатель S7 осуществляет переход из автоматического в ручной режим управления БУСТ. В автоматическом режиме он связывает восьмой выход МВУ8 с управляющими входами БУСТ (X1), который через свои выходы (X2) управляет тиристорами. В ручном режиме управление БУСТ осуществляется посредством переменного сопротивления R1, которое жестко связано с идентичным сопротивлением R2, подключенным к шестому входу модуля MBA8. Схема подключения показана ниже на рис. 15.

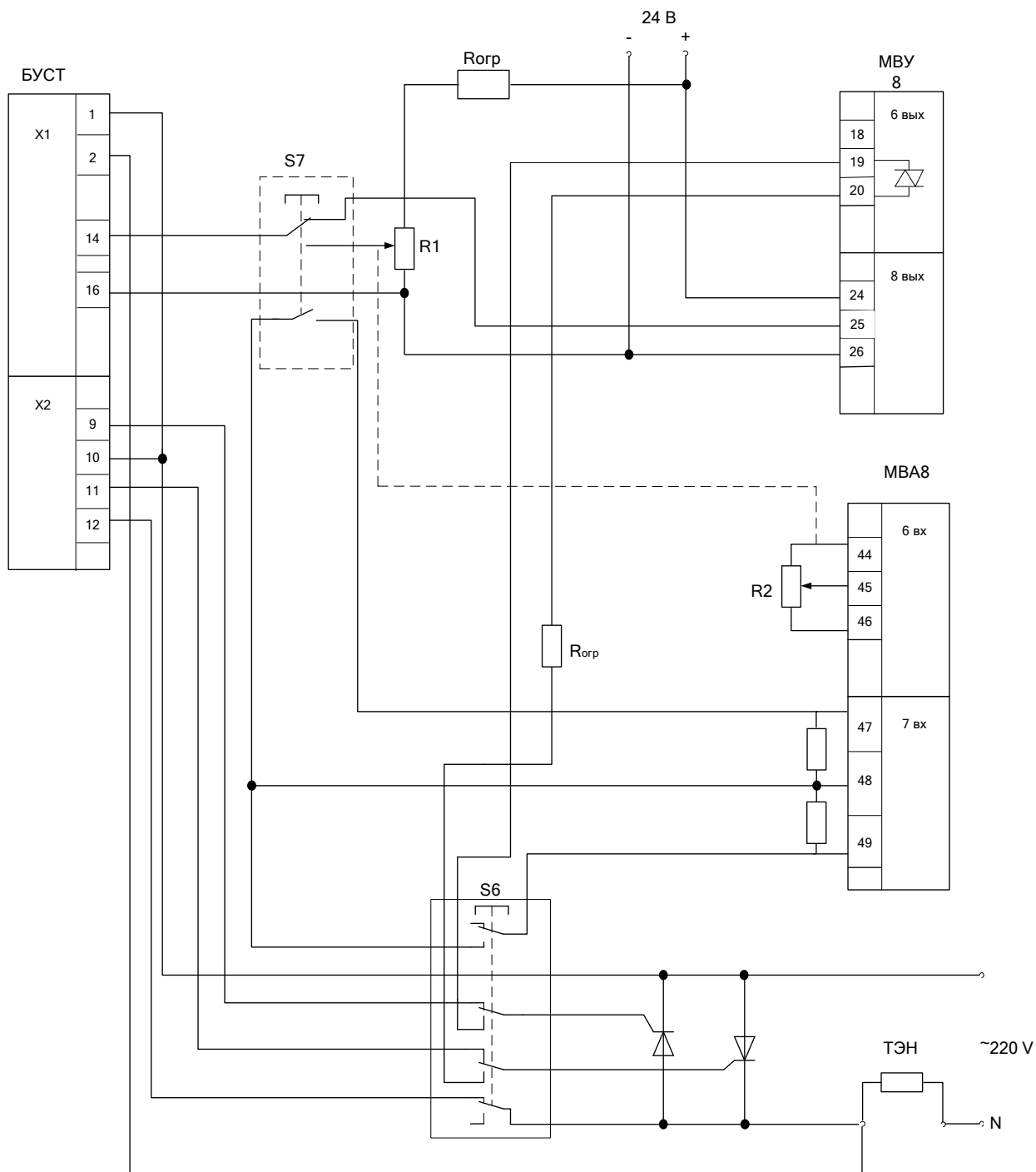


Рис. 15. Схема управления тиристорами

### 3. Конфигурирование модулей ввода-вывода

Для конфигурирования прибора МВА8 необходимо подключить его через адаптер интерфейса RS-485 ОВЕН АС3 (или аналогичный) к персональному компьютеру и подключить к прибору питание.

Конфигурирование производится с помощью программы «Конфигуратор МВА8» и включает настройку сетевых параметров и сетевого интерфейса прибора МВА8. Эта процедура включает задание конфигурации МВА8 (конфигурация прибора – это полный набор значений параметров, определяющий работу прибора).

Порядок программирования прибора:

1. Запускается программа «Конфигуратор МВА-8».

2. Устанавливается связь с прибором. Наличие связи определяется в процессе отправки команд по переходу на протокол ОВЕН. Установка связи происходит на сетевых параметрах, которые были установлены при прошлой запуске программы. Если связь установлена, открывается Главное окно программы. Если программа не смогла установить связь с прибором и перевести МВА8 на работу по протоколу ОВЕН, открывается окно установки сетевых настроек рисунок 16.

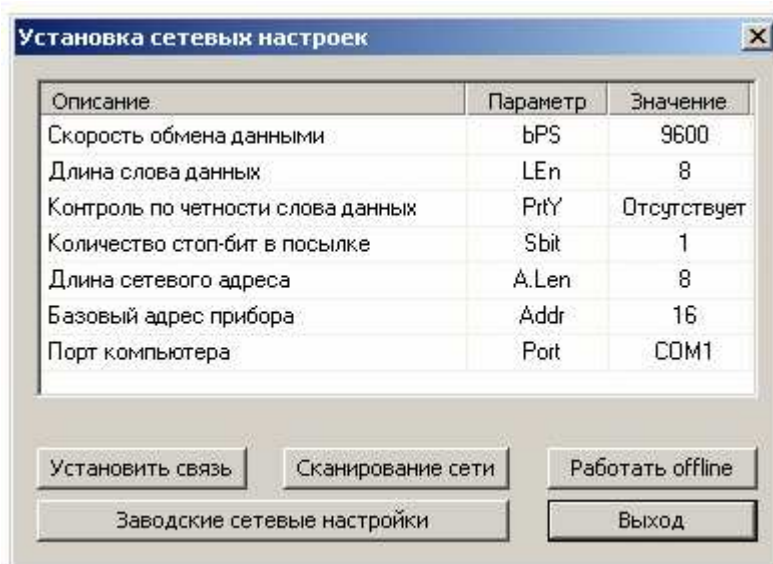


Рис. 16. Окно сетевых настроек

В окне отображается информация о текущих сетевых настройках прибора. Значение параметров могут быть заданы непосредственно в таблице.

3. Открывается конфигурация из файла или создается новая.

4. Задается для каждого используемого входа тип датчика, период опроса и другие характеристики.

Данные параметры задаются в главном окне программы, которое показано на рис. 17.

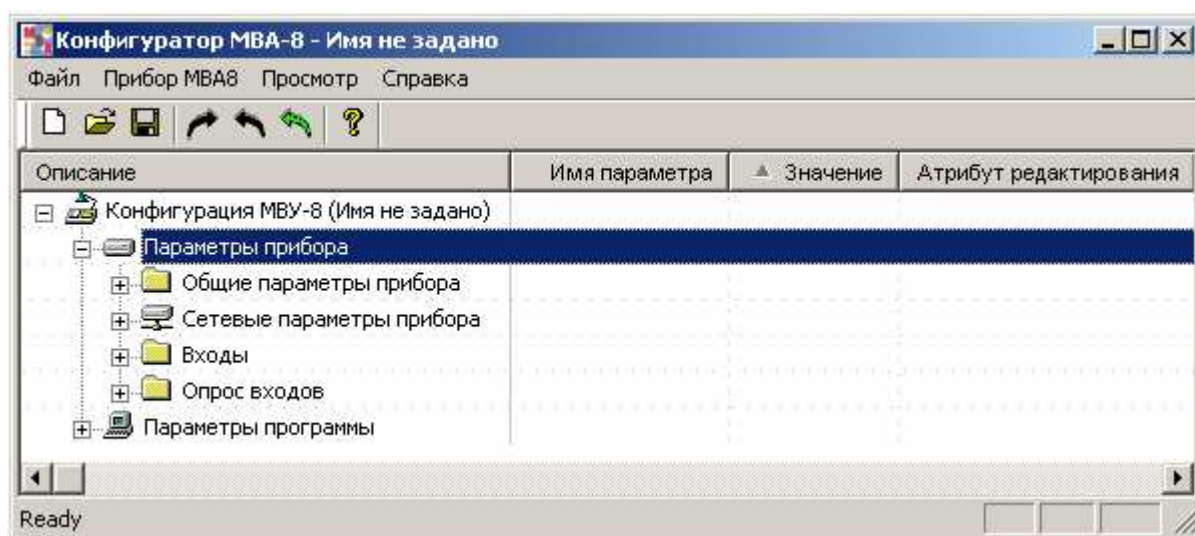


Рис. 17. Главное окно программы.

5. Для активных датчиков задается верхняя и нижняя границы измеряемого диапазона.

6. Записывается полученная конфигурация в прибор, если нужно сохраняется в файл.

Главное окно программы включает титульную строку, в которой отображается запись «Конфигуратор МВА 8» и наименование текущей конфигурации прибора, меню и панель инструментов, область отображения перечня разделов и параметров программы и прибора (в левой части окна) и область отображения значений параметров (в правой части).

При работе с перечнем параметров, чтобы развернуть пункт перечня, следует щелкнуть левой кнопкой мыши на значке «плюс» около названия свернутого пункта; чтобы свернуть – по значку «минус» около названия развернутого пункта перечня.

Управление программой производится посредством меню, кнопок панели управления или горячих клавиш.

МВА 8 необходимо сконфигурировать следующим образом (таблицы 6, 7,8)

Таблица 6. Сетевые параметры прибора МВА8

Описание	Имя параметра	Значение
Скорость обмена данными	bPS	по указанию преподавателя (по умолч. 9600)
Длина слова данных	LEn	8
Контроль по четности слова данных	PrtY	Отсутствует
Количество стоп бит в посылке	Sbit	1
Длина сетевого адреса	A.Len	8
Базовый адрес прибора	Addr	8
Задержка ответа по RS-485,мс	RS.dl	2
Протокол обмена	Prot	ОВЕН

Таблица 7. Входы МВА8

Номер входа	Тип датчика
1	Датчики контактные (сухие)
2	Резистивный датчик задвижки до 2.0кОм
3	Датчики контактные (сухие)
4	Датчики контактные (сухие)
5	Резистивный датчик задвижки до 2.0кОм
6	Резистивный датчик задвижки до 2.0кОм
7	Датчики контактные (сухие)
8	ТХК(L)

Таблица 8. Параметры входов МВА8

Описание	Имя параметра	Значение
Постоянная времени цифрования	in.Fd	0
Интервал между измерениями	Itrl	0.500
Сдвиг характеристики датчика	in.SH	0
Наклон характеристики датчика	in.SL	1.000
Полоса цифрового фильтра	in.FG	0
Нижняя граница диапазона измерения	Ain.L	0
Верхняя граница диапазона измерения	Ain.H	100
Смещение десятичной точки	dP	0

*Юстировка МВА 8* заключается в проведении технологических операций, обеспечивающих восстановление его метрологических характеристик в случае изменения их после длительной эксплуатации прибора. В данной работе юстировка применяется для настройки каналов ввода, связанных с резистивными датчиками.

*Юстировка датчика положения*

Порядок юстировки следующий:

1. Подключить к контактам выбранного входа датчик положения. Схема подключения выбирается в зависимости от типа датчика.
2. При выключенном питании перевести прибор в режим юстировки. Соответствующий переключатель вынесен на короб проводки.
3. Включить питание. Запустить программу конфигурирования и перейти в режим юстировки.
4. Выбрать тип **4** юстировки.
5. Выбрать тип датчика и входной канал прибора
6. Ввести код доступа в режим юстировки **118**.
7. Выполнить действия, предписываемые программой.
8. По окончании юстировки одного датчика аналогично провести юстировку остальных датчиков положения.
9. После проведения всех юстировок – выключить питание прибора. Установить переключатель в положение «Р».

*Конфигурирование модуля МВУ8* происходит по схожей с МВА8 схеме с помощью программы «Конфигуратор МВУ 8».

МВУ 8 необходимо сконфигурировать следующим образом (таблица 9, 10)

Таблица 9. Сетевые параметры МВУ8

Описание	Имя параметра	Значение
Скорость обмена данными	bPS	по указанию преподавателя (по умолч. 9600)
Длина слова данных	LEn	8



Описание	Имя параметра	Значение
Контроль по четности слова данных	PrtY	Отсутствует
Количество стоп бит в посылке	Sbit	1
Длина сетевого адреса	A.Len	8
Базовый адрес прибора	Addr	16
Задержка ответа по RS-485, мс	RS.dl	0
Протокол обмена	Prot	ОВЕН

Таблица 10. Выходы МВУ8

Описание	Параметр	Значение
Тип выходного элемента	POUt	Дискретный
Период ШИМ при управлении ВЭ из сети	THPD	00:05
Аварийное значение на ВЭ	o.ALr	0.000

### Программа работы

1. Изучение лабораторного стенда. Апробация органов ручного управления

1.1. Ознакомьтесь с теоретическими сведениями, приведенными выше.

1.2. **Отключите шкаф от питания.**

1.3. Подключите нагревательный элемент к розетке, связанной с тиристорами, вентилятор – к розетке, связанной с ПЧ, водяной насос – к розетке, связанной с ПМ1, силовой и информационный кабели МЭП – к соответствующим розетке и разъему. Все розетки установлены на боковой стенке щита справа.

1.4. **Убедитесь в наличии достаточного уровня воды в баке (вода с запасом должна закрывать нагревательный элемент).**

1.5. Откройте дверцу шкафа. Включите автоматические выключатели питания. Закройте дверцу шкафа. Подключите шкаф к питанию.

1.6. Переведя выключатели S1 и S2 в положение «Руч», наблюдайте срабатывание магнитных пускателей (при срабатывании пускателя 1 включится водяной насос). Переведите выключатели S1 и S2 в положение «Авт».

1.7. Переведите переключатель S4 в положение «Руч». С помощью переключателя S3 включите привод МЭП сначала в направление «меньше», потом – «больше». Переведите переключатель S4 в положение «Авт».

1.8. Переведите переключатель S5 в положение «Руч». Включите преобразователь частоты в режим «Run» (с помощью кнопки его лицевой панели). Изменяя положение потенциометра R1, наблюдайте изменение частоты вращения привода вентилятора. Переведите переключатель S5 в положение «Авт».

1.9. Переведите переключатель S6 в положение «БУСТ», переключатель S7 в положение «РУЧ». Изменяя положение потенциометра R2, наблюдайте изменение сигнала управления БУСТ по миллиамперметру. Переведите переключатель S7 в положение «Авт».

## *2. Конфигурирование прибора МВА8. Аprobация работы прибора*

2.1. Подключите персональный компьютер к сети RS-485 через преобразователь интерфейса RS-232/RS-485. Включите персональный компьютер. **Внимание: «горячее» подсоединение преобразователя к компьютеру через интерфейс RS-232 не допускается!**

2.2. Запустите программу «Конфигуратор МВА8» и установите связь с прибором.

2.3. Проведите конфигурирование входов МВА8. Проведите юстировку всех «резистивных датчиков» (входы 2, 5, 6).

2.4. Проведите опрос всех входов. Удостоверьтесь в правильности работы модуля.

## *3. Конфигурирование прибора МВУ8. Аprobация работы прибора*

3.1. Подключите персональный компьютер к сети RS-485 через преобразователь интерфейса RS-232/RS-485. Включите персональный компьютер.

3.2. Запустите программу «Конфигуратор МВУ8» и установите связь с прибором.

3.3. Проведите конфигурирование входов МВУ8. Режим работы – непосредственное управление.

2.4. Проведите опрос всех выходов (в данном случае под опросом понимается изменение состояния). Удостоверьтесь в правильности работы модуля.

## **Содержание отчета**

1. Структурная схема лабораторного стенда.
2. Пошаговое описание проведенных процедур тестирования.

## **Контрольные вопросы**

1. Назначение и функциональные возможности модуля ввода МВА8.
2. Какие входные сигналы способен измерять и обрабатывать модуль МВА8?
3. Приведите схему подключения к модулю МВА8 датчиков типа «сухие контакты».
4. Каким образом МВА8 описывает состояние датчиков типа «сухие контакты»?
5. Назначение и функциональные возможности модуля вывода МВУ8.
6. Какие типы выходных элементов может иметь модуль вывода МВУ8?
7. Какие типы выходных элементов установлены в используемом модуле вывода МВУ8?
8. Укажите и охарактеризуйте приборы и устройства, расположенные в лабораторном шкафу управления (непосредственно перед открытым шкафом).
9. Состав и назначение органов управления лицевой панели стенда (непосредственно перед дверцей шкафа).
10. Опишите каналы ввода и вывода модулей МВА8 и МВУ8, задействованные в лабораторном стенде по мнемосхеме на его лицевой панели (непосредственно перед дверцей шкафа).

11. Какие сетевые настройки МВА8 необходимо установить для организации связи с прибором (имя – значение)?

12. Назовите основные параметры входов МВА8, устанавливаемые при конфигурировании прибора.

13. Что такое юстировка? Опишите последовательность действий при юстировке резистивного датчика положения.

14. Назовите основные параметры выходов МВУ8, устанавливаемые при конфигурировании прибора.

14. Каков диапазон изменения значений переменных, связанных с выходными каналами модуля вывода МВУ8?

15. Как поведет себя выходной элемент дискретного типа, если в соответствующий канал записать дробное значение, например, 0,5?

## 7. Организация сетевого обмена между контроллером и модулями ввода-вывода

### Цели работы:

ознакомление с принципами конфигурирования контроллера ПЛК 150 для установки сетевого взаимодействия с модулями МВА8 и МВУ8;  
настройка и апробация сетевого взаимодействия.

### Теоретические сведения

Перед началом программирования необходимо настроить параметры входа и выхода контроллера. Цепям контроллера 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 – пользователь открывает папки (модули) входов (Discrete input) и выходов (Discrete output) ПЛК, и именуется 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 режим редактирования и вводится имя переменной канала.

Для связи контроллера с модулями будет использоваться протокол Owen. В сети контроллер будет Master-устройством. Поэтому в конфигурацию контроллера требуется добавить модуль Owen (Master). Для этого необходимо щелкнуть правой кнопкой мыши на корневом уровне конфигурации и выбрать из появившегося контекстного меню соответствующий пункт.

Во вновь созданном модуле уже имеется четыре специализированных канала (которые нами использоваться не будут) и подмодуль RS 485. Последний группирует настройки обмена по сети (скорость передачи, контроль четности и т.д.). Выделив этот подмодуль и войдя во вкладку «Module parameters» следует задать такие параметры обмена, которые были выставлены при конфигурации модулей МВА8 и МВУ8 в ходе выполнения предыдущей лабораторной работы.

**Внимание: при несовпадении параметров обмена у абонентов сети передача данных по сети невозможна!**

Далее требуется объявить сетевые переменные. Они будут являться подчиненными элементами модуля Owen (Master). Добавление переменной демонстрирует рис. 1.

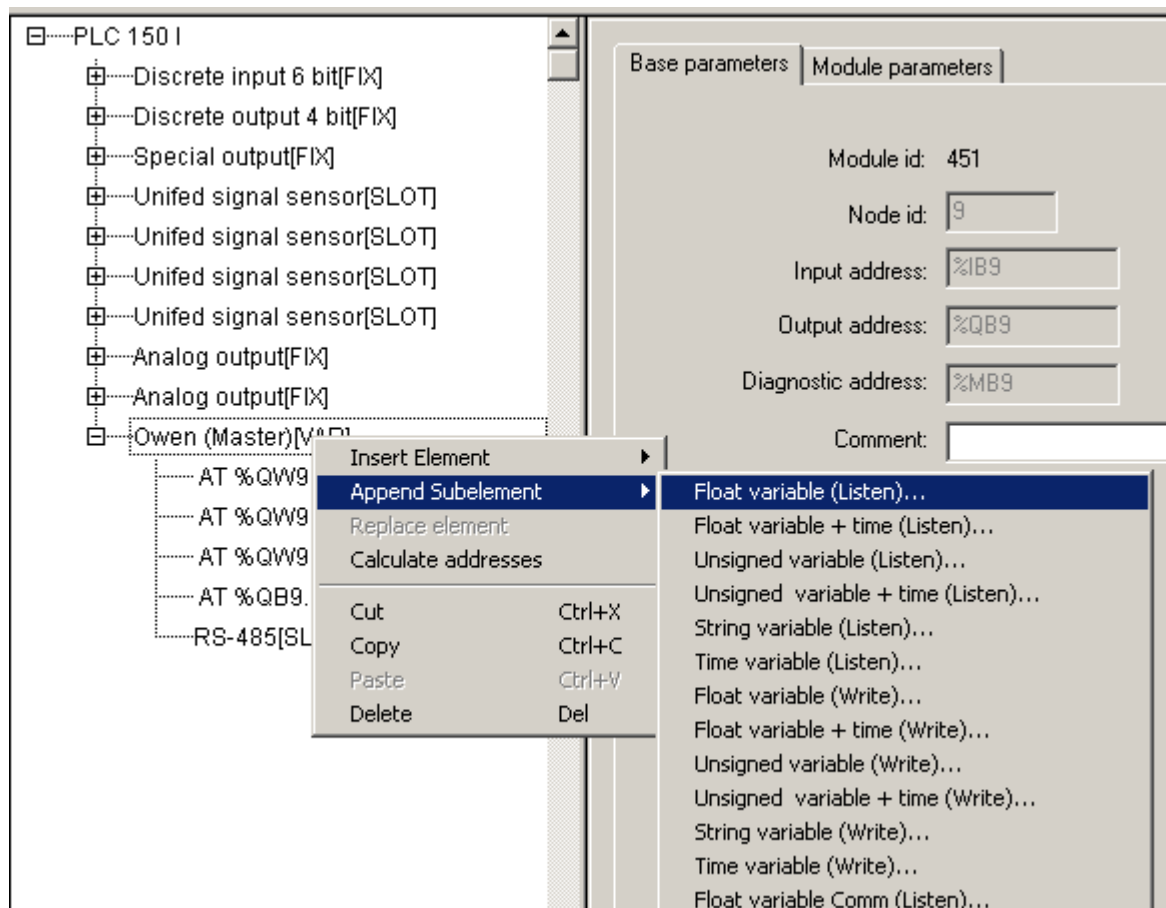


Рис. 1. Добавление сетевых переменных

Переменные протокола ОВЕН подразделяются на два типа: предназначенные для чтения (обозначаемые Listen) и предназначенные для записи (обозначаемые Write).

Параметры переменных протокола ОВЕН:

«Длина адреса устройства» (Address Length) – значения выбираются из списка «8 bit» и «11 bit», значение по умолчанию – «8 bit»;

«Адрес устройства» (Address) – диапазон значений от 0 до 255 или от 0 до 2048, в зависимости от размера адреса, значение по умолчанию – 0;

«Сетевое имя переменной» (Hash name) – имя переменной;

«Индекс прибора» (Index) – диапазон значений от 0 до 65535, значение по умолчанию – 0;

«Использовать индекс?» (Use a index?) – значения выбираются из списка «yes» и «no», значение по умолчанию – «no»;

«Период опроса устройства, мс» (Polling time, ms) – диапазон значений – от 20 до 5000, значение по умолчанию – 20;

«Режим работы» (Work mode) – значения выбираются из списка «По времени» (Polling time), «По изменению значения переменных» (Value change), «По времени и по изменению значения переменных» (Both) и «По команде» (By Command), значение по умолчанию – «Polling time»;

«Точность» (Precision) – диапазон значений – от 0 до 7, значение по умолчанию – 2.

Переменные следует настроить следующим образом.

Переменные, связанные с модулем MVA8 должны иметь тип Float variable listen + time. Их параметры указаны в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Параметры переменных Float variable listen + time

Имя параметра	Значение
Address length	8bit
Address	См. таблицу 2
Hash name	read
Index	0
Use a index?	No
Float type	Float
Precision	2
Polling time ms	100
Work Mode	Polling Time
Repeat counter	0

Таблица 2. Адреса и имена переменных Float variable listen + time

Номер выхода	Имя переменной	Комментарий	Адрес
1	MVA1	Срабатывание пускателей	8
2	MVA2	Положение ИМ	9
3	MVA3	Концевые выключатели ИМ	10
4	MVA4	МЭП, ПЧ в ручном режиме	11
5	MVA5	Сигнал управления ПЧ в ручном режиме	12
6	MVA6	Сигнал управления БУСТ в ручном режиме	13
7	MVA7	Прямое управление тиристорами, управление БУСТ в ручном режиме	14
8	MVA8	Термопара	15

Каждый канал ввода описывается двумя переменными: одной типа Real, содержащей фактические данные, другой – типа Word, содержащей метку времени измерения. Вторая переменная нами не используется, поэтому нет необходимости ее «называть».

Переменные, связанные с модулем MBY8, должны иметь тип Float variable write. Их параметры указаны в таблицах 3 и 4.

Таблица 3. Параметры переменных Float variable write

Имя параметра	Значение
Address length	8bit
Address	См. таблицу 4
Hash name	r.OE
Index	0
Use a index?	No
Float type	Float PIC
Precision	2

Имя параметра	Значение
Polling time ms	100
Work Mode	Polling Time
Repiat counter	0

Таблица 4. Адреса и имена переменных Float variable write

Но мер вы-хода	Имя переменной	Комментарий	Адрес
1	MVU1	Пускатель 1	16
2	MVU2	Пускатель 2	17
3	MVU3	МЭП пуск вперед	18
4	MVU4	МЭП назад	19
5	MVU5	-	20
6	MVU6	Прямое управление тиристорами	21
7	MVU7	Управление ПЧ	22
8	MVU8	Управление БУСТ	23

### Программа работы

1. Запустите программу CodeSys. Создайте новый проект для контроллера ПЛК 150 IM. Язык программирования главной программы PLC\_PRG – ST.

2. Произведите пробное конфигурирование контроллера.

2.1. Поименуйте переменные локального ввода-вывода:

I1 – связать с первым дискретным входом контроллера;

Q1 – связать с первым дискретным выходом контроллера.

2.2. Организуйте пробные каналы сетевого взаимодействия:

один канал сетевого ввода (переменная MVA1, срабатывание пускателей, сетевой адрес 8);

один канал сетевого вывода (переменная MVU1, управление пускателем 1, сетевой адрес 16).

2.3. Напишите программу (PLC\_PRG) для апробации сетевого взаимодействия. Программа должна

если поступает сигнал на первый дискретный вход контроллера (I1=TRUE), включать магнитный пускатель 1 на стенде (MVU1:=1). В противном случае (I1=FALSE) магнитный пускатель должен быть выключен (MVU1:=0);

если сработал магнитный пускатель 1 на стенде (MVA1=2 или MVA1=4), включить первый дискретный выход контроллера (Q1:=1). В противном случае (MVA1=1 или MVA1=3) первый дискретный выход контроллера должен быть выключен (Q1:=0).

Напомним логику работы канала MVA8 типа «сухие контакты». Канал выдает информацию о положении двух «сухих» контактов (в нашем случае – блок-контактов двух магнитных пускателей). Информация выдается в следующем виде:

1 – не один из контактов не замкнут;

- 2 – контакт первый замкнут, второй – разомкнут;
- 3 – контакт первый разомкнут, второй замкнут;
- 4 – оба контакта замкнуты.

При составлении программы используйте управляющую конструкцию языка ST IF-THEN-ELSE-END\_IF.

**2.4. Отключите питание от лабораторного стенда с модулями ввода-вывода.** Откройте дверцу шкафа, включите все автоматические выключатели. Закройте дверцу шкафа. Подайте питание на стенд. Переведите переключатели лицевой панели в положение, обеспечивающее автоматическое управление всеми подсистемами. Управление тиристорами должен осуществлять БУСТ.

2.5. Загрузите программу управления в контроллер. Запустите контроллер.

2.6. Соединив с помощью лабораторного провода соответствующие гнезда лицевой панели шкафа, подайте сигнал на первый дискретный вход контроллера. Если контроллер и модули ввода-вывода были сконфигурированы правильно, а программа управления логически верна, должен сработать магнитный пускатель 1, а спустя небольшое время – первый дискретный выход контроллера. Если этого не произошло, – ищите ошибку.

2.7. Снимите сигнал с первого дискретного входа контроллера. Система должна вернуться в первоначальное состояние.

3. Разработка системы дистанционного управления лабораторным объектом с помощью экрана визуализации CoDeSys.

3.1. Организуйте остальные каналы сетевого взаимодействия, назначив переменные MVA2-MVA8, MVU2-MVU5, MVU7, MVU8. Настройку каналов произведите аналогично таковой для MVA1 и MVU1, не забывая о назначении индивидуальных адресов для каждого канала.

3.2. Создайте экран визуализации и разместите на нем следующие элементы.

Органы отображения:

индикаторы включения магнитных пускателей;

индикаторы конечных положений исполнительного механизма (МЭП);

индикатор режима управления МЭП (ручной/автоматический);

индикатор режима управления преобразователем частоты ПЧ (ручной/автоматический);

орган отображения сигнала управления ПЧ в ручном режиме (рекомендуемый элемент – прямоугольник с динамическим текстом);

орган отображения сигнала управления БУСТ в ручном режиме (рекомендуемый элемент – прямоугольник с динамическим текстом);

индикатор «Прямое управление тиристорами»;

индикатор режима управления БУСТ (ручной/автоматический);

органы отображения сигнала температуры (рекомендуемые элементы – прямоугольник с динамическим текстом и тренд).

Органы управления:

кнопки управления магнитными пускателями;

кнопки управления ПБР (пуск МЭП в направлениях «меньше», «больше»);



органы задания и отображения сигнала прямого управления тиристорами (рекомендуемые элементы – прямоугольник с динамическим текстом и кнопки «меньше»/«больше»);

органы задания и отображения сигнала управления ПЧ (рекомендуемые элементы – прямоугольник с динамическим текстом и кнопки «меньше»/«больше»);

органы задания и отображения сигнала управления БУСТ (рекомендуемые элементы – прямоугольник с динамическим текстом и кнопки «меньше»/«больше»).

3.3. Разработайте программу PLC\_PRG «согласующую» поведение экрана визуализации со значением «сетевых» переменных.

Такое согласование требуется, в частности, для индикаторов срабатывания пускателей. Пусть, например, индикатор первого пускателя управляется глобальной переменной IND1, а второго – IND2 (глобальные переменные требуется объявить в соответствующей вкладке). Тогда фрагмент программы, в котором изменяются данные переменные, может выглядеть следующим образом:

```
IF MVA1=2 OR MVA1=4 THEN
  IND1:= TRUE;
ELSE
  IND1:=FALSE;
END_IF
IF MVA1=3 OR MVA1=4 THEN
  IND2:= TRUE;
ELSE
  IND2:=FALSE;
END_IF
```

### **Содержание отчета**

1. Окно конфигурации ПЛК с отображением настройки каналов ввода и вывода;
2. Окно объявления глобальных переменных;
3. Экран визуализации в рабочей стадии;
4. Программа контроллера.

### **Контрольные вопросы**

1. Опишите назначение и состав модуля Owen (Master), входящего в конфигурацию ввода-вывода контроллера.
2. Опишите назначение и состав подмодуля RS 485, входящего в модуль Owen (Master).
3. Опишите параметры переменных протокола ОВЕН.
4. Какой диапазон адресов сетевых переменных имеет модуль МВА8?
5. Какой диапазон адресов сетевых переменных имеет модуль МВУ8?
6. Какие типы имеют переменные модулей МВА8 и МВУ8?
7. Опишите фрагменты экрана визуализации и кода программы, отвечающие за управление магнитными пускателями.

8. Опишите фрагменты экрана визуализации и кода программы, отвечающие за управление электроприводом МЭП.
9. Опишите фрагменты экрана визуализации и кода программы, отвечающие за управление преобразователем частоты.
10. Опишите фрагменты экрана визуализации и кода программы, отвечающие за управление тиристорами.

## 8. Разработка монитора реального времени для лабораторной установки

### Цели работы:

ознакомление с принципами взаимодействия монитора реального времени Trace Mode и контроллера Овен ПЛК 150;  
разработка монитора реального времени.

### Теоретические сведения

#### *Настройка модуля Modbus в ПЛК*

В данной работе связь SCADA-системы с контроллером будет осуществляться по протоколу Modbus TCP/IP. В вкладке PLC Configuration (Конфигуратор ПЛК) необходимо создать и сконфигурировать модуль Modbus.

Modbus – это протокол обмена и разработанный для ПЛК одноименный модуль, который обеспечивает работу ПЛК в соответствии с этим протоколом. По протоколу Modbus устройства, и ПЛК в т.ч., могут работать в двух режимах: «ведомый (slave)», когда устройство пассивно отвечает на запросы отдельного Мастера, и «ведущий (master)», когда устройство само формирует запросы другим приборам. В данном проекте рассматривается работа ПЛК в пассивном режиме, т.е. режиме «slave».

Модуль Modbus составной и имеет в своем составе подмодули.

Параметры модуля:

«Адрес устройства» (Address) – диапазон значений от 1 до 247, значение по умолчанию – 0;

«Видимость» (Visibility) – задает видимость параметров модуля в программе EasyWorkPLC. Значения выбираются из списка «yes» и «no», значение по умолчанию – «no».

Список подмодулей:

Modbus (FIX). Подмодуль Modbus (FIX) – внутренний модуль, создающий определенную структуру, к которой в свою очередь подключается коммуникационный интерфейс. В ПЛК предусмотрена возможность обмена данными по интерфейсам: RS-232, RS-485 и TCP (Ethernet). Функцией контекстного меню Append Subelements необходимо выбрать нужный нам тип протокола связи: TCP (рис.1).

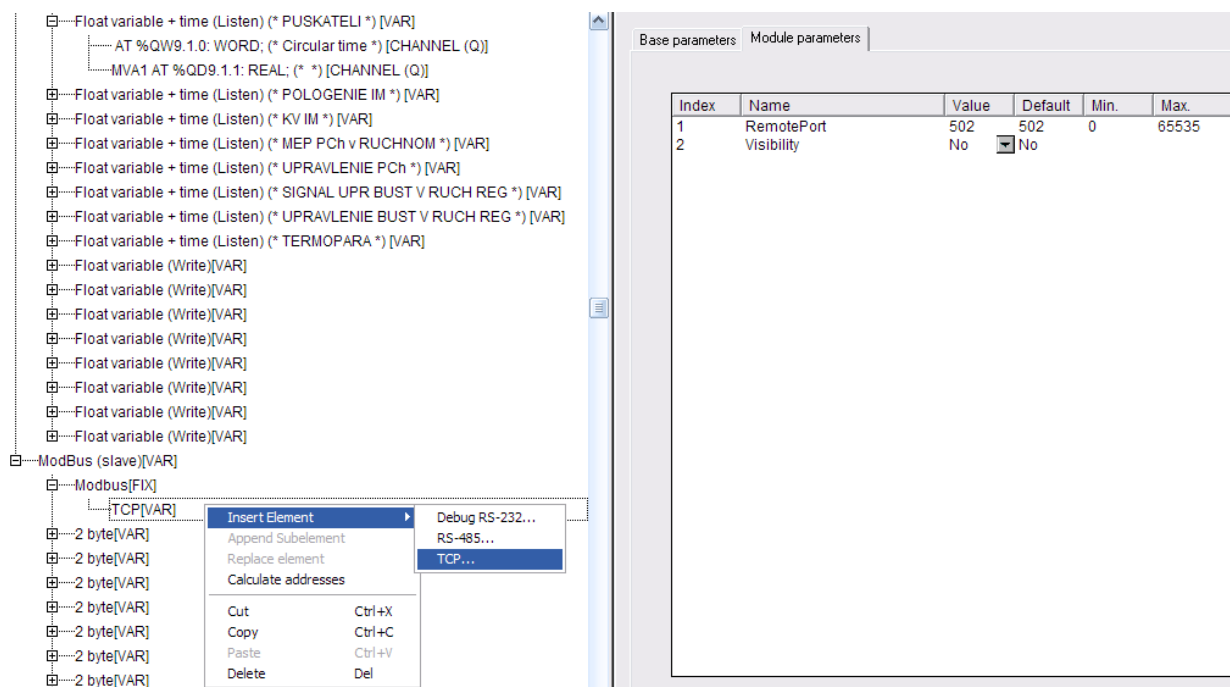


Рис. 1. Настройка подмодуля Modbus (FIX)

Параметры порта TCP:

«Удаленный порт» (RemotePort) – значения устанавливаются в диапазоне от 0 до 65535, значение по умолчанию – 502;

«Видимость» (Visibility) – задает видимость параметров модуля в программе EasyWorkPLC. Значения выбираются из списка «yes» и «no», значение по умолчанию – «no».

IP-адрес и MAC-адрес указываются для контроллера и задаются на предприятии-изготовителе.

Протокол Modbus рассматривает каждое устройство, включая и модуль Modbus (Slave), как набор неких конкретных регистров. В Modbus (Slave) есть возможность добавить следующие четыре типа каналов (переменных): REAL, 4 байта, 2 байта или 8 бит.

Добавление переменных различных размеров требуется для структурирования памяти. С точки зрения Мастера slave-устройство представляет собой непрерывно организованную область памяти, к которой можно обращаться как по регистрам (с 0-го регистра), так и побитно. Обращение к внутренней памяти Modbus (Slave) происходит следующим образом. При запросе внешнего Мастера, например «регистра номер 0», устройство считывает первые два байта первой переменной, для «регистра номер 1» – вторые два байта первой переменной (если та имеет длину более двух байт) или первые два байта второй переменной, и т.д. Особенность организации обращений заключается в том, что, если в устройстве установлен (используется) смешанный тип переменных (т.е., одновременно и 2-байтный, и 8-битный, и 4-байтный), то необходимо на всех этапах работы с устройством учитывать особенности выравнивания переменных в области ввода/вывода.

Суть упорядоченного размещения переменных в области памяти или «выравнивания (align)», принятого в среде CoDeSys, заключается в организации физической памяти таким образом, что переменные размером 2 байта, 8 бит и 4

байта должны располагаться только по определенным адресам. Адрес 4-байтной переменной должен быть кратен 4, 2-байтной – кратен 2, а одно-байтной (или 8 бит) – кратен 1 и может находиться в любой точке пространства памяти (рис.2).



Рис. 2. Пример размещения переменных в области ввода/вывода

Переменные, которыми будет обмениваться ПЛК по протоколу Modbus, выбираются пользователем функцией контекстного меню Append Subelements.

Для того чтобы упростить обращение, в данной работе все переменные Modbus будут иметь тип «word» и занимать по регистру памяти в контроллере, что удобно при создании каналов в SCADA-системе. Переменные будут следовать по порядку: первые 8 будут соответствовать входам модуля МВА8, следующие 8 – выходам модуля МВУ8.

Назовем переменные Modbus, связанные с МВА8, mva1\_, mva2\_, ... mva8\_, переменные, связанные с МВУ8, mvu1\_, mvu2\_, ... mvu8\_.

Другие переменные будут добавляться по мере необходимости.

Преобразование типа данных (прямое и обратное) будет производиться в коде программы для ПЛК и в SCADA-системе.

Фрагмент программы ПЛК, в котором преобразуется тип данных, определяются граничные условия сигналов, написанный на языке ST приводится ниже.

(\*Переменные МВА8\*)

(\*канал 1 МВА8 – состояние магнитных пускателей: значения 0,1,2,3,4; дополнительные преобразования не требуются\*)

```
mva1_:=REAL_TO_WORD(MVA1);
```

(\*канал 2 MBA8 – положение исполнительного механизма, в Owen 0...100,00%, в Modbus 0...10000, точность 0,01%, контроль выхода за пределы\*)

```
IF MVA2<0 THEN  
  mva2_:=0;  
ELSIF MVA2>100 THEN  
  mva2_:=10000;  
ELSE  
  mva2_:=REAL_TO_WORD(MVA2*100);  
END_IF
```

(\*канал 3 MBA8 – концевые выключатели ИМ: значения 0,1,2,3; дополнительные преобразования не требуются\*)

```
mva3_:=REAL_TO_WORD(MVA3);
```

(\*канал 4 MBA8 – режимы работы ПБР и ПЧ: значения 0,1,2,3,4; дополнительные преобразования не требуются\*)

```
mva4_:=REAL_TO_WORD(MVA4);
```

(\*канал 5 MBA8 – сигнал управления ПЧ в ручном режиме, в Owen 0...100,00%, в Modbus 0...10000, точность 0,01%, контроль выхода за пределы\*)

```
IF MVA5<0 THEN  
  mva5_:=0;  
ELSIF MVA5>100 THEN  
  mva5_:=10000;  
ELSE  
  mva5_:=REAL_TO_WORD(MVA5*100);  
END_IF
```

(\*канал 6 MBA8 – сигнал управления БУСТ в ручном режиме, в Owen 0...100,00%, в Modbus – 0...10000, точность 0,01%, контроль выхода за пределы\*)

```
IF MVA6<0 THEN  
  mva6_:=0;  
ELSIF MVA6>100 THEN  
  mva6_:=10000;  
ELSE  
  mva6_:=REAL_TO_WORD(MVA6*100);  
END_IF
```

(\*канал 7 MBA8 – режим управления тиристорами: значения 0,1,2,3,4; дополнительные преобразования не требуются\*)

```
mva7_:=REAL_TO_WORD(MVA7);
```

(\*канал 8 MBA8 – температура, в Owen 0...100,00°, в Modbus 0...10000, точность 0,01°\*)

```
mva8_:=REAL_TO_WORD(MVA8*100);
```

(\*Переменные MBY8\*)

(\*канал 1 MBY8 – управление магнитным пускателем 1: значения 0,1; любое ненулевое значение Modbus воспринимается как команда на включение\*)

```
IF mvu1_<>0 THEN  
  MVU1:=1;  
ELSE  
  MVU1:=0;
```

END\_IF

(\*канал 2 MВУ8 – управление магнитным пускателем 2: значения 0,1; любое ненулевое значение Modbus воспринимается как команда на включение\*)

```
IF mvu2_<>0 THEN
  MVU2:=1;
ELSE
  MVU2:=0;
END_IF
```

(\*канал 3 MВУ8 – пуск ИМ в направление «больше»: значения 0,1; любое ненулевое значение Modbus воспринимается как команда на включение\*)

```
IF mvu3_<>0 THEN
  MVU3:=1;
ELSE
  MVU3:=0;
END_IF
```

(\*канал 4 MВУ8 – пуск ИМ в направление «меньше»: значения 0,1; любое ненулевое значение Modbus воспринимается как команда на включение\*)

```
IF mvu4_<>0 THEN
  MVU4:=1;
ELSE
  MVU4:=0;
END_IF
```

(\*канал 5 MВУ8 – не используется)

(\*канал 6 MВУ8 – прямое управление тиристорами: в Owen 0...1,0000, в Modbus 0..10000; точность 0,01%\*)

```
MVU6:= WORD_TO_REAL(mvu6_)/10000;
```

(\*канал 7 MВУ8 – управление ПЧ: в Owen 0...1,0000, в Modbus 0..10000; точность 0,01%\*)

```
MVU7:= WORD_TO_REAL(mvu7_)/10000;
```

(\*канал 8 MВУ8 – управление БУСТ: в Owen 0...1,0000, в Modbus 0..10000; точность 0,01%\*)

```
MVU8:= WORD_TO_REAL(mvu8_)/10000;
```

### ***Настройка связи модуля ПЛК 150 и SCADA-системы***

Настройка связи модуля ПЛК 150 и SCADA-системы Trace Mode включает создание и настройку узлов и их каналов. В данной работе проект будет включать только один узел – МРВ, на котором запущена SCADA-система. Связь системы с контроллером будет осуществляться по протоколу Modbus TCP/IP. Данный протокол подразумевает связь через интерфейс Ethernet с помощью определенных фиксированных сетевых IP-адресов.

**Для установки соединения по интерфейсу Ethernet контроллер и компьютер должны находиться в одной IP подсети!**

Возможны два варианта: изменение имеющегося IP адреса контроллера в соответствии с настройками сети пользователя или задание компьютеру дополнительного IP адреса, входящего в подсеть контроллера.

IP-адрес контроллера можно определить с помощью команды PLCInfo, введенной в командную строку утилиты PLC-Browser (ПЛК-Браузер), которая находится на вкладке ресурсов (Resources) «Организатора объектов» CoDeSys.

При изготовлении устанавливается IP адрес контроллера **10.0.6.10**. Изменение IP адреса контроллера возможно при помощи команды SetIP, подаваемой через PLC Browser. При этом связь с контроллером должна быть установлена через интерфейс Debug RS232.

**ВНИМАНИЕ!** При смене интерфейса соединения необходимо произвести перезагрузку контроллера, нажав кнопку на лицевой панели.

Для обмена данными с контроллером по протоколу Modbus применяются каналы подтипа **MODBUS**, в которых *код команды* в запросе (номер функции в стандартном протоколе MODBUS RTU) определяется дополнением к подтипу этого канала. Оно может принимать следующие значения:

Rout Byte(1) – считать байт данных типа out;

Rin Byte(2) – считать байт данных типа in;

Rout Word(3) – считать слово данных типа out;

Rin Word(4) – считать слово данных типа in;

W SingleCoil(5) – передать значение одного дискретного сигнала;

W Word(6) – передать слово данных;

R Exception(7) – считать статус контроллера;

Rout Float(3) – считать 4-байтную переменную с плавающей точкой типа out;

Rin Float(4) – считать 4-байтную переменную с плавающей точкой типа in;

W Float(16) – передать 4-байтную переменную с плавающей точкой типа out;

W Word(16) – передать слово данных;

W Float(16) wait – передать 4-байтную переменную с плавающей точкой типа out с последующей задержкой на выполнение других команд;

W Word(16) wait – передать слово данных с последующей задержкой на выполнение других команд;

W Byte(15) – передать байт данных;

В работе используются только дополнения к подтипу Rout Word(3) (для входных переменных) и W Word(6) (для выходных переменных).

Каналы подтипа MODBUS имеют следующие настройки:

**#RS** – номер последовательного интерфейса (0 – COM1, ..., 31 – COM32) (если используется последовательный интерфейс);

**ADDR** – адрес контроллера в формате HEX (0, ..., FF) (если используется последовательный интерфейс);

**CH** – номер переменной (смещение);

**TYPE** – модификация протокола:

**ModBus** – стандартный протокол;

**Эмикон** – протокол ModBus по шине C05 контроллеров ЭМИКОН;

**ModBus (No group write)** – стандартный протокол без поддержки функции групповой записи для дискретных сигналов;

**TCP** – протокол Modbus TCP/IP.



**Q** – количество запрашиваемых значений.

Обмен данными с контроллерами, поддерживающими протокол **MODBUS TCP/IP**, реализуется с помощью каналов подтипа **MODBUS** с настройкой **TYPE=TCP**. Данное значение настройки устанавливается при загрузке автоматически, если не задано значение настройки **#RS**. Настройку **TYPE** можно также задать вручную.

Номер устройства и IP адрес задаются в файле с именем **IP\_modBus** (без расширения). Строка файла имеет следующий формат:

**<id> <IP\_address>**

где

**<id>** – номер устройства;

**<IP\_address>** – IP адрес в стандартном формате. IP адрес не должен содержать 0 в левой позиции – в этом случае происходит его преобразование в восьмеричное число.

Кроме того, в указанном файле также могут присутствовать строки:

**Число в формате hex PORT** - задание номера порта для обмена.

**число TIMEOUT** - величина (в миллисекундах) ожидания ответа от контроллера на запрос получения данных.

Если описание устройства в файле отсутствует, каналу выставляется признак недостоверности и он отключается.

Если ответ содержит информацию об ошибке, то канал подтипа **Диагностика** с дополнением **Modbus** принимает значение 7.

Ошибки протокола записываются в канал подтипа **Диагностика** с дополнением **ErrorIP**.

Код команды в запросе определяется дополнением к подтипу канала. Максимальная длина группового запроса – 255.

Для соединения используется порт 502 (0x1F6) – стандартный порт для **MODBUS TCP/IP**.

Пример содержания файла **IP\_modBus**:

```
1 10.0.6.10
1F6 PORT
200 TIMEOUT
```

Для обмена данными с контроллером в «Редакторе каналов» **Trace Mode** потребуется создать узел типа «большой» подтипа «**MPB (сеть)**», в котором требуется реализовать как минимум 18 каналов (рис. 3) из которых:

8 каналов «**mvaX\_**» (где X номер от 1 до 8) типа «**Input**» подтипа «**Modbus**» с дополнением к подтипу «**Rout Word(3)**», это входные каналы передачи данных модуля **MVA8**, адреса каналов которых начинаются с 0000 и заканчиваются 0007 (каждый канал считывает 1 регистр (2 байта, «слово») в карте памяти контроллера. Вид представления всех каналов, за исключением **mva8**, по которому передается сигнал по температуре, – **H (hex)**;

8 каналов «**mviX\_**» (где X номер от 1 до 8) типа «**Output**» подтипа «**Modbus**» с дополнением к подтипу «**W Word(6)**», это выходные каналы для модуля

МВУ8, адреса с 0008 по 000f. Вид представления каналов mvu1 – mvu6 – H (hex), каналов mvu7, mvu8 – F (float);

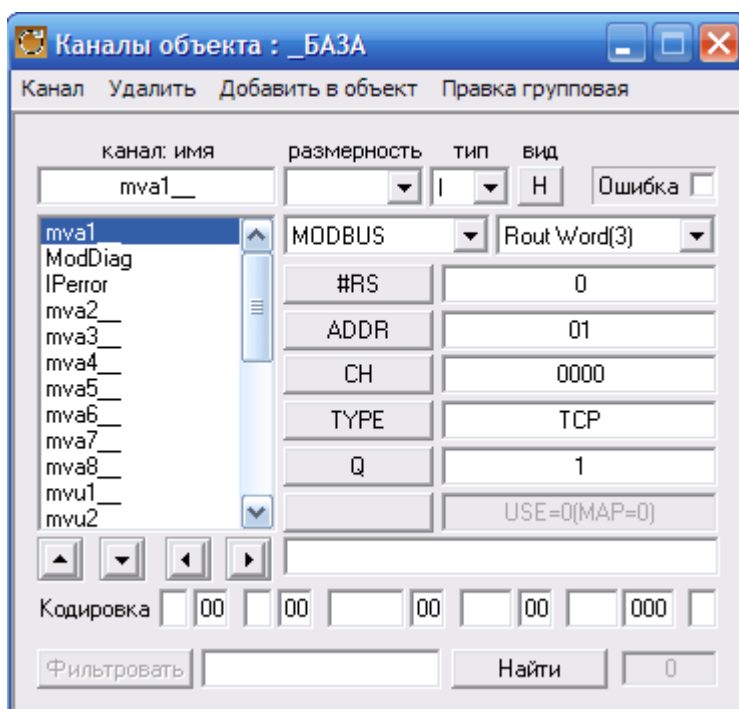


Рис. 3. Реализация каналов

2 диагностических канала «ModDiag» подтипа «Диагностика» с дополнением к подтипу «ModBus» и «IPError» подтипа «Диагностика» с дополнением к подтипу «IP Error», описанных выше.

Другие каналы будут добавляться по мере необходимости.

При настройке каналов особое внимание следует уделить масштабированию сигналов. В Trace Mode все аналоговые сигналы должны измеряться в процентах (температура – в градусах).

### **Создание экрана управления (визуализации)**

Здесь разрабатывается графическая часть проекта системы управления. При этом создается статичный рисунок технологического объекта, а затем поверх него размещаются динамические формы отображения и управления. Среди них такие, как поля вывода численных значений, графики, гистограммы, кнопки, области ввода значений и перехода к другим графическим фрагментам и т. д.

Один из вариантов экрана визуализации, реализующий функции отображения состояния лабораторного объекта и дистанционного управления им, имеет вид (рис. 4).

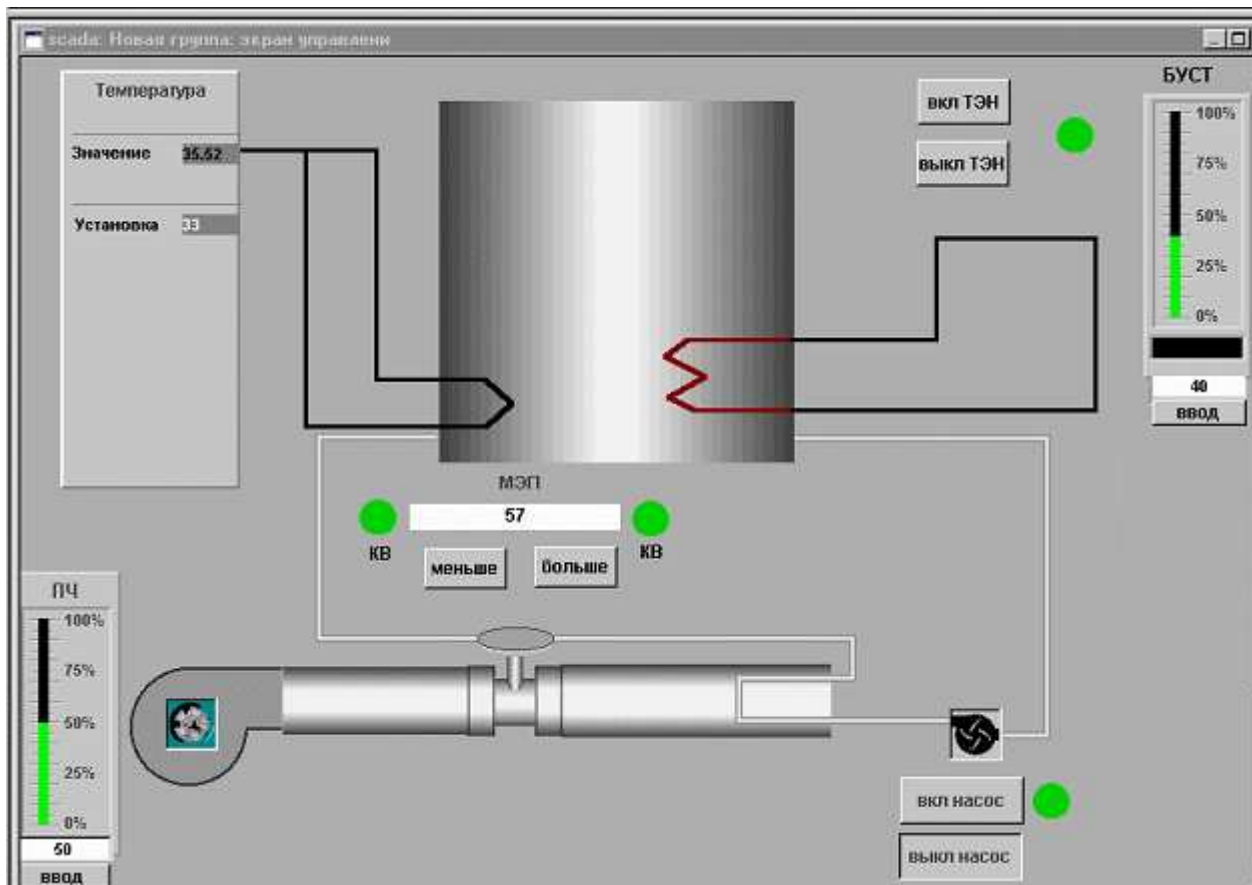


Рис. 4. Экран управления

На блоке сверху слева отображается температура воды в баке (поле «значение» – значение температуры, канал «mva8\_», поле «установка» – задание по температуре). Внизу под ним – экран задания и мониторинга сигнала управления ПЧ (канал «mvi7\_»), ввод задания в процентах с клавиатуры. Правее – кнопки включения/выключения рециркуляционного насоса (канал «mvi2\_»), выше – кнопки управления. Над ними – экран задания и мониторинга сигнала управления БУСТ (канал «mvi8\_»), ввод задания в процентах с клавиатуры. Кружками показаны индикаторы состояния оборудования (меняют цвет при смене состояния). По центру под стилизованным изображением бака с водой находятся кнопки управления ИМ, который открывает (кнопка «больше», канал «mvi4\_») или закрывает (кнопка «меньше», канал «mvi3\_») заслонку, регулирующую величину обдува.

Отметим, что функции, реализованные на данном экране, не в полной степени соответствуют возможностям лабораторного объекта. Поэтому данный экран требует доработки.

Для удобства контроля также может быть создана таблица состояний каналов, представленная на рис. 5. Таблица представляет собой объект ActiveX TraceModeChannelTable и позволяет как просматривать, так изменять атрибуты каналов.

Канал	Реал...	Бит 1	Бит 2	Бит 3	Бит 4	Бит 5	Бит 6	Бит 7	Бит 8	Бит 9	Бит 10	Бит 11	Бит 12
mva1_	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ModDiag	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IPerror	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mva2_	39	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
mva3_	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mva4_	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mva5_	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mva6_	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mva7_	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mvu1_	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mvu2_	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mvu3_	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mvu4_	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mvu5_	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mvu6_	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pid but	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ru4_	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
rele_	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
avtomat	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 5. Таблица состояний каналов

## Программа работы

1. Скопируйте проект CodeSys, созданный при выполнении предыдущей лабораторной работы (в нем осуществлена настройка сетевого обмена контроллера с модулями ввода-вывода). Откройте проект-копию и удалите экран визуализации и программу контроллера.

2. Дополнение конфигурации ввода-вывода контроллера.

2.1. Создайте модуль Modbus. Настройте подмодуль Modbus (FIX), установив тип соединения TCP.

2.2. Создайте переменные сетевого обмена Modbus: mva1\_, mva2\_, ... mva8\_, mvu1\_, mvu2\_, ... mvu8\_ как подмодули модуля Modbus. Все переменные должны иметь тип «2 byte».

3. Создайте программу согласования сетевых переменных протокола Owen (посредством которых осуществляется обмен данными с модулями ввода-вывода MBA8 и MBY8) с сетевыми переменными протокола Modbus (посредством которых будет производиться обмен данными со SCADA-системой).

4. **Отключите питание от лабораторного стенда с модулями ввода-вывода.** Откройте дверцу шкафа, включите все автоматические выключатели. Закройте дверцу шкафа. Подайте питание на стенд. Переведите переключатели лицевой панели в положение, обеспечивающее автоматическое управление всеми подсистемами. Управление тиристорами должен осуществлять БУСТ.

5. Загрузите программу управления в контроллер. Запустите контроллер. С помощью команды PLCInfo, введенной в командную строку утилиты PLC-Browser, определите IP-адрес контроллера в сети Ethernet. Отключите связь CoDeSys с контроллером.

6. Запустите TraceMode. Создайте узел типа «большой» подтипа «MPB (сеть)» и каналы для связи с контроллером.

7. Сохраните проект. В директории проекта создайте текстовый файл IP\_modBus, содержащий IP-адрес контроллера, номер его порта для соединения и величину ожидания ответа от контроллера на запрос получения данных.

8. Создайте новый экран и поместите на нем «Таблицу каналов» Trace Mode. Сохраните проект. Запустите режим исполнения. Изменяя с помощью органов лицевой панели стенда с модулями ввода-вывода режимы работы аппаратуры и сигналы управления, наблюдайте изменение значений входных каналов Trace Mode. Изменяя значения выходных каналов в таблице, наблюдайте изменение режимов работы аппаратуры стенда.

9. Создайте экран визуализации и разместите на нем органы отображения и управления аналогичные созданным при разработке экрана визуализации в CoDeSys (см. Лабораторную работу №6). Осуществите привязку органов отображения и управления к каналам проекта. Сохраните проект. Запустите среду исполнения. Опробуйте работу органов отображения и управления экрана.

### **Содержание отчета**

1. Окно конфигурации ПЛК с отображением настройки каналов ввода и вывода;
2. Программа контроллера;
3. Описание каналов ввода-вывода Trace Mode;
4. Экран «Таблица каналов»;
5. Экран визуализации в рабочей стадии.

### **Контрольные вопросы**

1. Опишите назначение и состав модуля Modbus, входящего в конфигурацию ввода-вывода контроллера.
2. Опишите назначение и состав подмодуля Modbus FIX, входящего в модуль Modbus.
3. Какие физические интерфейсы может использовать подмодуль Modbus FIX и какой конкретно использовался в работе?
4. Опишите параметры и принципы адресации переменных протокола Modbus.
5. Опишите программу согласования сетевых переменных протокола Owen с сетевыми переменными протокола Modbus.
6. Какие функции протокола Modbus использовались в данном проекте?
7. Каким образом можно узнать и изменить IP-адрес контроллера?
8. Каким образом IP-адрес контроллера становится известным SCADA-системе Trace Mode?
9. Опишите настройки каналов Trace Mode, используемых для обмена данными с контроллером.
10. Опишите фрагменты экрана визуализации и кода программы контроллера, отвечающие за управление магнитными пускателями.
11. Опишите фрагменты экрана визуализации и кода программы контроллера, отвечающие за управление электроприводом МЭП.
12. Опишите фрагменты экрана визуализации и кода программы контроллера, отвечающие за управление преобразователем частоты.
13. Опишите фрагменты экрана визуализации и кода программы контроллера, отвечающие за управление тиристорами.

## 9. Разработка технологических программ для лабораторной установки

### Цели работы:

ознакомление с библиотечными средствами среды программирования CoDeSys;

разработка программ регулирования температуры воды в баке лабораторного объекта для контроллера Овен ПЛК 150;

разработка элементов монитора реального времени Trace Mode, ответственных за запуск технологических программ.

### Теоретические сведения

#### Функциональный блок PID

Программа контроллера PLC150 будет использовать функциональный блок PID из библиотеки Util.lib (раздел controllers – регуляторы). В случае необходимости подключите эту библиотеку с помощью пункта меню Windows/Library Manager (в появившемся окне нажмите клавишу Insert).

Функциональный блок PID реализует ПИД закон регулирования:

$$Y = Y\_OFFSET + KP \left( e(t) + \frac{1}{TN} \int_0^t e(\tau) d\tau + TV \frac{de(t)}{dt} \right),$$

где

$Y\_OFFSET$  – стационарное значение. Представляет собой значение управляющего воздействия в рабочей точке в статике;

$KP$  – коэффициент передачи;

$TN$  – постоянная интегрирования (мс);

$TV$  – постоянная дифференцирования (мс);

$e(t)$  - сигнал ошибки (SET\_POINT-ACTUAL).

Изображение функционального блока в FBD-представлении приведено на рис.1.

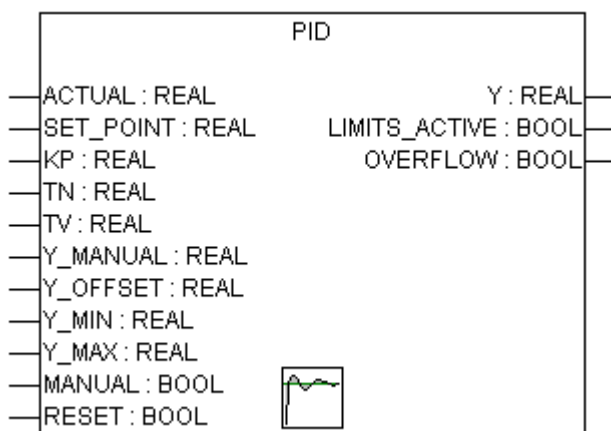


Рис.1. Функциональный блок PID

Значение выхода  $Y$  ограничено  $Y\_MIN$  и  $Y\_MAX$ . При достижении  $Y$  границ ограничения, выход  $LIMITS\_ACTIVE$  принимает значение  $TRUE$ . Если ограничение выхода не требуется,  $Y\_MIN$  и  $Y\_MAX$  должны быть равны 0.

Если  $MANUAL$  равен  $TRUE$ , то регулирование выключено,  $Y=Y\_MANUAL$ . При переходе значения  $MANUAL$  в  $FALSE$  происходит рестарт регулятора.

Неправильная настройка регулятора может вызвать неограниченный рост интегральной составляющей. Для обнаружения такой ситуации предназначен выход  $OVERFLOW$ . При переполнении он принимает значение  $TRUE$ , одновременно останавливается работа регулятора. Для его включения необходимо использовать рестарт, подав  $TRUE$  на вход  $RESET$ .

### Функциональный блок PD

Функциональный блок реализует ПД закон регулирования:

$$Y = Y\_OFFSET + KP \left( e(t) + TV \frac{de(t)}{dt} \right),$$

где  $Y\_OFFSET$  – стационарное значение,

$KP$  – коэффициент передачи,

$TV$  – постоянная дифференцирования (ms),

$e(t)$  - сигнал ошибки ( $SET\_POINT-ACTUAL$ ).

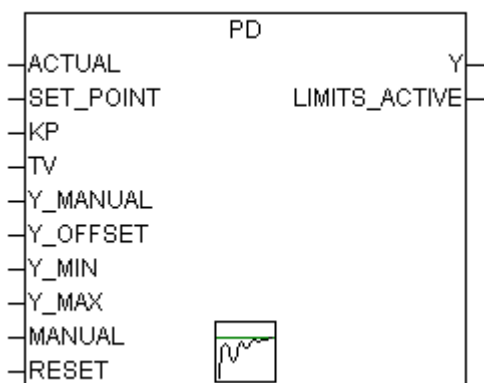


Рис.2. Функциональный блок PD

Входы  $ACTUAL$ ,  $SET\_POINT$ ,  $KP$ ,  $Y\_OFFSET$ ,  $Y\_MIN$ ,  $Y\_MAX$  типа  $REAL$ . Вход  $TV$  типа  $DWORD$ ,  $RESET$  и  $MANUAL$  типа  $BOOL$ .

Выходы  $Y$  –  $REAL$ ,  $LIMITS\_ACTIVE$  типа  $BOOL$ .

Значение выхода  $Y$  ограничено  $Y\_MIN$  и  $Y\_MAX$ . При достижении  $Y$  границ ограничения, выход  $LIMITS\_ACTIVE$ , ( $BOOL$ ) принимает значение  $TRUE$ . Если ограничение выхода не требуется,  $Y\_MIN$  и  $Y\_MAX$  должны быть равны 0.

Если  $MANUAL$  равен  $TRUE$ , то регулирование выключено, значение  $Y$  автоматически не изменяется.

При переходе значения  $MANUAL$  в  $FALSE$  происходит рестарт регулятора.

П-регулятор получается из ПД установкой  $TV$  в 0.

## Программа работы

### 1. Программирование контроллера.

1.1. Скопируйте проект CoDeSys, созданный при выполнении предыдущей лабораторной работы (в нем осуществлена настройка сетевого обмена контроллера с монитором реального времени). Откройте проект-копию.

### 1.2. Дополнение конфигурации ввода-вывода контроллера.

В данной работе SCADA-система будет управлять запуском технологических программ контроллера. Поэтому в дополнение к каналам обмена, организованным в ходе выполнения предыдущей работы, следует ввести каналы, которые будут определять выбор программы и, в случае необходимости, передавать дополнительные параметры программ. В качестве дополнительных параметров могут выступать, например, заданное значение регулируемой величины (температуры), коэффициенты настроек регулятора и др. Назначение дополнительных параметров будет известно при реализации конкретных систем регулирования. На данном этапе ограничимся десятью дополнительными параметрами. В случае необходимости это число может быть увеличено.

При выполнении программ регулирования контроллер будет самостоятельно формировать управляющее воздействие. Для того чтобы значение этого воздействия могло быть отображено на экране визуализации, требуется организовать соответствующий канал.

Таким образом, в конфигурацию контроллера следует добавить 12 переменных Modbus:

progNum\_ – номер программы;

regOut\_ – выходной сигнал регулятора;

param1\_...param10\_ – дополнительные параметры.

Все они будут иметь тип «2 byte» и занимать по регистру памяти в контроллере.

### 1.3. Создание основной программы.

Основная программа контроллера PLC\_PRG будет заниматься вызовом подпрограмм по их номерам в зависимости от значения переменной progNum\_. Кроме того, поскольку во всех режимах текущее состояние лабораторного объекта должно отображаться на экране визуализации, она будет осуществлять трансляцию переменных модуля MBA8 в SCADA-систему. Структура PLC\_PRG приведена ниже.

(\*Трансляция переменных MBA8\*)

```
mva1_:=REAL_TO_WORD(MVA1);
```

```
IF MVA2<0 THEN
```

```
  mva2_:=0;
```

```
ELSIF MVA2>100 THEN
```

```
  mva2_:=100;
```

```
ELSE
```

```
  mva2_:=REAL_TO_WORD(MVA2);
```

```
END_IF
```

... (\*и т.д., см. предыдущую лаб. работу\*)

(\* Вызов подпрограмм\*)



```

CASE progNum_ OF
  0: (*вызов подпрограммы 0*)
  1: (*вызов подпрограммы 1*)
  2: (*вызов подпрограммы 2*)

```

.....

```
END_CASE
```

#### 1.4. Создание подпрограмм.

*Подпрограмма 0* будет вызываться в случае, если SCADA-система берет на себя функции управления всеми исполнительными механизмами (дистанционное управление). Поэтому единственная функция подпрограммы – трансляция значений каналов mvu1\_, ... mvu8\_ в переменные модуля МВУ:

```

IF mvu1_ <> 0 THEN
  MVU1:=1;
ELSE
  MVU1:=0;
END_IF
IF mvu2_ <> 0 THEN
  MVU2:=1;
ELSE
  MVU2:=0;
END_IF
... (*и т.д., см. предыдущую лаб. работу*)

```

*Подпрограмма 1* будет осуществлять релейное регулирование температуры с воздействием на нагрев и охлаждение. Значение уставки, пороги срабатывания и отпускания релейных элементов передается контроллеру SCADA-системой через переменные param1\_, param2\_ и param3\_ соответственно. Значение управляющего воздействия будет кодироваться следующим образом: –10000 – включен вентилятор, 0 – ничего не включено, 10000 – включен нагреватель (SCADA-система поделит полученное число на 100 и определит сигнал управления в %).

Раздел объявлений:

```

VAR
  temp_ref:REAL;
  error_on:REAL;
  error_off:REAL;
  error: REAL;
END_VAR

```

Раздел кода:

(\*преобразование параметров: 0...100° в Owen, 0...10000 в Modbus, точность 0,01°\*)

```

(* уставка*)
temp_ref:= WORD_TO_REAL(pram1_)/100;
(*порог срабатывания*)
error_on:= WORD_TO_REAL(pram2_)/100;
(*Порог отпускания*)
error_off:= WORD_TO_REAL(pram3_)/100;
(*вычисление ошибки регулирования*)

```

```

error = temp_ref – MVA8;
(*управление нагревателем*)
IF error>error_on THEN
  MVU1:=1;
  regOut_:=10000;
ELSIF error<error_off THEN
  MVU1:=0;
  regOut_:=0;
END_IF
(*управление вентилятором*)
IF error<-error_on THEN
  MVU2:=1;
  regOut_:= -10000;
ELSIF error>-error_off THEN
  MVU2:=0;
  regOut_:=0;
END_IF

```

Во время выполнения подпрограммы 1 оператор, сидящий за МРВ, не может оказывать на объект никаких воздействий, поэтому транслировать значения каналов mvu1\_, ... mvu8\_ в переменные модуля МВУ не нужно.

*Подпрограмма 2* будет осуществлять непрерывное ПИД-регулирование температуры с воздействием на нагрев, т.е. управлять БУСТ в функции ошибки регулирования. Программа будет использовать функциональный блок PID (см. теоретические сведения).

Перед созданием подпрограммы условимся о единицах измерения коэффициентов регулятора, форматах передаваемых по сети данных и механизмах их преобразования.

Как показали эксперименты, проведенные на объекте, если все величины CAP (задание по температуре, температура, сигнал управления БУСТ) изменяются в диапазоне от 0 до 100 (° или %), коэффициент передачи ПИД-регулятора лежит в диапазоне от 0 до 10. Пусть в SCADA-системе этот коэффициент будет задаваться вещественным числом с двумя знаками после запятой (т.е. с точностью до одной сотой). Передаваться в контроллер коэффициент будет в виде целого числа. Для сохранения точности это число должно быть в диапазоне от 0 до 1000. Таким образом, перед отправкой значения коэффициента программа SCADA-системы будет умножать вещественное значение на 100 и преобразовывать его в целое, отбрасывая дробную часть.

Выход ПИД-регулятора программы контроллера изменяется в диапазоне от 0 до 1, поскольку таков диапазон изменения значений переменных модуля МВУ8. Следовательно, диапазон изменения коэффициента регулятора должен быть в 100 раз меньше, чем в SCADA-системе: от 0 до 0,1. Учтем также, что полученное от SCADA-системы целое значение, представляющее коэффициент, в 100 раз больше реального. Поэтому после преобразования целого значения в вещественное последнее требуется разделить на  $100 \times 100 = 10000$ .

Постоянные времени интегрирования и дифференцирования закона регулирования лежат в пределах от 0 до 10 мин. Пусть в SCADA-системе эти постоянные будут, как и коэффициент, задаваться вещественными числами с двумя знаками после запятой (т.е. с точностью до одной сотой минуты). Передаваться в контроллер эти постоянные также будут в виде целых чисел в диапазоне от 0 до 1000, т.е. перед отправкой SCADA-система будет умножать вещественные значения на 100 и преобразовывать их в целые.

В функциональном блоке PID постоянные времени задаются в миллисекундах и имеют тип REAL, поэтому полученные целые значения, представляющие эти постоянные, должны быть преобразованы в вещественные, разделены на 100 и умножены на  $60 \times 1000 = 60000$ . «Общий» коэффициент преобразования, таким образом, равен 600.

Преобразования сигналов ручного управления и смещения по выходу в рабочей точке осуществляются исходя из тех же соображений, что и преобразование коэффициента регулятора.

Сигнал перевода регулятора в режим ручного управления в SCADA-системе представляется целым значением. Любое ненулевое число есть команда перевода в ручной режим. В контроллере целое значение должно быть преобразовано в тип BOOL.

Во время выполнения подпрограммы 2 оператор, сидящий за МРВ, должен иметь возможность оказывать возмущения на объект по незадействованным каналам. Поэтому программа должна транслировать соответствующие переменные. Будут транслироваться переменные, связанные с каналами 1,2 (управление пускателями), 3,4 (управление ИМ заслонки), 7 (управление ПЧ).

Раздел объявлений:

VAR

```
temp_ref:REAL; (*заданная температура*)
Kr:REAL; (*коэффициент пропорциональности*)
Ti:REAL; (*постоянная времени интегрирования*)
Td: REAL; (*постоянная времени дифференцирования*)
Yman: REAL; (*сигнал ручного управления*)
Ywr: REAL; (*смещение по выходу в рабочей точке*)
Man_command :BOOL; (*команда перехода в ручной режим*)
regulator:PID; (*экземпляр ФБ PID*)
```

END\_VAR

Раздел кода:

(\*преобразование параметров\*)

(\*уставка по температуре, 0...100,00 град. в TM, 0...10000 в Modbus, 0...100,00 в Owen, точность 0,01 град\*)

```
temp_ref:= WORD_TO_REAL(pram1_)/100;
```

(\*коэффициент регулятора, 0...10,00 в TM, 0...1000 в Modbus, 0...0,1000 в Owen, точность 0,01)

```
Kr:= WORD_TO_REAL(pram4_)/10000;
```

(\*постоянная интегрирования, 0...10,00 мин в TM, 0...1000 в Modbus, 0...600000 мс в Owen, точность 0,01 мин\*)

```
Ti:= WORD_TO_REAL(pram5_)*600;
```

```

(*постоянная дифференцирования, 0...10,00 мин в TM, 0...1000 в Modbus,
0...600000 мс в Owen, точность 0,01 мин*)
Td:= WORD_TO_REAL(pram6_)*600;
(*смещение, 0...100,00 % в TM, 0...10000 в Modbus, 0...1,0000 в Owen, точность
0,01 %*)
Ywp:= WORD_TO_REAL(pram7_)/10000;
(*сигнал ручного управления, 0...100,00 % в TM, 0...10000 в Modbus, 0...1,0000
в Owen, точность 0,01 %*)
Yman:= WORD_TO_REAL(pram8_)/10000;
(*команда перевода в ручной режим, WORD в Modbus, BOLL в Owen*)
Man_command:=WORD_TO_BOOL(param9_);
(*вызов экземпляра ФБ PID и обновление выходов*)
regulator(ACTUAL:=MVA8, SET_POINT:=temp_ref, KP:=Kr, TN:=Ti, TV:=Td,
Y_MANUAL:=Yman, Y_OFFSET:=Ywp, Y_MIN:=0, Y_MAX:=1,
MANUAL:=Man_command, RESET:=FALSE);
MVU8:=regulator.Y;
regOut_:=REAL_TO_WORD(regulator.Y*10000);

(*Трансляция переменных прямого управления*)
(*канал 1 MBY8 – управление магнитным пускателем 1: значения 0,1; любое не-
нулевое значение Modbus воспринимается как команда на включение*)
IF mvu1_ <> 0 THEN
    MVU1:=1;
ELSE
    MVU1:=0;
END_IF

(*канал 2 MBY8 – управление магнитным пускателем 2: значения 0,1; любое не-
нулевое значение Modbus воспринимается как команда на включение*)
IF mvu2_ <> 0 THEN
    MVU2:=1;
ELSE
    MVU2:=0;
END_IF

(*канал 3 MBY8 – пуск ИМ в направление «больше»: значения 0,1; любое нену-
левое значение Modbus воспринимается как команда на включение*)
IF mvu3_ <> 0 THEN
    MVU3:=1;
ELSE
    MVU3:=0;
END_IF

(*канал 4 MBY8 – пуск ИМ в направление «меньше»: значения 0,1; любое нену-
левое значение Modbus воспринимается как команда на включение*)
IF mvu4_ <> 0 THEN
    MVU4:=1;
ELSE
    MVU4:=0;
END_IF

(*канал 7 MBY8 – управление ПЧ: значение 0...1 в Owen, 0..100 в Modbus; точ-
ность 1%*)

```

MVU7:= WORD\_TO\_REAL(mvu7\_)/100;

Остальные подпрограммы разрабатываются студентами самостоятельно, по аналогии с приведенными выше. Возможный список подпрограмм с необходимыми пояснениями включает следующие.

*Подпрограмма 3. Импульсное ПИД-регулирование температуры с воздействием на нагрев.*

Подпрограмма будет отличаться от предыдущей только тем, что вместо плавного изменения мощности нагревательного элемента посредством БУСТ, она будет осуществлять его включения/выключения на полную мощность по принципу широтно-импульсной модуляции. Нагревательный элемент будет подключен к розетке, связанной с первым магнитным пускателем и управляться по каналу 1 модуля МВУ. МВУ должен быть сконфигурирован таким образом, чтобы период модуляции по данному каналу составлял 5 –10 сек. Выход ПИД-регулятора должен быть связан с переменной MVU1. Трансляция значения переменной mvu1\_ из SCADA-системы должна быть запрещена. В случае необходимости перевод системы в ручной режим должен осуществляться с воздействием на регулятор (с помощью команды MANUAL, как в предыдущей программе).

*Подпрограмма 4. Непрерывное ПИД-регулирование температуры с воздействием на охлаждение.*

Программа будет воздействовать на охлаждение, изменяя частоту вращения вентилятора. Выход ПИД-регулятора должен быть связан с переменной MVU7.

Во время выполнения подпрограммы оператор МРВ должен иметь возможность оказывать возмущения на объект. Программа должна транслировать переменные, связанные с каналами 1,2 (управление пускателями), 3,4 (управление ИМ заслонки), 8 (управление БУСТ).

*Подпрограмма 5. Импульсное ПИ-регулирование температуры с воздействием на охлаждение.*

Подпрограмма будет воздействовать на охлаждение, изменяя положение воздушной заслонки. Обратная связь по положению не используется. ПИ-регулятор совместно формируется функциональным блоком PD и исполнительным механизмом «интегрирующего» типа (рис. 3).

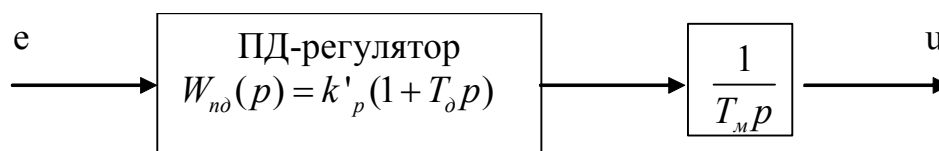


Рис. 3. Формирование ПИ-закона регулирования

На рис. 3 обозначены  $k'_p, T_d$  – коэффициент передачи и постоянная времени дифференцирования ПИД-регулятора,  $T_m$  – постоянная времени интегрирования исполнительного механизма.

Постоянная времени  $T_m$  численно равна времени его полного хода.

Передаточная функция ПИ-регулятора:

$$W_{III}(p) = k'_p (1 + T_\delta p) \frac{1}{T_m p} = k'_p \left( \frac{1}{T_m p} + \frac{T_\delta}{T_m} \right) =$$

$$= k'_p \frac{T_\delta}{T_m} \left( 1 + \frac{1}{T_\delta p} \right) = k_p \left( 1 + \frac{1}{T_{из} p} \right),$$

где  $k_p = k'_p \frac{T_\delta}{T_m}$  – коэффициент передачи ПИ-регулятора,  $T_{из} = T_\delta$  – изодромная постоянная времени.

Таким образом, полученные от SCADA-системы значения настроек ПИ-регулятора должны быть пересчитаны в значения настроек ПД-регулятора:

$$k'_p = k_p \frac{T_m}{T_\delta}, \quad T_\delta = T_{из}.$$

Поскольку пересчет будет производиться после масштабирования сетевых переменных, постоянную времени  $T_m$  следует брать в мс.

ПД-регулятор будет управлять сразу двумя каналами модуля МВУ8: третьим (пуск ИМ в направлении «больше») и четвертым (пуск ИМ в направлении «меньше»). Выбор канала будет производиться исходя из знака выходного сигнала функционального блока PD: положительное значение выходного сигнала записывается в переменную MVU3, модуль отрицательного – в переменную MVU4:

```
IF regulator.Y >= 0 THEN
  MVU3 := regulator.Y;
  MVU4 := 0;
ELSE
  MVU3 := 0;
  MVU4 := -regulator.Y;
END_IF
```

Модуль МВУ8 будет преобразовывать значения переменных MVU3 и MVU4 в скважность импульсов включения ИМ в направлениях «больше» и «меньше». Диапазон значений переменных лежит от 0 (скважность равна нулю, механизм выключен) до 1 (скважность 100%, механизм включен постоянно). Таким образом, выходной сигнал ПД-регулятора должен быть ограничен предельными значениями –1 и 1:  $Y\_MIN := -1$ ,  $Y\_MAX := 1$ .

Поскольку при нулевой ошибке регулирования ИМ должен быть неподвижен, стационарное значение OFFSET ПД-регулятора должно быть равно нулю.

Во время выполнения подпрограммы оператор МРВ должен иметь возможность оказывать возмущения на объект. Подпрограмма должна транслировать переменные, связанные с каналами 1,2 (управление пускателями), 7 (управление ПЧ), 8 (управление БУСТ).

*Подпрограмма 6. Двухконтурная САР температуры с воздействием на охлаждение.*

Данная подпрограмма, также как и предыдущая, будет воздействовать на охлаждение, изменяя положение воздушной заслонки. Однако теперь будет ис-

пользоваться обратной связью по положению ИМ. Это дает возможность построить двухконтурную систему, в которой регулятор внешнего контура будет заниматься регулированием температуры, регулятор внутреннего – регулированием положения ИМ (рис. 4).

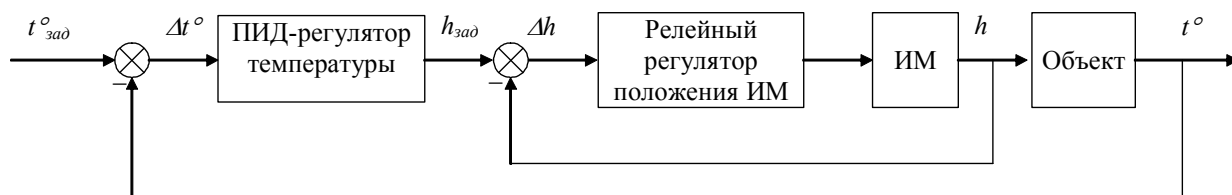


Рис. 4. Структура системы

На рис. 4 символом « $h$ » обозначено положение воздушной заслонки.

ПИД-регулятор температуры формируется также как в подпрограмме 4.

Релейный регулятор положения включает исполнительный механизм в направление «больше» или «меньше» в зависимости от знака ошибки по положению  $\Delta h$ . Для предотвращения частых срабатываний реле должно иметь зону нечувствительности. Значение зоны нечувствительности передается подпрограмме SCADA-системой через одну из сетевых переменных.

Во время выполнения подпрограммы оператор МРВ должен иметь возможность оказывать возмущения на объект. Подпрограмма должна транслировать переменные, связанные с каналами 1,2 (управление пускателями), 7 (управление ПЧ), 8 (управление БУСТ).

1.5. Откомпилируйте программу и загрузите ее в контроллер. Не запускайте программу на выполнение.

2. Программирование SCADA-системы.

2.1. Дополнение базы каналов.

Создайте копию проекта Trace Mode, разработанного при выполнении предыдущей лабораторной работы. Дополните уже имеющуюся базу каналов МРВ следующими каналами:

канал progNum\_ типа «Output» подтипа «Modbus» с дополнением к подтипу «W Word(6)», адрес 0010. Вид представления канала – H (hex). Масштабирование значения не требуется. С помощью этого канала контроллеру будет передаваться номер подпрограммы;

канал regOut\_ типа «Input» подтипа «Modbus» с дополнением к подтипу «Rout Word(3)», адрес 0011. Вид представления канала – F (float). Масштабный коэффициент равен 0,01. По этому каналу МРВ будет считывать текущее значение выходных сигналов регулятора контроллера;

10 каналов «paramX\_» (где X номер от 1 до 10) типа «Output» подтипа «Modbus» с дополнением к подтипу «W Word(6)», адреса с 0012 по 001b. Вид представления каналов – F (float). Масштабные коэффициенты равны 100. С помощью данных каналов контроллеру будут передаваться дополнительные параметры, в т.ч. уставка и настройки регулятора.

2.2. Дополнение графической части проекта.

В дополнение к экрану визуализации, разработанному ранее, создайте экран «Автоматическое регулирование» на котором разместите

1) органы выбора программы регулирования и отображения номера (названия) текущей программы;

2) средства ввода числовых значений следующих величин:

уставки по температуре;

порога срабатывания релейного регулятора;

порога отпускания релейного регулятора;

коэффициента передачи ПИД-(ПИ-) регулятора;

постоянной времени интегрирования ПИД-(ПИ-) регулятора;

постоянной времени дифференцирования ПИД-(ПИ-) регулятора;

смещения (стационарного значения) ПИД-(ПИ-) регулятора;

сигнала ручного управления ПИД-(ПИ-) регулятора;

зоны нечувствительности релейного регулятора положения.

Все числовые значения должны вводиться в виде вещественного числа с двумя знаками после запятой. Они должны отправляться в каналы param1\_ – param9\_. Постоянные времени вводятся в минутах;

3) кнопку перевода регулятора в ручной режим. При ее нажатии в канал param8\_ должна отправляться единица, в противном случае – нуль;

4) средства отображения (как в графической, так и в цифровой форме) и регистрации температуры и выходного сигнала регулятора (param10\_).

Сохраните проект.

**4. Отключите питание от лабораторного стенда с модулями ввода-вывода.** Откройте дверцу шкафа, включите все автоматические выключатели. Закройте дверцу шкафа. Подключите лабораторный объект к шкафу управления. Управление нагревательным элементом на данном этапе должны осуществлять тиристоры, вентилятором – преобразователь частоты. Водяной насос подключите к розетке, связанной с магнитным пускателем 1.

Подайте питание на стенд. Переведите переключатели лицевой панели в положение, обеспечивающее автоматическое управление всеми подсистемами. Управление тиристорами должен осуществлять БУСТ.

4. Запустите программу контроллера и переведите МРВ в режим работы в реальном времени. Запустите подпрограмму 0. С помощью органов первого экрана визуализации переведите объект в рабочую точку. Параметры рабочей точки уточните у преподавателя (по умолчанию: мощность нагревателя 1500Вт (60%), частота питания ПЧ 30Гц (60%), при этом температура должна составить 60–70°). Дождитесь стабилизации температуры.

5. Определение настроек регуляторов.

Если математическое описание объекта по каналам нагрева и охлаждения, а также настройки регулятора неизвестны, проведите эксперименты по снятию кривых разгона и найдите настройки регуляторов. Для этого:

увеличьте мощность нагревателя на 500Вт и зарегистрируйте переходный процесс увеличения температуры;

вновь верните объект в рабочую точку и зарегистрируйте переходный процесс снижения температуры;



увеличьте частоту питания вентилятора на 10Гц и зарегистрируйте переходный процесс уменьшения температуры;

вновь верните объект в рабочую точку и зарегистрируйте переходный процесс увеличения температуры;

обработайте полученные кривые разгона и определите запаздывания, постоянные времени и коэффициенты передачи объекта по нагреву и охлаждению. Коэффициенты передачи находятся как отношения приращений температуры в градусах к приращениям возмущений в процентах (20% в обоих случаях);

с помощью любых доступных методов и средств, включая подбор на имитационной модели, определите настройки ПИД- и ПИ- регуляторов, обеспечивающие максимально быстрые переходные процессы в САР при соблюдении ограничения на управляющее воздействие (мощность нагревателя и частота питания вентилятора не должны превышать 100%). При этом должны анализироваться как процессы, связанные с увеличением задания (не более  $\pm 10^\circ$ ), так и с изменением возмущения (не более  $\pm 20\%$ ).

Более подробно процедуры снятия и обработки кривых разгона, а также определения настроек регулятора описаны в методических указаниях к лабораторным работам №3, 6 и 8 для контроллера Ремиконт Р-130.

#### 6. Запуск и апробация технологических программ.

Последовательно опробуйте все реализованные подпрограммы регулирования, предварительно задав их параметры. Подпрограммы должны стартовать, когда объект находится в рабочей точке. Результатом апробации должны стать тренды температуры и управляющего сигнала регулятора при отработке ступенчатого изменения задающего и возмущающего сигналов. При этом условия экспериментов должны совпадать с условиями моделирования. Сравните поведение реальной САР с поведением ее модели.

### Содержание отчета

1. Окно конфигурации ПЛК с отображением настройки каналов ввода и вывода.

2. Программы контроллера.

3. Описание дополнительных каналов ввода-вывода Trace Mode.

4. Экраны визуализации в рабочей стадии.

5. Разгонные кривые объекта по температуре и результаты их обработки (передаточные функции объекта по нагреву и охлаждению) – в случае необходимости.

6. Расчет регуляторов и графики переходных процессов в САР (включая график изменения управляющего сигнала) по отработке ступенчатого изменения задающего и возмущающего сигналов, полученные при моделировании.

7. Тренды температуры и управляющего сигнала регулятора для всех реализованных технологических программ регулирования.

## Контрольные вопросы

1. Опишите назначение всех входов и выходов функционального блока PID. Укажите типы данных.
2. Опишите назначение всех входов и выходов функционального блока PD. Укажите типы данных.
3. Опишите дополнение конфигурации контроллера, выполненное в работе (назначение сетевых переменных).
4. Опишите программу PLC\_PRG контроллера. Каково назначение подпрограмм?
5. Опишите принципы передачи по сети уставки и настроек регулятора, а также значения сигнала управления. Как обеспечивается необходимая точность представления информации?
6. Опишите все реализованные подпрограммы контроллера.
7. Опишите дополнение базы каналов SCADA-системы, выполненное в работе.
8. Опишите созданный экран визуализации, укажите привязку его элементов к каналам.
9. Опишите процедуры снятия и обработки кривых разгона объекта.
10. Опишите проведенную процедуру нахождения настроек регуляторов. Какие ограничения накладывались на выбор настроек, и какие процессы исследовались?
11. Прокомментируйте тренды температуры и управляющего сигнала регулятора, полученные при выполнении программ регулирования.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ. Краткое техническое описание приборов и устройств лабораторных стендов**

### **1. Регулятор аналоговый Р17.3**

Регулятор Р17 с аналоговым выходным электрическим сигналом предназначен для реализации П, ПИ, ПД, ПИД - законов регулирования. Он выполняет следующие функции:

суммирование унифицированных входных сигналов, а также сигналов от термоэлектрических преобразователей;

введение информации о заданном значении регулируемой переменной, от внутреннего корректора или внешнего потенциометрического задатчика,

формирование и усиление сигнала рассогласования  $\varepsilon$ ;

формирование выходного непрерывного электрического сигнала в соответствии с П, ПИ, ПД, ПИД - законами;

дистанционное (ручное) управление исполнительным механизмом (нагрузкой) и переход с ручного управления на автоматическое;

ограничение выходного сигнала по минимуму и максимуму;

масштабирование входных сигналов;

сглаживание (демпфирование) сигнала рассогласования.

В основной блок регулятора Р-17.3 вводится до четырех унифицированных по току и напряжению сигналов  $X_{21}$ ,  $X_{22}$ ,  $X_{31}$ ,  $X_{32}$  и один сигнал  $X_1$  от термоэлектрического преобразователя. Основные характеристики этих входных сигналов и соответствующие им масштабные коэффициенты передачи приведены в таблице 1. Структурная схема устройства показана на рис. 1.

Таблица 1. Характеристики входных сигналов

Входной сигнал	Номинальный диапазон изменения входного сигнала	Входное сопротивление, Ом	Масштабный коэффициент передачи	
$X_1$	Изменение термо э.д.с. до 10мВ	$>10^4$	-	1
$X_{21}$	0-5 мА	$<150$	$\alpha_2$	0-5
$X_{22}$	0-10 В	$>10^4$	$\alpha_2$	0-5
$X_{31}$	0-5 мА	$<150$	-	1
$X_{32}$	0-10 В	$>10^4$	-	1

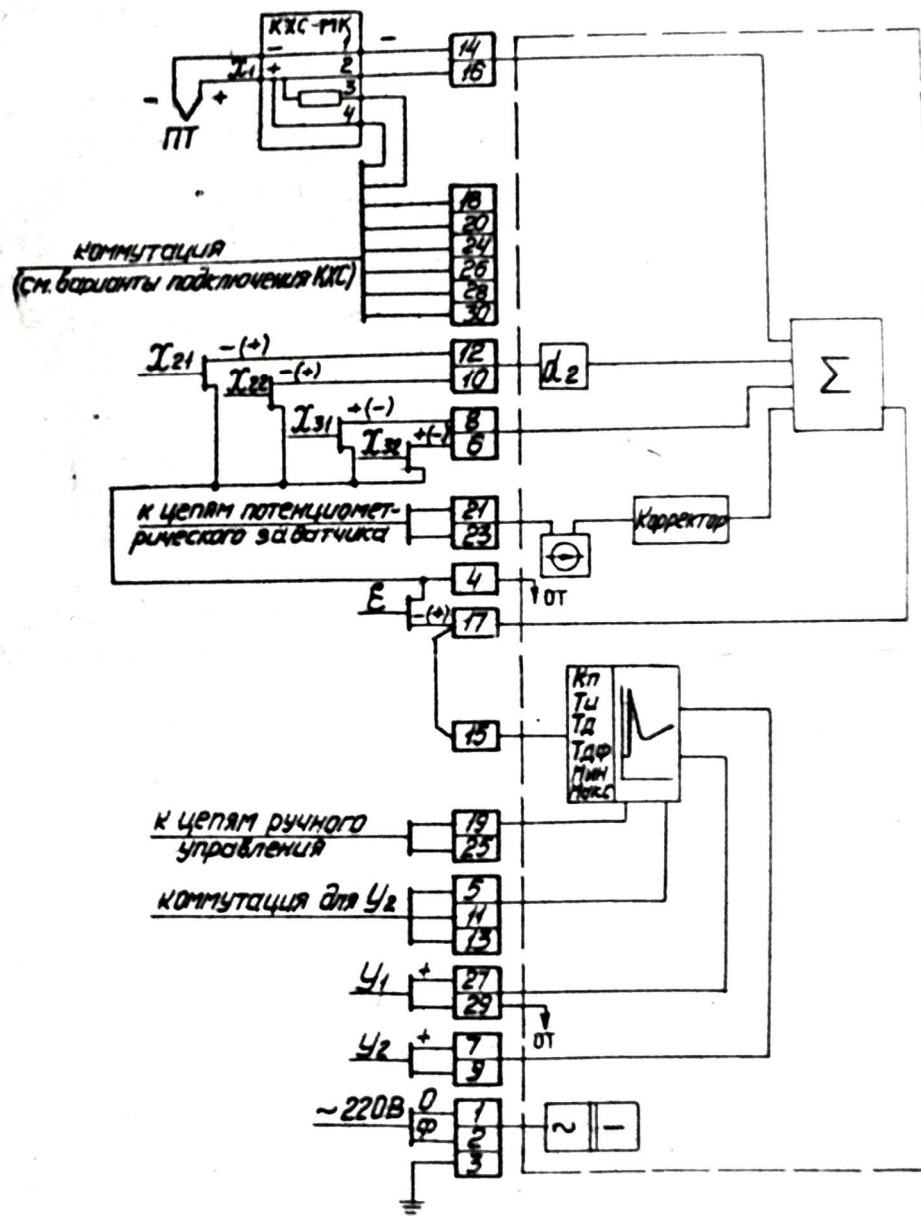


Рис. 1. Структурная схема Р17.3

Номинальные диапазоны изменения выходных сигналов  $Y_1$ ,  $Y_2$  постоянного тока и сопротивления нагрузки блока Р-17.3 приведены в табл. 2.

Таблица 2. Характеристики выходных сигналов

Выходной сигнал	Номинальный диапазон изменения выходного сигнала	Сопротивление нагрузки, кОм
$Y_1$	0-10мА	$\geq 2$
$Y_2$	0-5мА	0-2,5
$Y_2$	0-20мА	0-1
$Y_2$	4-20мА	0-1

### *Устройства и работа блоков регулятора*

Органы настройки и контроля блоков расположены на боковых панелях внутри корпуса Р-17 с правой стороны шасси. Доступ к ним обеспечивается при частичном выдвигании шасси из корпуса. Для этого необходимо утопить кнопку замка, расположенную в нижней части передней панели, после чего потянуть шасси на себя до упора.

На боковой панели расположены следующие органы настройки и контроля (рис. 2):

1, 2 – органы изменения уровней ограничения выходного сигнала соответственно по максимуму (МАКС) и по минимуму (МИН);

3 – орган плавного изменения коэффициента пропорциональности  $K_{л}$ ;

4 – коммутационные гнезда с замыкателем для дискретного изменения множителя коэффициента пропорциональности ( $\times 1$ ,  $\times 10$ );

5 – орган плавного изменения постоянной времени интегрирования  $T_{и}$ ;

6 – коммутационные гнезда с замыкателем для дискретного изменения множителя постоянной времени интегрирования ( $\times 1$ ,  $\times 10$ ) и для отключения интегральной составляющей закона регулирования (ВЫКЛ.);

7 – орган плавного изменения постоянной времени дифференцирования  $T_{д}$ ;

8 – коммутационные гнезда с замыкателем для дискретного изменения множителя постоянной времени дифференцирования ( $\times 1$ ,  $\times 10$ ) и для отключения дифференциальной составляющей закона регулирования (ВЫКЛ.);

9 – орган плавного изменения постоянной времени демпфирования  $T_{дф}$ ;

10, 11 – контрольные гнезда «У» и «ОТ» для измерения выходного сигнала 0-10 В постоянного тока («ОТ» - общая точка схемы).

На панели модуля измерительного ИТ 002.1 расположены следующие органы настройки и контроля (рис. 5б):

1,2 - соответственно коммутационные гнезда с замыкателями для дискретного изменения сигнала корректора и орган плавного изменения сигнала корректора (КОРРЕКТОР):

3 – орган плавного изменения масштабного коэффициента передачи  $\alpha_2$  по входу  $X_2$ ;

4 – орган балансировки измерительной схемы (УСТ. 0);

5, 6 – контрольные гнезда соответственно «е» и «ОТ» для измерения сигнала рассогласования  $\varepsilon$ .

Модуль ИТ 002.1 содержит следующие функциональные узлы: суммирования и масштабирования; усилитель; узел корректора; узел компенсации; источник опорного напряжения.

Узел суммирования и масштабирования суммирует сигналы постоянного тока  $X_1$ ,  $X_{21}$ ,  $X_{22}$ ,  $X_{31}$ ,  $X_{32}$  и выходной сигнал корректора  $X_{кор}$ . Статическая характеристика узла суммирования и масштабирования имеет вид:

$$\varepsilon = -X_1 + \alpha(X_{21} + X_{22}) - X_{31} - X_{32} + X_{кор}.$$

Усилитель осуществляет усиление по напряжению сигнала  $e$  в диапазоне 0...10 В.

Узел компенсации, в схему которого входит коробка холодных спаев КХС-МК, обеспечивает компенсацию изменения термо-ЭДС холодных спаев термопреобразователя при вариациях температуры окружающего воздуха.

Источник опорного напряжения питает узлы корректора, компенсации и внешнее потенциометрическое задающее устройство.

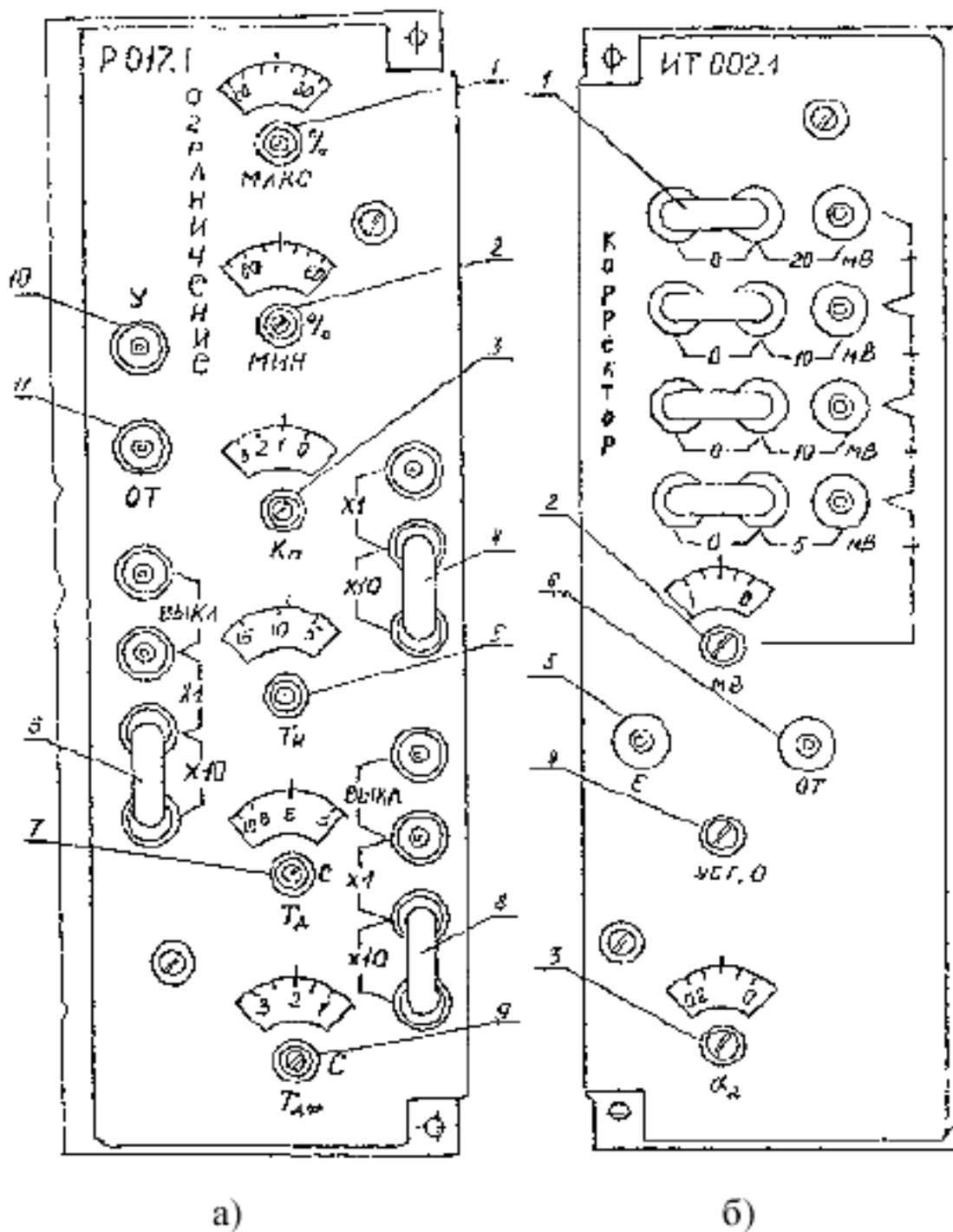


Рис.2. Р17 (органы настройки и контроля)

## 2. Преобразователь частоты SJ100

Технические характеристики преобразователя частоты:

серия/Тип: SJ100-004HFE;

применяемый двигатель (кВт): 0,4;

номинальный выходной ток (А): 1,5;

масса (кг): 1,3;

напряжение питания (В): 3 ~ 380 - 460 В $\pm$  10 %, 50/60 Гц  $\pm$  5 %;

выходное напряжение: 3 ~ 0 - 380 ... 460 В (в зависимости от входного напряжения). Питание 3~380 – 460 В;

степень защиты: IP20;

частота ШИМ: 0,5 - 16 кГц (программируется);

вольт-частотные характеристики: разнообразные, с повышенным пусковым моментом, со стандартным пусковым моментом (постоянный момент, пониженный момент), бессенсорный векторный контроль (SLV);

выходная частота: 0,5 - 360 Гц;

точность отработки частоты: при цифровой установке:  $\pm$  0,01 % от максимального значения, при аналоговой установке:  $\pm$  0,2 % от максимального значения;

точность установки частоты: при цифровой установке: 0,1 %, при аналоговой установке: максимальная частота/1000;

допустимая перегрузка по току: 150 % в течении 60 сек, макс. 220 %;

пусковой момент (при использовании функции SLV): более 200 %;

регенеративное торможение с конденсаторной ОС: 100 %;

торможение постоянным током (DC – торможение): программируются следующие параметры: частота, на которой включается DC-торможение, тормозной момент, продолжительность включения торможения постоянным током;

аналоговые входы: 0 - 10 В, сопротивление нагрузки 10 кОм; (переменный резистор 1 – 2 кОм (1 Вт)); 4 - 20 мА, сопротивление нагрузки 250 Ом; вход РТС (терморезистора);

дискретные входы: 6 программируемых многофункциональных входов, 24 В, PNP-логика;

аналоговый выход: частота, ток, момент (вольтметр постоянного тока, шкала 0-10 В макс., 1 мА);

цифровые выходы: открытый коллектор (Сигнал: о работе привода, о работе в заданном диапазоне частот, о превышении установленного значения перегрузки, о превышении отклонения установок ПИД- регулятора) и выход реле сигнализации;

функции защиты: защита от перегрузки по току, от повышенного и пониженного напряжения, от перегрева, от короткого замыкания на землю при запуске, ограничение перегрузки и т.д;

дополнительные функции: 15 фиксированных частот, ПИД-регулятор, защита параметров от перезаписи, автоматический перезапуск, толчковый режим, установка частоты кнопками вверх/вниз.

Схемы подключения силовых цепей и цепей контроля и управления преобразователя частоты показаны на рис. 1,2.

Питание 3~380-460V

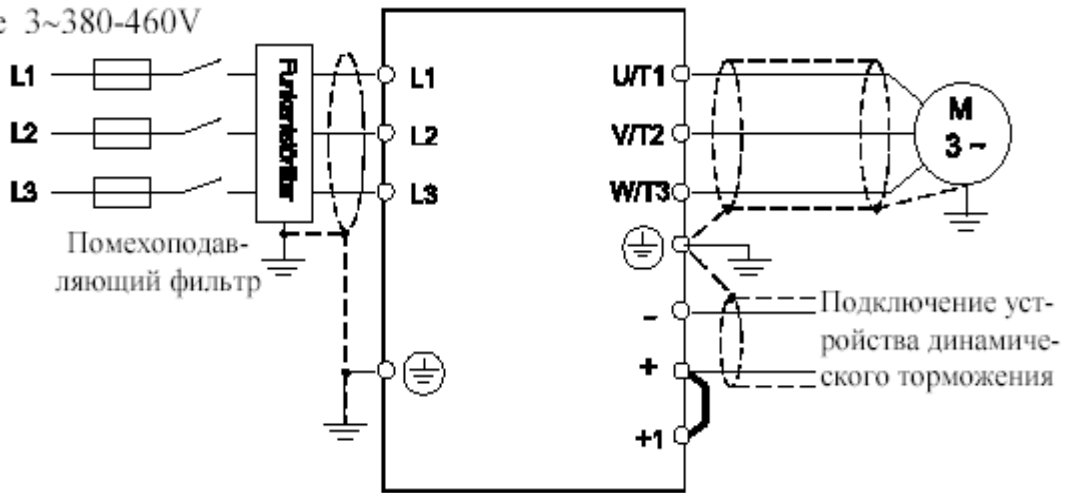


Рис.1. Схема подключения силовых цепей

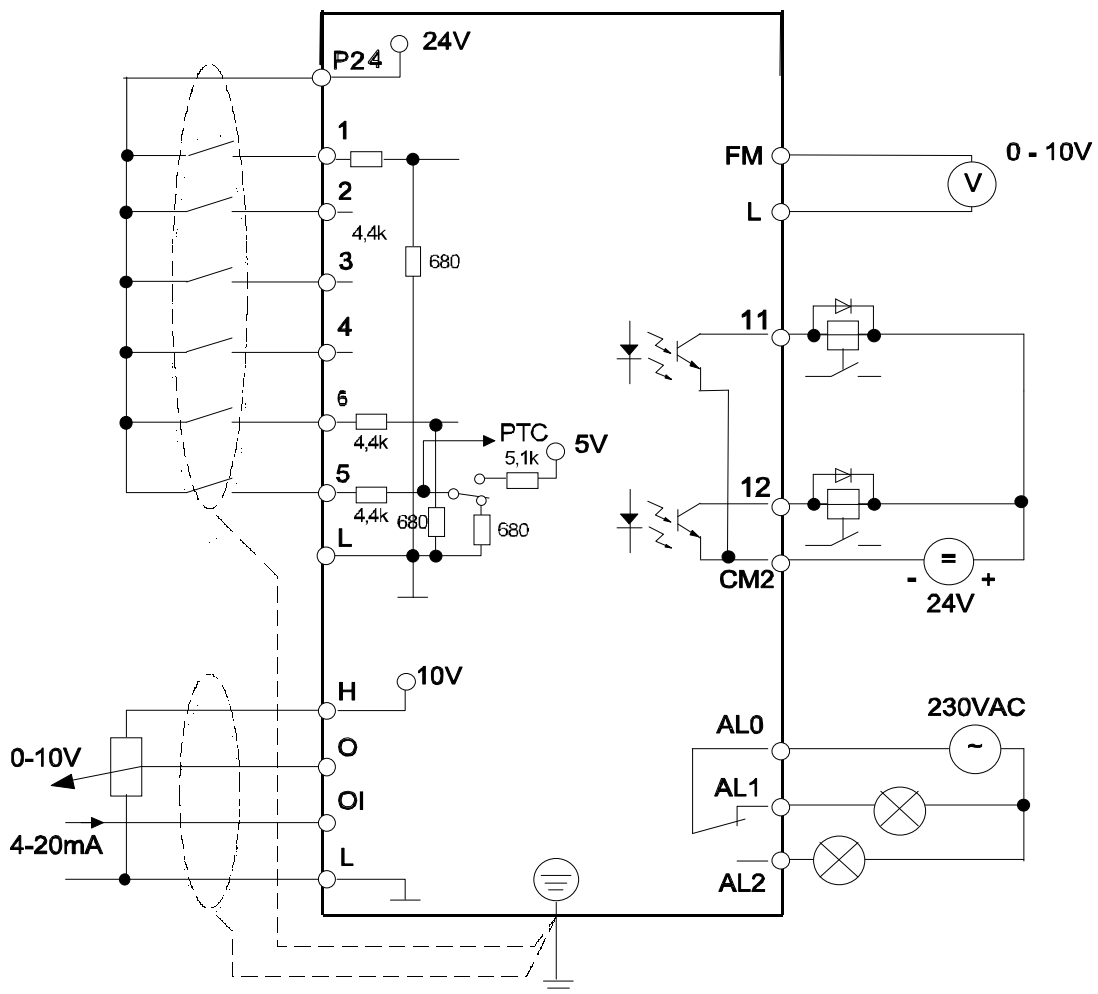


Рис.2. Схема подключения цепей контроля и управления



### 3. Устройство задающее токовое ЗУ05

Устройство задающее токовое ЗУ 05 предназначено для применения в системах автоматического регулирования производственных процессов в качестве ручного токового задатчика.

Технические данные:

параметры питания – 220 В, 50 Гц,;

потребляемая мощность, не более – 5 ВА;

сопротивление нагрузки – 0..3 кОм;

диапазон изменения выходного сигнала постоянного тока – 0..5 мА;

пульсация выходного сигнала в процентах от номинального диапазона его изменения – не более 0,5;

шкала уставки выходного сигнала 0...100% с ценой деления 1%;

погрешность градуировки шкалы задающего устройства – не более 5% от номинального диапазона изменения выходного сигнала;

вероятность безотказной работы блока 0,99 за 2000 ч.

На передней панели задающего устройства размещена ручка «Задание», при помощи которой устанавливается выходной ток устройства в пределах 0..5 мА, оцениваемый по шкале 0..100%. Принципиальная электрическая схема ЗУ05 показана на рис. 1.

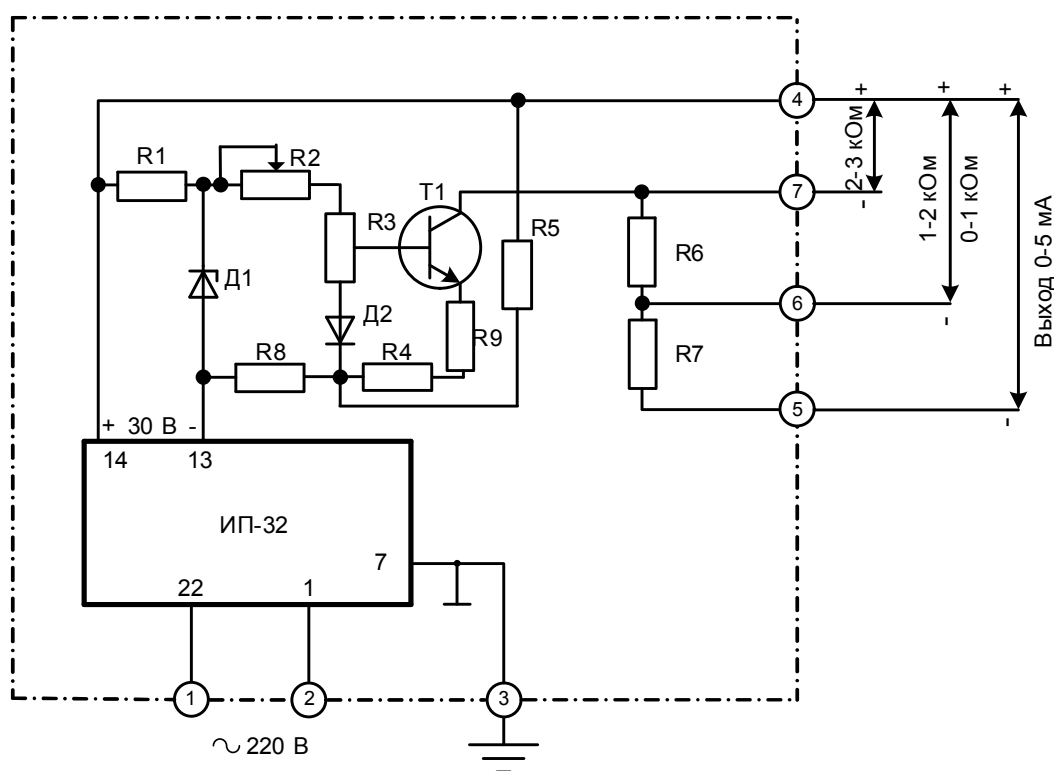


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема ЗУ05

Устройство представляет собой регулируемый источник постоянного тока, выполненный на транзисторе Т1, включенном по схеме с общим эмиттером. Рабочая точка транзистора стабилизирована с помощью последовательной отрицательной обратной связи (резистор R4), которая одновременно повышает выходное сопротивление усилителя. Нагрузка включается в коллекторную цепь

транзистора – на клеммы 4-5, 4-6, 4-7 (в зависимости от величины сопротивления нагрузки). Резисторы R6, R7 являются балластными. Выходной сигнал снимается с движка потенциометра R8.

Питание цепей нагрузки и выходных цепей транзистора осуществляются от источника питания ИП-32.

Питание входных цепей стабилизировано с помощью стабилитрона Д1, рабочий ток который задается резистором R1. Для компенсации динамического сопротивления стабилитрона Д1 применена мостовая схема (R1, R5, R4, Д1). С помощью подстроечного резистора R2 устанавливается необходимый диапазон действия ручки потенциометра R3. Диод Д2 включенный во входную цепь усилителя, осуществляет температурную стабилизацию величины выходного тока.

#### **4. Блок управления аналогового регулирования БУ 12**

Блок управления аналогового регулятора БУ 12 предназначен для безударного переключения управления цепей нагрузки аналогового регулирующего блока с автоматического управления на ручное и обратно и для ручного управления током нагрузки.

Питание осуществляется от однофазной сети переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц.

Мощность, потребляемая от сети, не более 5 ВА.

Номинальный диапазон изменения входного сигнала 0..5 мА постоянного тока от аналогового регулирующего блока.

Номинальный диапазон изменения выходного сигнала для управления нагрузкой в режиме «Ручное» от 0..5 мА постоянного тока при сопротивлении нагрузки меньше или равным 3 кОм.

Номинальный диапазон изменения выходного сигнала для управления аналоговым регулятором в режиме «Ручное» 0..5 мА синхронизированный и гальванически изолированный от тока нагрузки при сопротивлении нагрузки меньше или равным 1 кОм.

Шкала уставки тока ручного управления 0..100% с ценой деления 1%;

Коммутация цепей автоматического и ручного управления нагрузкой осуществляется двухпозиционным переключением с фиксацией в положении «А» - автоматическое и «Р» - ручное.

Контроль тока нагрузки может осуществляться внешним миллиамперметром.

Сопротивление изоляции электрических цепей питания относительно шасси блока, а так же между собой при нормальных условиях не менее 40 МОм.

Изоляция электрических цепей питания относительно шасси блока выдерживает испытательное напряжение 1500В.

Вероятность безопасной работы за время 2000ч составляет 0,98.

Масса блока не более 0,7 кг.

Блок содержит два синхронно работающих, но гальванически развязанных регулируемых источника тока. Питание регулируемых источников тока осуществляется от источника питания ИП-31, содержащего два гальванически изолированных выпрямителя (рис. 1).

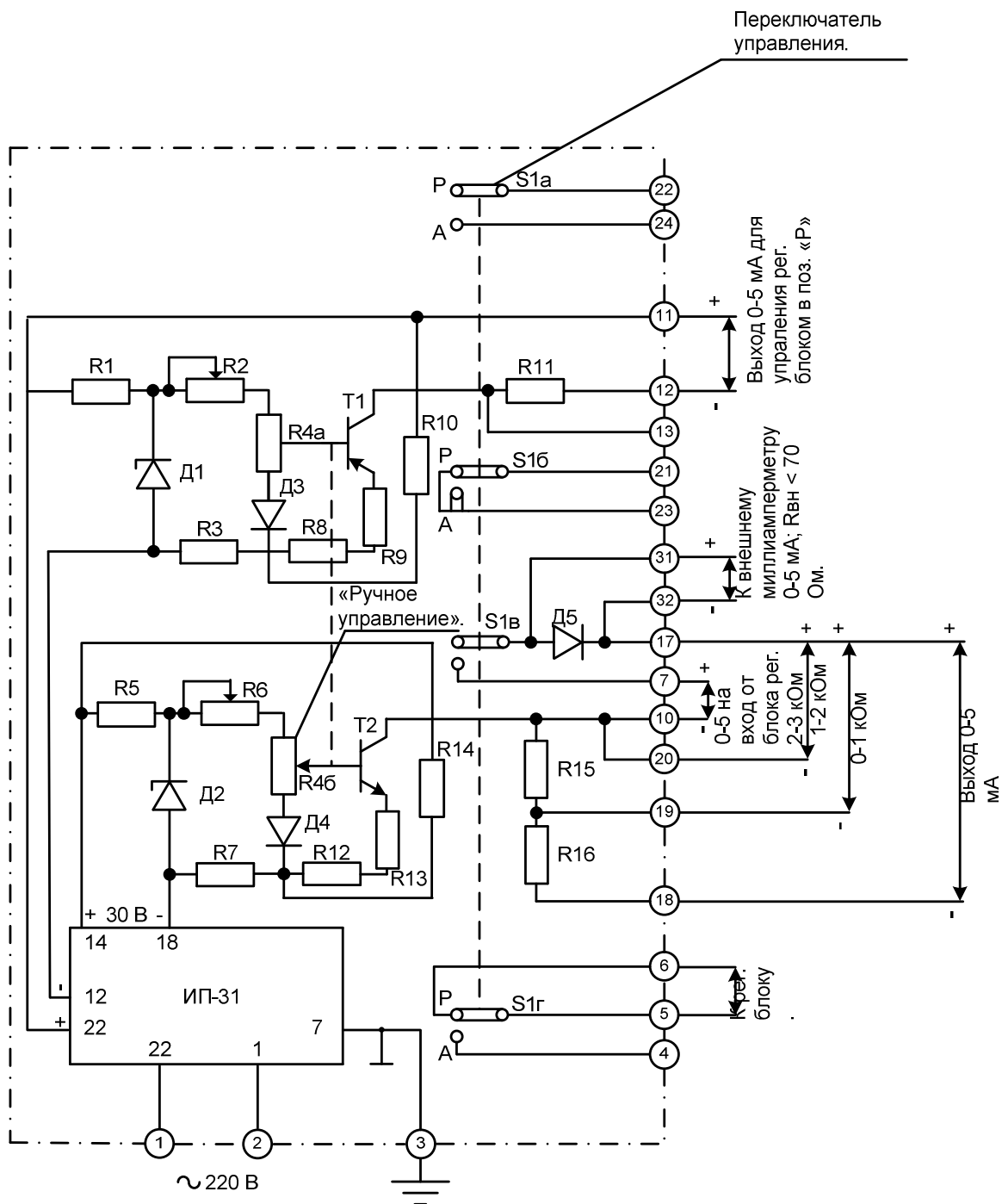


Рис.1. Электрическая принципиальная схема блока БУ12

Каждый из двух регулируемых источников тока представляет собой однокаскадный усилитель постоянного тока, выполненный на транзисторах включенных по схеме с общим эмиттером. Рабочие точки транзисторов стабилизированы с помощью последовательной отрицательной обратной связи, которая одновременно повышает выходное сопротивление усилителей.

Питание входных цепей стабилизировано с помощью стабилитронов. Рабочий ток стабилитронов задается резисторами. Для компенсации динамического сопротивления стабилитронов применены мостовые схемы. Контакты переключателя управления в положении «Р» подключает цепь нагрузки к выходу блока, а в положении «А» – к выходу аналогового регулирующего блока. Кон-

такты переключателя управления коммутируют цепи аналогового регулирующего блока, обеспечивающие безударное переключение с автоматического управления на ручное и обратно. Контакты могут быть использованы для коммутации различных цепей схемы управления объектом.

Источник питания содержит силовой трансформатор. На первичную обмотку трансформатора подается напряжение переменного тока 220 В. Ко вторичным обмоткам подключены полупроводниковые выпрямительные мосты. Выпрямительное напряжение фильтруется конденсаторами и подается на клеммы модуля. Электрические соединения блока с другими элементами системы регулирования выполняются в виде кабельных связей или в виде жгутов вторичной коммутации. Цепи питания выделены в отдельный кабель.

## **5. Блок управления релейного регулятора БУ21**

Блок управления релейного регулятора БУ 21 предназначен для ручного переключения управления нагрузкой релейного регулирующего блока с автоматического «А» на ручное «Р» или внешнее «В» и для коммутации цепей ручного управления.

Коммутация цепей ручного управления – кнопочное включение «Больше» («Б») или «Меньше» («М») с самовозвратом и с внутренней электрической блокировкой от одновременного включения.

Допустимые электрические нагрузки переключателя управления и кнопочного переключателя блока должны находиться в пределах, указанных ниже.

Род тока – постоянный и переменный.

Напряжение – 20 – 300 В.

Ток – 0,033 – 0,6 А.

Разрывная мощность – 25 ВА.

Световая сигнализация напряжений постоянного или переменного тока величиной до 35 В осуществляется двумя светодиодами с кнопкой индикации «И»

Вероятность безотказной работы блока 0,98 – 2000 ч.

Блок управления релейного регулятора БУ21 конструктивно выполнен в одном корпусе. Выходной клемник блока управления выполнен на штепсельном разъеме типа 2РМ.3ОБ32Ш1В1. Принципиальная электрическая схема представлена на рис. 1.

На лицевую панель блока управления вынесены: световые индикаторы «Б» – «больше» и «М» – «меньше», кнопка индикации «И», кнопки ручного управления в сторону больше «Б» и в сторону меньше – «М», переключатель управления нагрузкой на три фиксированных положения: «А» – автоматическое управление, «Р» – ручное и «В» – внешнее.

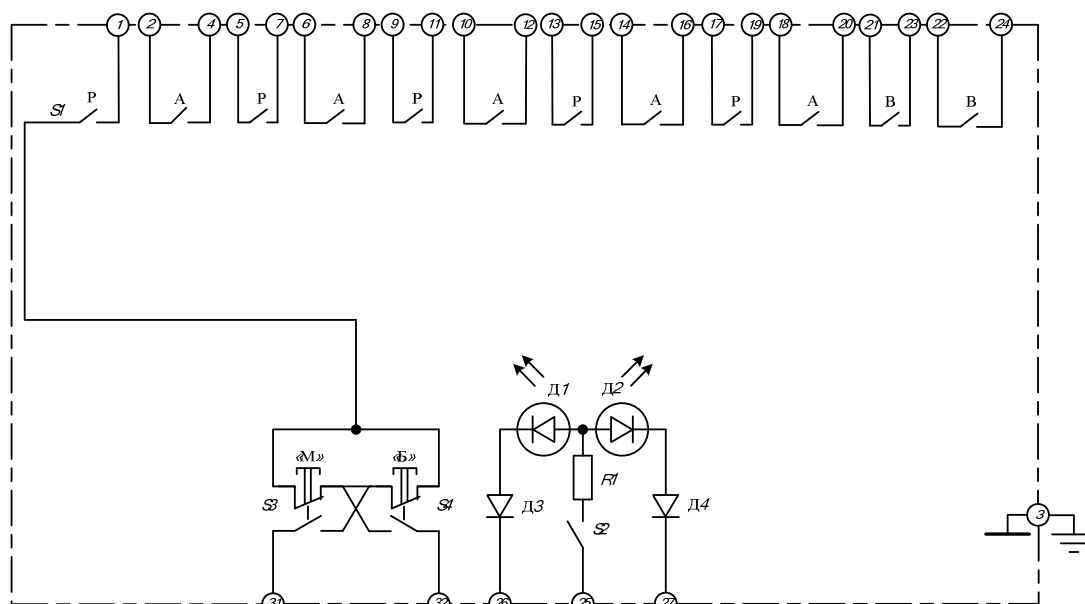


Рис.1. Схема принципиальная электрическая БУ21

## 6. Тиристорный регулятор напряжения (ТРН)

ТРН состоит из двух встречно включенных силовых тиристоров и прибора БУСТ (блока управления симисторами и тиристорами).

Прибор БУСТ предназначен для управления мощностью в активной нагрузке, включенной «звездой», совместно с подключаемыми к прибору тиристорами или симисторами. Для управления может применяться:

- внешний потенциометр;
- стандартный сигнал 0...10 В;
- стандартный сигнал 0...20 мА;
- стандартный сигнал 4...20 мА;
- стандартный сигнал 0...5 мА.

Прибор может также применяться в качестве задатчика мощности нагревателя с ручным управлением, а также для автоматического поддержания температуры объекта совместно с терморегуляторами.

Технические данные прибора представлены в табл. 1.

Функциональная схема прибора приведена на рис. 1. Прибор имеет три идентичных канала управления тиристорами или симисторами.

Каждый канал управления состоит из устройства контроля перехода напряжения фазы через ноль, устройства контроля тока фазы, устройства обработки сигнала, формирователя импульсов и импульсного трансформатора (рис. 2).

Таблица 1. Технические данные прибора

Наименование	Значение
<b>Питание</b>	
Напряжение питания	220 В 50 Гц
Допустимое отклонение напряжения питания от номинала	-15...+10 %
Потребляемая мощность	не более 4 ВА
<b>Входы</b>	
Входы управления	внешний переменный резистор или 0...10 В или 0...20 мА или 4...20 мА или 0...5 мА
Входное сопротивление входа управления	200 кОм
Сопротивление нагрузочного резистора $R_{вх}$	500 Ом
Максимально допустимый преобразованный трансформатором ток нагрузки на входах контроля	2 А
Напряжение низкого уровня на входе "Блокировка"	0 В...+0,4 В
Напряжение высокого уровня на входе "Блокировка"	+2,4 В... +5 В
<b>Выходы</b>	
Максимальный импульсный ток управления	не более 600 мА
Амплитуда управляющих импульсов	5 В
<b>Характеристики регулятора</b>	
Метод управления тиристорами или симисторами	фазовый или по числу полупериодов
Число используемых фаз	1...3
<b>Характеристики корпуса</b>	
Степень защиты корпуса	IP20
Габаритные размеры корпуса, мм	145x105x55
Масса прибора	не более 1 кг

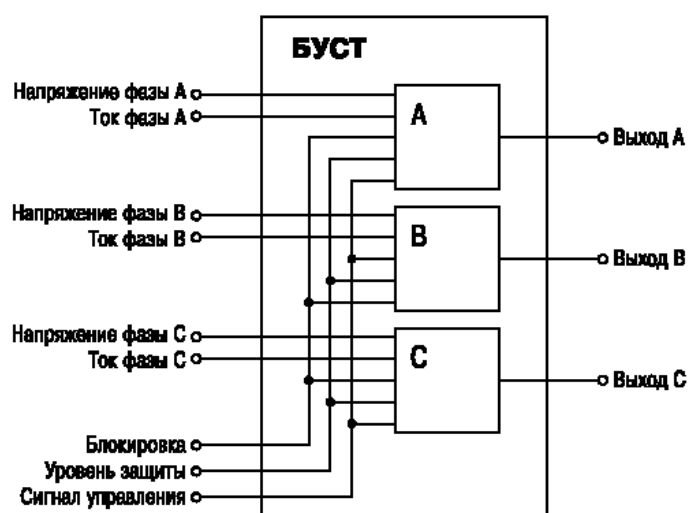


Рис.1. Функциональная схема прибора

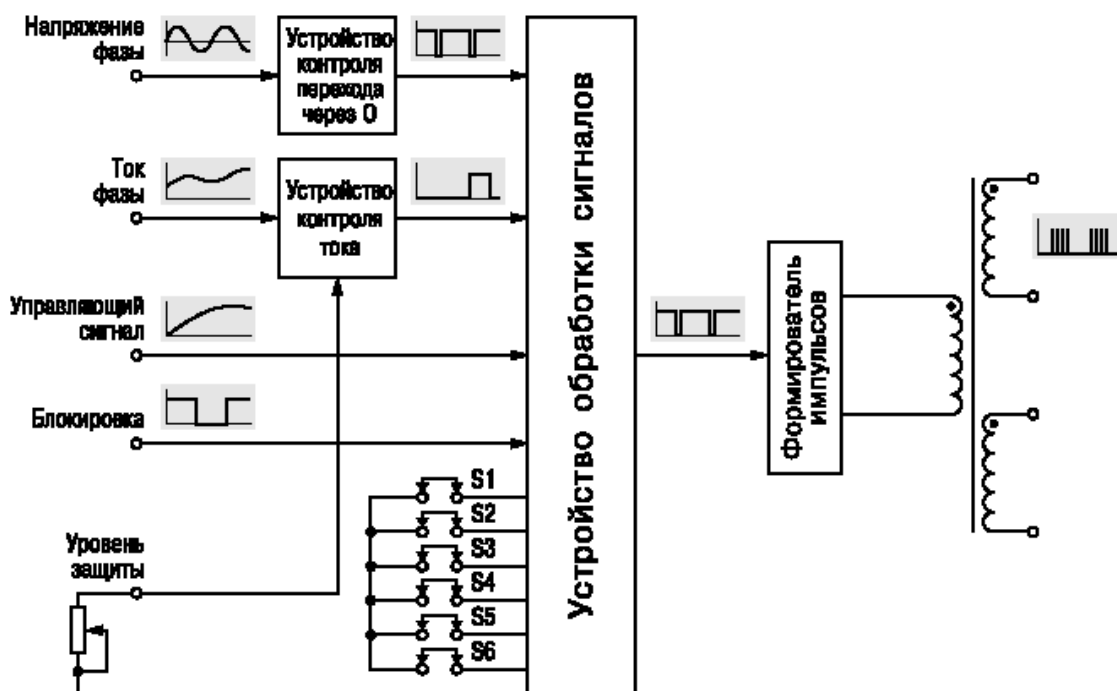


Рис. 2. Канал управления

Устройство контроля перехода через ноль формирует импульс в начале каждого полупериода соответствующей фазы. Эти импульсы синхронизируют работу устройства обработки сигналов.

Устройство обработки сигналов анализирует состояние переключателей S1...S6, которыми задается режим работы, определяет момент открытия тиристора или симистора в зависимости от величины сигнала на управляющем входе и запускает формирователь импульсов.

Положение переключки S1 определяет метод управления мощностью в нагрузке. При снятой переключке – фазовый, а при установленной – по числу полупериодов.

Положение переключки S2 определяет, анализируется состояние устройства контроля тока защитного отключения или нет. При установленной переключке – анализируется, а при снятой – нет.

Положение переключки S3 определяет режим работы прибора. При снятой переключке выполняется предварительная установка уровня тока защитного отключения. При такой установке запуск формирователя импульсов заблокирован и тиристоры или симисторы заперты. Контроль устанавливаемого уровня осуществляется при помощи десяти светодиодов. При установленной переключке прибор находится в рабочем режиме.

Положение переключки S4 определяет, используется фаза В или нет. При снятой переключке канал управления выключен, а при установленной – включен. Если данная фаза не используется (не подключен контроль напряжения фазы), переключка обязательно должна быть снята. В противном случае прибор не включится.

Положение переключки S5 определяет, используется фаза С или нет. При снятой переключке канал управления выключен, а при установленной – включен. Если данная фаза не используется (не подключен контроль напряжения фазы), переключка обязательно должна быть снята. В противном случае прибор не включится.

Положение переключки S6 определяет, какой сигнал используется для управления. При установленной переключке – 4...20 мА, а при снятой – все остальные.

Сигнал «блокировка» запрещает запуск формирователя импульсов. При его снятии произойдет плавный выход на заданный уровень мощности. В качестве источника сигнала «блокировка» могут применяться электронные устройства, имеющие на выходе сигнал TTL+уровня, транзистор *n-p-n* типа с открытым коллекторным выходом или контакты кнопки, тумблера, геркона или реле. Активный уровень сигнала «блокировка» – низкий.

*Формирователь импульсов* при запуске выдает три импульса длительностью 30 мкс с промежутками 500 мкс для надежного открытия тиристоров или симисторов.

*Устройство контроля тока* предназначено для защитного отключения нагрузки при превышении установленной величины. К входу устройства контроля тока подключается вторичная обмотка трансформатора тока, а его первичная обмотка включена в цепь нагрузки соответствующей фазы. Максимально допустимый ток на входе прибора не должен превышать 2 А.

Трансформатор тока выбирают так, чтобы при номинальном токе на нагрузке ток на его выходе был 0,5...1,0 А.

Уровень защитного отключения задается внешним переменным резистором номиналом 100 кОм. При превышении заданного порога устройство контроля тока формирует сигнал аварийного выключения, при котором блокируется работа устройства обработки сигналов и светодиоды, индицирующие уровень управляющего сигнала, начинают мигать.

Снятие аварийного состояния происходит при выключении питания прибора.

Использование защиты по току при работе прибора не является обязательной.

*Импульсный трансформатор* имеет две вторичные обмотки, что позволяет подключать к каждому каналу прибора либо симистор, либо два тиристора (рис. 3).

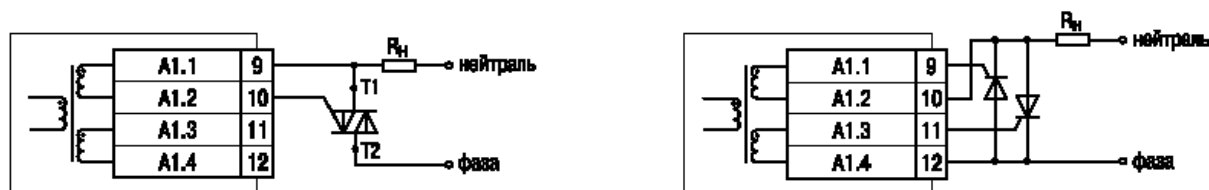


Рис. 3. Подключение выходных цепей



Прибор совместно с подключаемыми к нему тиристорами или симисторами осуществляет регулирование мощности в одно-, двух- или трехфазной нагрузке под воздействием управляющего сигнала одним из двух методов, задаваемых пользователем.

*Метод фазового управления*, при котором величина управляющего сигнала определяет фазу открытия тиристора или симистора (рис. 4).

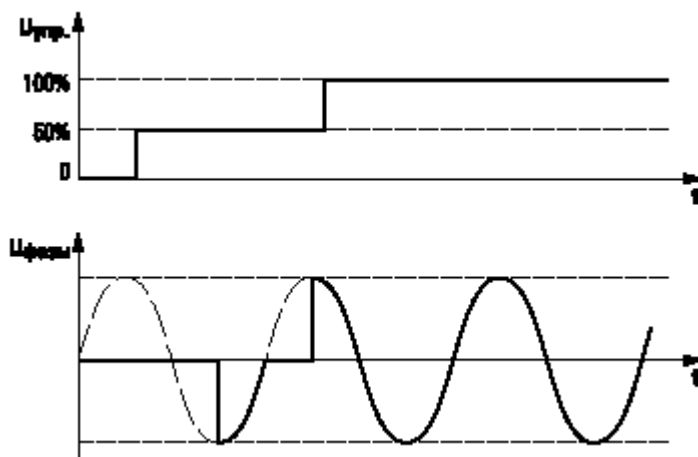


Рис. 4. Метод фазового управления

При этом методе осуществляется плавное регулирование мощности в нагрузке. Число градаций регулирования 256 на один полупериод.

*Метод, при котором управляющий сигнал определяет число пропускаемых в нагрузку целых полупериодов*, от 0 до 256 демонстрируется на рис. 5. При этом методе уровень помех, создаваемый при регулировании мощности, минимален.

Прибор обеспечивает плавный выход на заданный уровень мощности при включении питания или скачкообразном изменении управляющего сигнала, что не вызывает резких перегрузок питающей сети при значительных мощностях нагрузки. Время выхода на максимальный уровень составляет примерно 5 секунд.

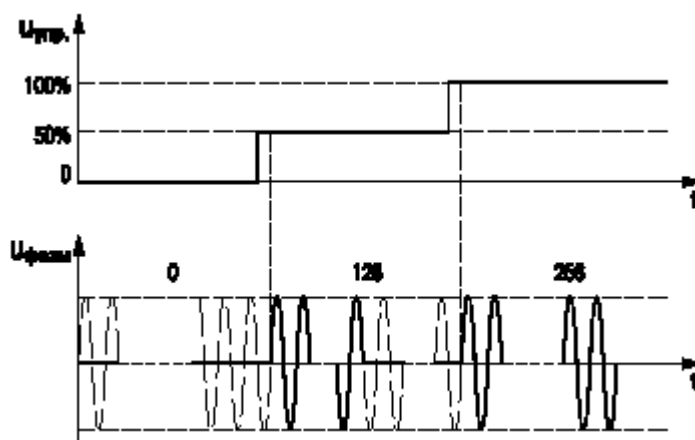


Рис. 5. Управление по числу полупериодов

Для управления прибором может быть применен унифицированный токовый сигнал 0(4)...20 мА, 0...5 мА, унифицированное напряжение 0...10 В или ручная регулировка при помощи внешнего переменного резистора (рис. 6).

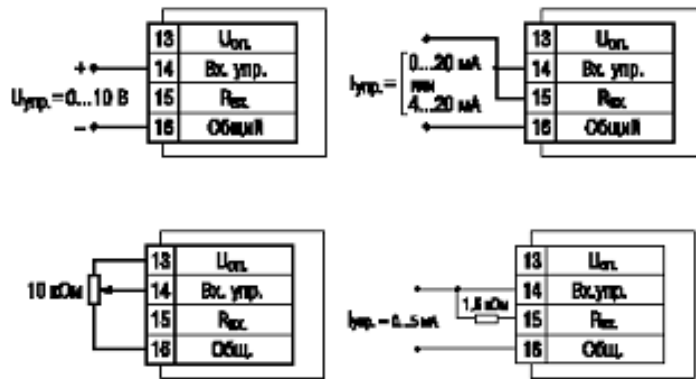


Рис.6. Входные управляющие цепи

Полная схема соединений прибора (вариант) приведена на рис. 7.

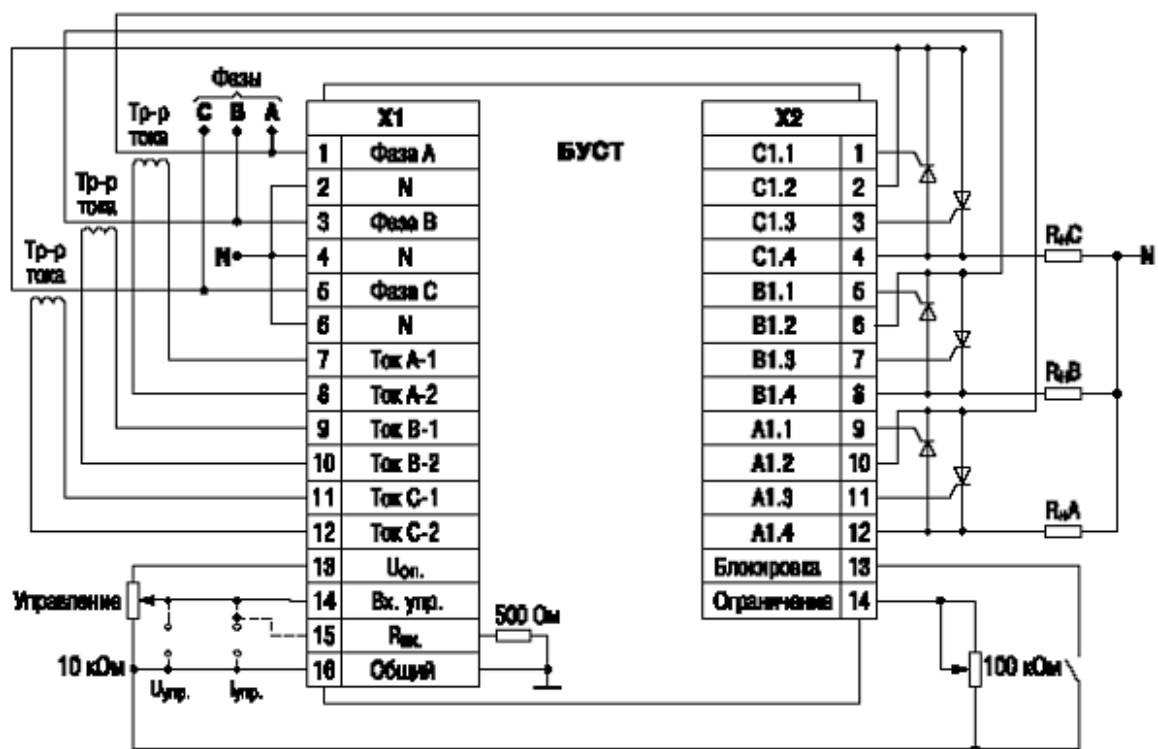


Рис. 7. Схема соединений БУСТ

## 7. ПЛК 150

Программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК150 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 контроллера. Программирование осуществляется с помощью системы программирования CoDeSys 2.3.

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. Схематический внешний вид контроллера показан на рис. 1.

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 осуществляется кабелем, входящим в комплект поставки. Также порт Debug RS-232 может быть использован для подключения устройств, работающих по протоколам Modbus, OVEN и DCON.

По обеим боковым сторонам контроллера расположены клеммы для подключения дискретных датчиков и исполнительных механизмов.

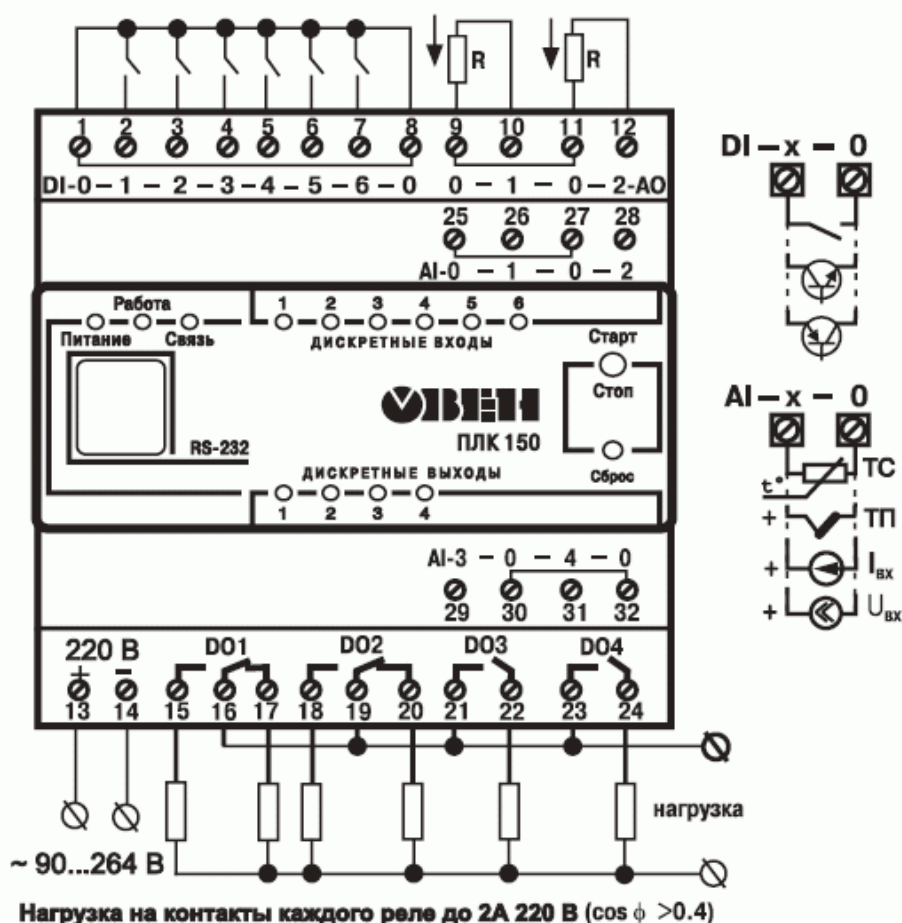


Рис. 1. Внешний вид и подключение питания, входов и выходов

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). 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, предна-

значенная для перезагрузки контроллера. Нажать кнопку возможно только тонким заостренным предметом.

В корпусе контроллера 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°C). 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 запрашиваются и не функционируют. При включении основного питания во время работы на аварийном питании контроллер сразу приступает к выполнению пользовательской программы, не тратя время на загрузку и сохраняя все промежуточные результаты вычислений. После 10 мин. работы на аварийном питании контроллер записывает Retain-переменные в энергонезависимую память и отключается. Часы реального времени остаются в рабочем состоянии. После включения основного питания контроллер загружается и запускает программу пользователя (если установлена опция автозапуска). Время работы от аварийного источника питания может быть автоматически скорректировано самим контроллером в зависимости от степени зарядки аккумулятора и температуры окружающей среды. Для полной зарядки аккумулятора требуется не менее пяти часов бесперебойной подачи основного питания. Во время загрузки контроллера его выходы переводятся в заранее заданное «безопасное состояние», в которых находятся до полной загрузки контроллера и запуска пользовательской программы.

Условное обозначение контроллера приведено на рис. 2.



Рис. 2. Условное обозначение контроллера

Напряжение питания:  
220 В переменного тока;

24 В постоянного тока;

Тип встроенных аналоговых выходных элементов:

И – цифроаналоговый преобразователь, параметр – ток 4...20 мА;

У – цифроаналоговый преобразователь, параметр – напряжение 0...10 В;

А – цифроаналоговый преобразователь, параметр – ток 4...20 мА или напряжение 0...10 В;

Размер лицензионного ограничения на область ввода-вывода:

L – ограничение в 360 байт;

M – без ограничения.

Основные технические характеристики, характеристики входных сигналов и характеристики встроенных выходных элементов контроллера ПЛК150 приведены в таблицах 1, 2, 3.

Таблица 1. Основные технические характеристики контроллера

Параметр	Значение
Объем энергонезависимой памяти хранения ядра CoDeSys программ и архивов	4 МВ
Размер Retein-памяти	4 кВ
Время выполнения цикла ПЛК	Минимальное 250 мкс, типовое от 1 мс
Дискретные входы	
Количество дискретных входов	6
Гальваническая изоляция дискретных входов	есть, групповая
Электрическая прочность изоляции дискретных входов	1,5 кВ
Максимальная частота сигнала, подаваемого на дискретный вход	1 кГц при программной обработке 10 кГц при применении аппаратного счетчика и обработчика энкодера
Дискретные выходы	
Количество дискретных выходов	4 э/м реле
Характеристики дискретных выходов	То коммутации до 2А при напряжении не более 220 В 50 Гц и $\cos\varphi > 0,4$
Гальваническая изоляция дискретных выходов	есть, индивидуальная
Электрическая прочность изоляции дискретных выходов	1,5 кВ
Аналоговые входы	
Количество аналоговых входов	4
Типы поддерживаемых унифицированных входных сигналов	Напряжение 0...1 В, 0...10 В, -50...+50 мВ. Ток 0...5 мА, 0(4)...20 мА. Сопротивление 0...5 кОм
Общие сведения	
Конструктивное исполнение	Унифицированный корпус для крепе-

Параметр	Значение
	ния на DIN-рейку, длина 105мм (6U), шаг клемм 7,5мм
Степень защиты корпуса	IP20
Напряжение питания: ПЛК 150-24	18...29 В постоянного тока (номинальное 24В)
ПЛК 150-220	90...264 В переменного тока (номинальное 220 В) частотой 47...63 Гц
Потребляемая мощность	6 Вт
Индикация передней панели	1 индикатор питания 6 индикаторов состояния дискретных входов 4 индикатора состояния выходов 1 индикатор наличие связи с CoDeSys 1 индикатор работы программы пользователя
<b>Ресурсы</b>	
Центральный процессор	32-х разрядный RISC-процессор 200 МГц на базе ARM9
Объем оперативной памяти	8 МВ
Время опроса одного аналогового входа	0,5 с
Предел основной приведенной погрешности измерения аналоговыми входами	0,5 %
Гальваническая изоляция аналоговых входов	Отсутствует
<b>Аналоговые выходы</b>	
Количество аналоговых выходов	2
Разрядность ЦАП	10 бит
Тип выходного сигнала: ПЛК 150-И	Ток 4...20 мА
ПЛК 150-У ПЛК 150-А	Напряжение 0...10 В Ток 4...20 мА или напряжение 0...10 В
Питание аналоговых выходов	встроенное, общее на все выходы
Гальваническая изоляция аналоговых выходов	есть, групповая
Электрическая прочность изоляции аналоговых выходов	1,5 кВ
<b>Интерфейс связи</b>	
Интерфейсы	Ethernet 100 Base-T RS-232 RS-485

Параметр	Значение
Скорость обмена по интерфейсам RS	от 4800 до 115200 bps
Протоколы	ОВЕН ModBus-RTU, ModBus-ASCII DCON ModBus-TCP GateWay (протокол CoDeSys)
Программирование	
Среда программирования	CoDeSys 2.3
Интерфейс для программирования и отладки	RS-232 или Ethernet

Таблица 2. Характеристики дискретных входных сигналов

Модификация контроллера	Сигнал, подаваемый на дискретный вход	Комментарий
ПЛК 150-24	29...17 В – логическое значение 1 5...0 В – логическое значение 0	Вход срабатывает при протекающем через него токе не менее 3 мА
ПЛК 150-220	С помощью сухого контакта или ключа, коммутирующего общую клемму дискретных входов и клемму конкретного входа	Суммарное сопротивление контакта или линии подключения должно быть не более 100 Ом

Таблица 3. Характеристики встроенных аналоговых выходных элементов

Обозначение при заказе	Наименование	Характеристики
И	Цифроаналоговый преобразователь, параметр – ток 4...20 мА	Сопротивление нагрузки от 0 до 900 Ом
у	Цифроаналоговый преобразователь, параметр – напряжение 0...10 В	Сопротивление нагрузки от 2 кОм
А	Цифроаналоговый преобразователь, параметр – ток 4...20 мА или напряжение 0...10 В	Сопротивление нагрузки от 150 до 900 Ом для токового сигнала и свыше 10 кОм для сигнала напряжения

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. ASC 300. Руководство пользователя. Преобразователи частоты ACS 300 для регулирования скорости вращения асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором 0,55...11 кВт. – АВВ, 1996 – 62 с.
2. SIEMENS. SIMATIC. Программируемый контроллер S7-200. Системное руководство. – SIEMENS, Издание 06/2004 – 514 с.
3. TRACE MODE v. 5.12. Справочная система. – AdAstra Research Group, 2003.
4. АСЗ-М. Преобразователь интерфейсов. Паспорт и руководство по эксплуатации. – ОВЕН, 2007 – 22 с.
5. БУСТ. Блок управления тиристорами и симисторами. Руководство по эксплуатации. – ОВЕН, 2007 – 24 с.
6. Визуализация CoDeSys. Дополнение к руководству пользователя по программированию ПЛК в CoDeSys 2.3. – 3S Smart Software Solution GmbH, Русская редакция: ПК Пролог, 2006 – 83 с.
7. ВМА8. Модуль ввода аналоговый измерительный. Руководство по эксплуатации. – ОВЕН, 2007 – 88 с.
8. ВМУ8. Модуль вывода. Паспорт и руководство по эксплуатации. – ОВЕН, 2007 – 64 с.
9. Контроллер малоканальный многофункциональный регулирующий микропроцессорный «РЕМИКОНТ Р-130». Комплект документации. – Чебоксары: ОАО ЗЭ и М – 340 с.
10. Конфигурирование области ввода/вывода ПЛК. Руководство пользователя. – ОВЕН, 2007 – 24 с.
11. ОВЕН ПЛК150. Контроллер программируемый логический. Паспорт и руководство по эксплуатации. – ОВЕН, 2007 – 38 с.
12. Преобразователи частоты НІТАСНІ. Инструкция по эксплуатации. Серия SJ100-...NFE/HFE. – ВЭМЗ-СПЕКТР, 1999 – 82 с.
13. Руководство пользователя по программированию ПЛК в CoDeSys 2.3. – 3S Smart Software Solution GmbH, Русская редакция: ПК Пролог, 2006 – 453 с.





Андрей Николаевич Рыбалев  
*зав. кафедрой АПП и Э АмГУ, зав. кафедрой*

**Программируемые логические контроллеры и аппаратура управления:  
лабораторный практикум. Часть 3. Овен ПЛК 150 и модули МВА8 и МВУ8**

Учебное пособие

---

Изд-во АмГУ. Подписано к печати ???.2010. Формат 60x84/16. Усл. печ. ??  
Тираж 100. Заказ ???.