

**В.Н. СУРИКОВ**

**ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА  
АВТОМАТИЗАЦИИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
И ПРОИЗВОДСТВ**

**Учебно-методическое пособие  
по курсовому проектированию**

**Санкт – Петербург  
2020**

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

---

**ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ  
Институт энергетики и автоматизации**

**В.Н. СУРИКОВ**

**ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА  
АВТОМАТИЗАЦИИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
И ПРОИЗВОДСТВ**

**Учебно-методическое пособие  
по курсовому проектированию**

**Санкт – Петербург  
2020**

УДК 62-5(075)

ББК 32.965я7

С-900

Суриков В.Н. Технические средства автоматизации технологических процессов и производств: учебно-методическое пособие по курсовому проектированию/ ВШТЭ СПбГУПТД. СПб., 2020. - 98 с.

В настоящем учебно-методическом пособии изложены цели и содержание курсового проекта. Рассмотрены современные технические средства автоматизации, показаны примеры выполнения и правила оформления курсового проекта по дисциплине “Средства автоматизации и управления”.

Предназначено для студентов всех форм обучения по направлению 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств».

Рецензенты:

зав. кафедрой автоматизации процессов химической промышленности Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета), д-р техн. наук, профессор Русинов Л.А.;

зав. кафедрой информационно-измерительных технологий и систем управления Высшей школы технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна, канд. техн. наук, профессор Сидельников В.И.

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД в качестве учебно-методического пособия.

© Суриков В.Н., 2020

© Высшая школа технологии и энергетики  
СПбГУПТД, 2020

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Курсовой проект по дисциплине «Средства автоматизации и управления» (САУ и У) является одним из важнейших этапов учебного процесса по направлению 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств».

Курсовой проект – комплексная самостоятельная работа студентов, главной целью которой является разработка системы автоматического регулирования технологического процесса и производства на основе современных средств автоматизации и программного обеспечения.

В настоящем учебно-методическом пособии представлены содержание и правила оформления курсового проекта.

Рассматриваются основные вопросы, связанные с разработкой систем автоматического регулирования технологических процессов и производств. Показаны примеры выполнения курсового проекта по дисциплине «Средства автоматизации и управления».

## **1. ПЕРЕЧЕНЬ ВИДОВ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ**

1. Государственные стандарты (ГОСТ).
2. Строительные нормы и правила (СН и П).
3. Единая система конструкторской документации (ЕСКД).
4. Руководящие документы (РД).
5. Руководящие методические материалы (РММ).
6. Отраслевые стандарты (ОСТ).
7. Технические условия (ТУ).
8. Технические нормативы (ТН).
9. Регламенты.

Нормативные документы, используемые при работе над курсовым проектом, приведены в Приложении 1.

## **2. СТАДИИ СОЗДАНИЯ АСР**

Стадии создания АСР включают следующие этапы:

1. Требования к АСР.
2. Техническое задание.
3. Технический проект.
4. Рабочая документация.
5. Ввод в действие.
6. Сопровождение АСР.

Допускается объединять стадии «Технический проект» и «Рабочая документация» в одну стадию «Технорабочий проект».

## **3. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ**

Тематика курсового проектирования имеет следующие основные направления:

1. Разработка новых АСР технологических процессов и производств.
2. Модернизация действующих АСР технологических процессов и производств.
3. Разработка типовых проектов АСР технологических процессов и производств.

## **4. СОСТАВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Курсовой проект состоит из текстовой и графической частей. Объём текстовой части курсового проекта – до 50 страниц машинописного текста на писчей бумаге формата А4 (210x297 мм).

Графическая часть проекта включает 2 листа стандартного формата (в соответствии с заданием).

## 5. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

В настоящем пособии рассматриваются основные разделы типового курсового проекта, посвященного разработке АСР.

Текстовая часть типового курсового проекта имеет следующую структуру:

1. Титульный лист (Приложение 2).
2. Задание на курсовой проект (Приложение 3).
3. Ведомость проекта (Приложение 4).
4. Реферат (Приложение 5).
5. Пояснительная записка, в составе:
  - 5.1. Содержание.
  - 5.2. Введение.
  - 5.3. Основная часть.
  - 5.4. Заключение.
  - 5.5. Перечень сокращений, условных обозначений, символов, единиц и терминов.
  - 5.6. Библиографический список.
  - 5.7. Приложения.

*Введение* должно содержать цель курсового проекта и основные задачи, выполненные при разработке АСР. Здесь необходимо представить характеристику уровня автоматизации рассматриваемого объекта и показать актуальность темы курсового проекта.

*Основная часть* должна содержать данные, отражающие существо и основные результаты курсового проекта.

*Содержание* основной части курсового проекта определяется руководителем проекта и указывается в задании.

Основная часть пояснительной записки состоит из следующих разделов:

1. Описание объекта регулирования.
2. Требования к АСР.
3. Разработка структурной схемы АСР.
4. Выбор технических средств автоматизации АСР.
5. Разработка технической структуры АСР.
6. Конфигурирование контроллера АСР.
  - 6.1. Конфигурирование контроллера КР-500.
  - 6.2. Конфигурирование контроллера Siemens S7-1200.
7. Разработка функциональной схемы регулятора АСР.

Требования к содержанию разделов основной части пояснительной записки содержатся в разделе 6 данного пособия. В этом разделе также представлена необходимая информация о технических средствах автоматизации при работе над курсовым проектом. В Приложении показаны примеры выполнения основных частей КП.

*Заключение* должно содержать основные результаты выполненной работы и оценку технического уровня разработанной АСР.

*Список использованных источников* приводится согласно ГОСТ 7.1-2003 "Библиографическая запись. Библиографическое описание" в следующем порядке:

Автор (ф.и.о.).

1. Название (заглавие).
2. Место издания.
3. Издательство.
4. Год издания.
5. Количество страниц.

При использовании информации, полученной в Интернете, также следует придерживаться указанного порядка с учетом данных, указанных на web-странице.

*Графическая часть проекта* должна содержать следующие схемы:

1. Техническая структура АСР.
2. Функциональная схемы регулятора АСР.

Схемы, оформленные в виде рисунков, в пояснительной записке должны иметь описание. В пояснительной записки также должны быть ссылки в тексте на представленные рисунки и таблицы.

## 6. СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНОЙ ЧАСТИ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

В данном разделе рассматриваются основные этапы разработки АСР технологического параметра, которые необходимо выполнить при курсовом проектировании по дисциплине "Средства автоматизации и управления".

### 6.1. Описание объекта управления

Объектом управления (ОУ) является технологический объект, состояние которого АСР изменяет необходимым образом для обеспечения требуемого режима технологического процесса. Объекты управления могут быть простыми и сложными технологическими объектами. Последние являются комплексами технологического оборудования, включающие аппараты, трубопроводных коммуникаций, агрегаты, установки, предназначенные для осуществления технологического процесса превращения сырья в промежуточный продукт или готовую продукцию.

Простые технологические объекты являются, в основном, одномерными с одним регулирующим воздействием и регулируемым параметром. Например, подогреватель черного щелока, подаваемого в топку СРК. Сложные технологические объекты управления являются многомерными со многими регулирующими воздействиями и регулируемыми параметрами. Например, варочная установка Камюр, БДМ, паровой котел и пр. Сложные технологические объекты имеют различные АСР для управления технологическим процессом. Например, для управления паровым котлом БКЗ-75, 3,9 ГМА применяются АСР давления пара, АСР уровня в барабане котла, АСР разрежения в топке котла и др.

Объекты управления могут быть технологическими, энергетическими, энерготехнологическими и другими.

*В данном разделе курсового проекта необходимо указать техническое название объекта управления и его назначение, регулируемый параметр (параметры) и регулирующее воздействие.*

При определении объекта управления необходимо учитывать особенности разрабатываемой АСР. Для АСР уровня в барабане котла объектом управления является барабан котла, а для АСР разрежения в топке парового котла объектом управления - топка котла.

Описать основные технические параметры объекта, характеристики сырья, топлива и основного продукта. В курсовом проекте требуется представить технологическую схему объекта управления, описание технологического процесса, устройство основного оборудования объекта управления и принципа его работы. На технологической схеме указываются основное и вспомогательное оборудование, соединенными трубопроводными коммуникациями, направления движения технологических потоков, энергоносителей, сырья, промежуточных и готовых продуктов.

## **6.2. Требования к АСР**

Разработка АСР осуществляется в соответствии с требованиями, предъявляемыми к качеству процесса управления, режимам функционирования, техническим средствам автоматизации, информационному и метрологическому обеспечению, основными из которых являются:

- Требования к точности поддержания регулируемого параметра или параметров.
- Требования к точности измерения регулируемого параметра или параметров.
- Требования к информационным и управляющим сигналам.
- Требования к режимам функционирования АСР.
- Требования к способу настройки регулятора АСР.
- Требования к средствам автоматизации и управления.
- Требования к отображению информации о работе АСР.
- Требования к архивированию информации о работе АСР.
- Требования к расположению средств автоматизации и управления АСР.
- Требования к электропитанию АСР.
- Требования к надежности АСР.

В курсовом проекте представленные требования необходимо конкретизировать для разрабатываемой АСР. Например, требования к отображению информации о работе АСР должны включать перечень технологических и технических параметров, которые необходимы для контроля процесса управления.

Требования к АСР, в зависимости от темы курсового проекта, могут быть дополнены, например, требованиями к SCADA - системе, станции оперативного управления или пульту местного управления, каналам передачи информации и др.

## **6.3. Разработка структурной схемы АСР**

Структурная схемы АСР представляет собой схему, включающую звенья (элементы) АСР и связи между ними. При проектировании АСР необходимо учитывать способ регулирования технологического параметра. Способ регулирования определяется, в основном, связями между звеньев АСР и формируемым законом регулирования. При рассмотрении возможных вариантов структурной схемы АСР следует учитывать особенности технологического процесса.

Разрабатываемая АСР должна обеспечивать требуемое качество регулирования технологическим процессом согласно регламенту или режимной карте. Например, температура черного щелока, подаваемого на сжигание в топку содорегенерационного котла, должна поддерживаться в пределах 115-120 °С.

При автоматизации технологических процессов используются АСР, реализующие различные способы управления.

К наиболее распространенным системам регулирования относятся: одноконтурные (одноимпульсные и многоимпульсные) АСР, каскадные АСР и АСР соотношения регулируемых параметров, АСР с взаимосвязанными параметрами, супервизорные АСР и АСР с программными задающими устройствами.

На практике широко применяются АСР с ПИД и ПИ регуляторами для стабилизации режимов технологических процессов. Также в АСР используются ПД и П - регуляторы для объектов, не требующих высокой точности регулирования.

Значительное место на практике находят двухпозиционные (релейные) регуляторы, управляющие в режиме "Открыть - Закрыть" запорной арматурой.

В АСР технологических параметров применяются также частотно-регулируемые приводы (ЧРП).

Например, в теплоэнергетике на котлах применяются АСР разрежения в топке с использованием ЧРП вместо направляющих аппарата дымососа с исполнительным механизмом МЭО.

В данном разделе курсового проекта разрабатывается структурная схема АСР в соответствии с Заданием на КП. Выбираются основные звенья АСР и определяются связи между ними.

Для АСР основными звеньями являются: объект управления (ОУ), регулирующее устройство (РУ), задающее устройство (ЗУ), блок управления (БУ), преобразователь (Пр.), исполнительный механизм (ИМ), регулирующий орган (РО) и измерительный преобразователь (ИП). Для более сложных АСР требуются дополнительные звенья.

Структурная схема является основой для дальнейшей разработки технической структуры АСР. При ее описании необходимо показать назначение АСР и её звеньев. Также требуется описать принцип работы АСР.

Описание структурной схемы должно учитывать особенности разрабатываемой АСР и назначение звеньев, выполняющих свои функции для управления конкретным технологическим процессом. Например, РО предназначен для регулирования расхода пара, подаваемого на теплообменник.

На структурной схеме АСР указываются условные обозначения звеньев, а также конкретные названия объекта (объектов) управления, задания на выходе ЗУ и регулируемого параметра (параметров).

В Приложении 6 показан пример структурной схемы АСР уровня в баке растворителя плава.

## **6.4. Выбор технических средств автоматизации АСР**

В данном разделе выбираются технические средства автоматизации (ТСА) для разрабатываемой АСР, удовлетворяющие требованиям информационной, энергетической и конструктивной совместимости.

При выборе ТСА требуется учитывать особенности разрабатываемой АСР, связанные с ее применением. Это может быть локальная (автономная) АСР или АСР, входящая в подсистему управления АСУ технологическим процессом.

Выбор ТСА должен проводиться на основе требований к АСР и сравнительного анализа технико-экономических показателей сравниваемых средств. Должно быть представлено не менее двух вариантов по каждому средству автоматизации и управления с таблицей сравниваемых технических характеристик.

Сначала рекомендуется выбрать контроллер. Затем измерительный преобразователь. Количество ИП зависит от сложности, разрабатываемой АСР. Затем следует выбрать исполнительное устройство (ИУ), в состав которого входят исполнительный механизм и регулирующий орган. После выбирается преобразователь и блок управления исполнительным механизмом. В завершении выбираются другие средства автоматизации в зависимости от задания на КП.

Для каждого выбранного средства автоматизации требуется представить внешний вид, описание его устройства и принцип действия.

### **Контроллеры**

При разработке АСР технологических процессов и производств используются контроллеры с различными функциональными, программными, техническими и конструктивными характеристиками.

Среди них можно выделить три основные группы: моноблочные, модульные (программируемые) и РС-совместимые контроллеры.

#### **Моноблочные контроллеры**

Моноблочный контроллер представляет собой микропроцессорное устройство, в едином конструктивном исполнении которого располагаются источник питания (не обязательно), центральный процессор (сопроцессоры), память, включающая память программ и память переменных, встроенные порты для выхода в сеть, фиксированное число каналов аналогового и/или дискретного ввода/вывода сигналов, встроенный ПИД-регулятор с автонастройкой (не обязательно), ЖК-дисплей (не обязательно), индикаторы состояния контроллера.

Данный вид контроллеров используется: для автоматизации сравнительно простых объектов.

В качестве примера показан контроллер DL105 фирмы Kooyo Electronics. Внешний вид данного типа контроллеров представлен на рис. 1:

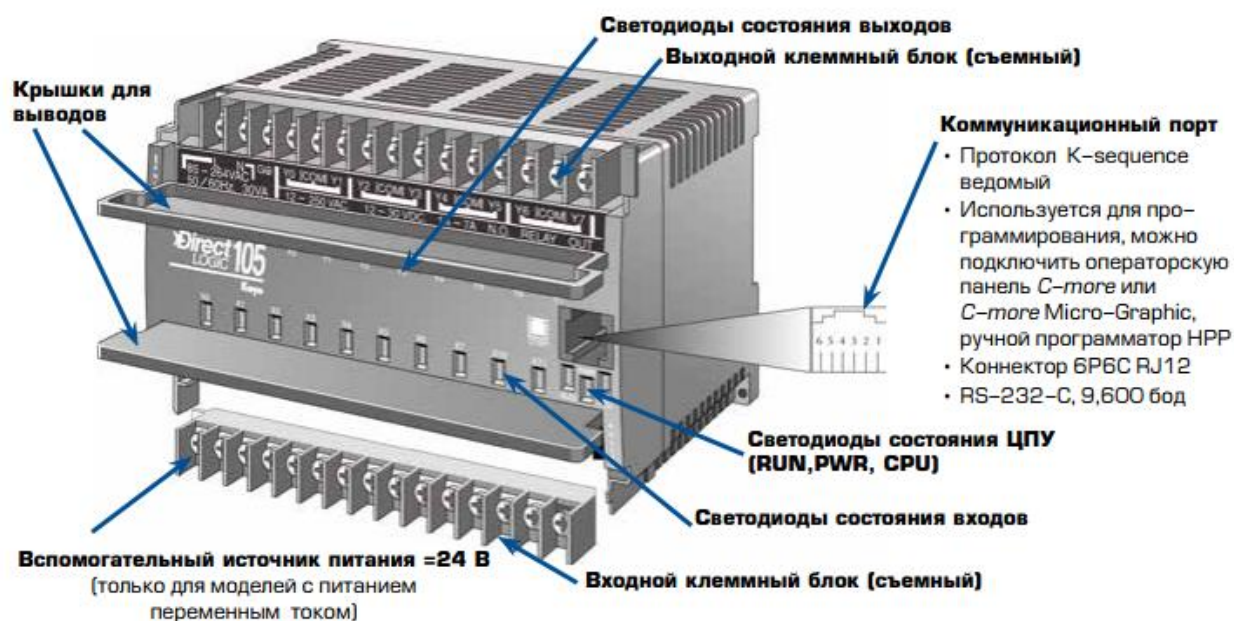


Рис. 1. Внешний вид моноблочного контроллера DL105

#### Модульные контроллеры

Модульные (программируемые) или программно-логические контроллеры (ПЛК) состоят из функциональных модулей, устанавливаемых в каркасе (корзине) или монтируемых на DIN-рейке.

К этим модулям относятся микропроцессорный модуль, модуль питания, коммуникационные модули и модули ввода-вывода, а также функциональные и специальные модули.

Внешний вид программируемого контроллера Simatic S7-300 представлен на рис. 2:



Рис. 2. Внешний вид модульного контроллера Simatic S7-300

Схема подключения модулей к данному контроллеру представлена на рис. 3:

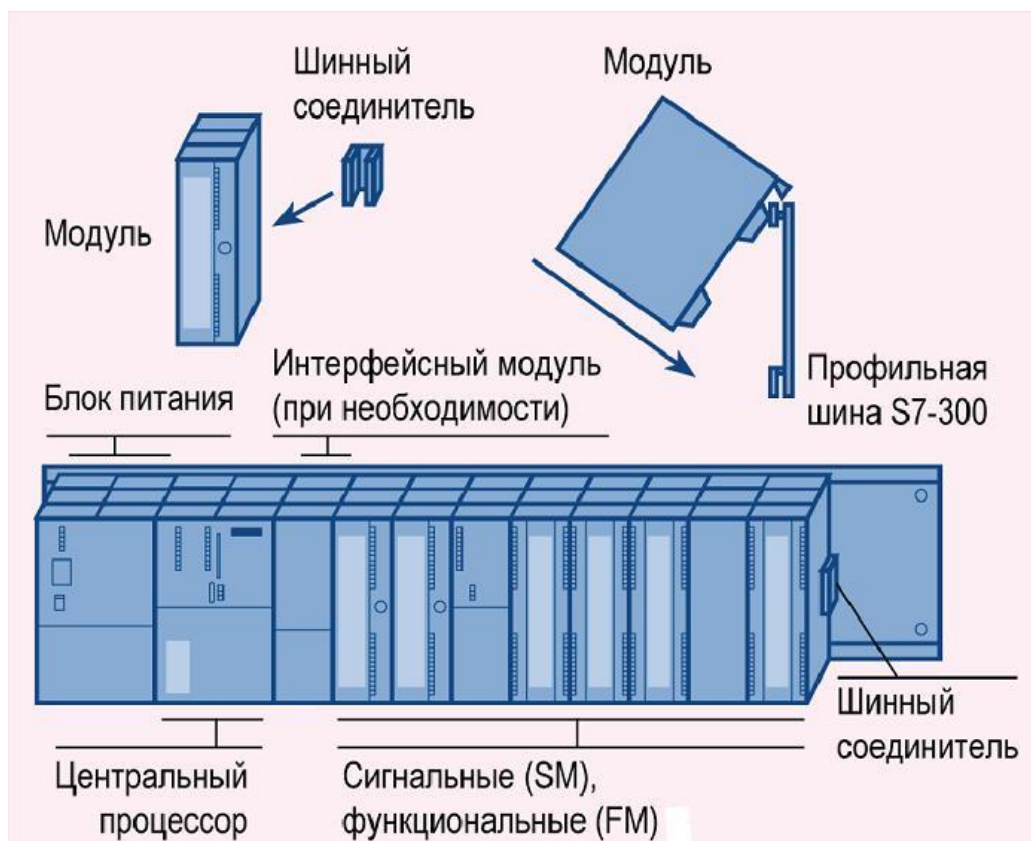


Рис. 3. Схема подключения модулей к контроллеру Simatic S7-300

Контроллеры SIMATIC S7-300 используются при создании АСУ средней сложности. Эти контроллеры имеют в своем составе нескольких типов центрального процессора (CPU) различной производительности, различных модулей ввода-вывода аналоговых и дискретных сигналов, функциональных модулей, способных самостоятельно решать задачи автоматического регулирования, и коммуникационных процессоров

Модульные контроллеры находят широкое применение в децентрализованных и распределенных системах автоматизированного управления технологическими процессами любой сложности.

#### РС-совместимые контроллеры

РС-совместимые контроллеры или PC-based контроллеры составляют отдельный класс программируемых контроллеров, значение и роль которых с развитием Internet-технологий существенно возрастает. Контроллеры характеризуются наличием встроенной операционной системы, использованием стандартных системных шин, возможностью использования стандартного программного обеспечения, коммуникационных стандартов, наличием OPC-сервера и других РС-совместимых функций. РС-совместимые контроллеры, таким образом могут использовать программное обеспечение независимых производителей, имеют больший объем памяти, чем традиционные ПЛК.

На рис. 4 показан внешний вид контроллера ADAM-5510E/TCP фирмы Advantech данного типа:

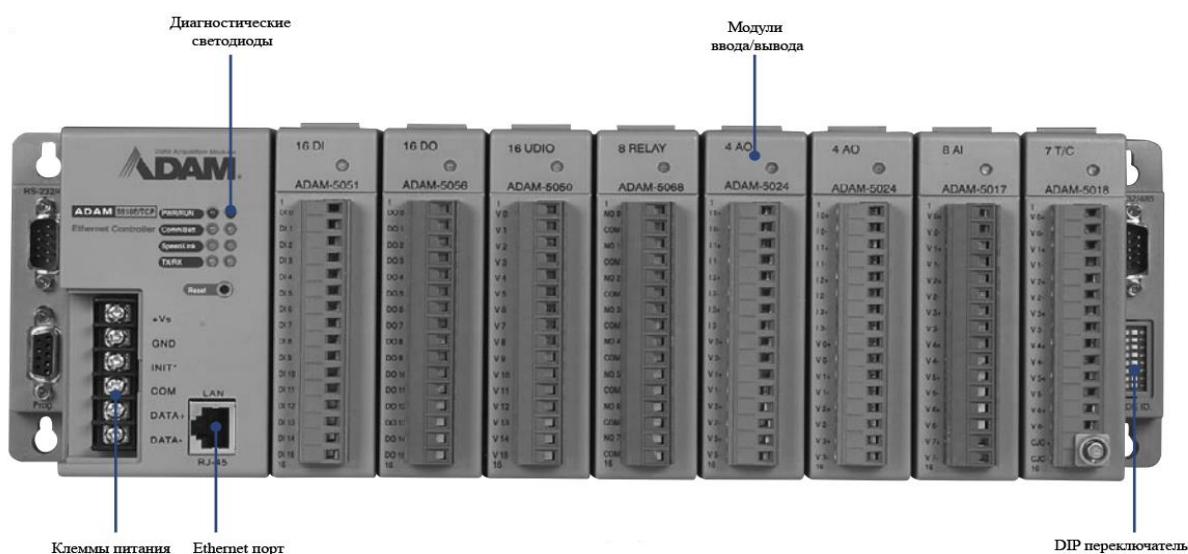


Рис. 4. Внешний вид контроллера ADAM-5510E/TCP

PC-совместимые контроллеры по сравнению с PC – несовместимыми контроллерами обладают большей мощностью, легче стыкуются с различными SCADA, MES, ERP системами, системами управления базами данных, открыты для большинства стандартов в областях коммуникаций и программирования.

Кроме представленной выше классификации существует и другие виды, связанные с основной классификацией. Сюда относятся классификации контроллеров по мощности, по открытости архитектуры, по области их применения и др.

### Выбор контроллера

При выборе контроллера необходимо учитывать, что программируемые контроллеры находят широко распространены в промышленных системах управления. На их основе можно создавать надежные АСР с большими функциональными возможностями. Они позволяют расширять аппаратное и программное обеспечения систем управления В этих контроллерах широко используются возможности связи с различными полевыми шинами АСУ и распределенных систем управления (PCY (Distributed Control System, DCS).

Распределенные системы управления - это системы управления технологическими процессами с распределенным вводом/выводом информации и децентрализованной обработкой данных. Эти системы используют промышленные рабочие станции, многоканальные контроллеры, станции распределенного ввода/вывода, открытые промышленные сети (Industrial Ethernet, Profibus и др.), интеллектуальные устройства ввода/вывода, беспроводные устройства передачи информации, WEB-технологии обмена данными.

При создании АСУ и РСУ технологическими процессами и производствами с программируемыми модульными контроллерами используются SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) -системы, обеспечивающие сбор, обработку, отображение и архивирование информации об объекте управления.

При выборе контроллера учитываются такие факторы, как количество и тип входных и выходных сигналов, технические характеристики, программное обеспечение, область и практика применения, компания изготовитель, наличие сервисной базы, стоимость изделия и др.

При разработке АСР выбираются контроллеры, работающие в непрерывном режиме эксплуатации. В состав контроллера должны входить: центральный процессор, модули ввода/вывода входных и выходных сигналов, источники бесперебойного питания и другое необходимое аппаратное и программное обеспечение.

В данном пособии рассмотрены примеры применения контроллеров КРОСС-500 (КР-500) и Simatic S7-1200.

### **Исполнительные устройства**

Исполнительные устройство, согласно ГОСТ 14691-69, это устройства систем автоматического управления или регулирования, воздействующие на процессы в соответствии с полученной командной информацией.

Исполнительные устройство состоит из двух функциональных блоков: исполнительного механизма и регулирующего органа и может оснащаться дополнительными блоками.

### **Исполнительные механизмы**

Исполнительный механизм является элементом АСР, осуществляющим механическое воздействие на затвор регулирующего органа, который изменяет пропускную способность регулирующего органа в соответствии с сигналом, формируемым управляющим устройством.

Существует большое разнообразие промышленных ИМ, применяемых в АСР, к которым относятся электрические, пневматические и гидравлические исполнительные в зависимости от вида энергии, создающей усилие или движущий момент для перемещения регулирующего органа. В настоящем пособии рассматриваются только электрические и пневматические исполнительные механизмы АСР технологических процессов.

Электрические исполнительные механизмы (ЭИМ). Данные исполнительные механизмы подразделяются на электромагнитные и электродвигательные. В электромагнитных ИМ привод является соленоидный электропривод, а в электродвигательных ИМ привод - электродвигатель. В пособии рассматриваются только электродвигательные исполнительные механизмы, которые также называются электроприводами. Далее будут использоваться термины электрический исполнительный механизм и электропривод в зависимости от содержания рассматриваемого материала.

Электродвигательные ИМ различаются по назначению. Это электрические исполнительные механизмы, работающие с запорной и регулирующей арматурой.

Электрические ИМ подразделяются по виду движения выходного элемента: на однооборотные и многооборотные ИМ с вращательным движением выходного вала и на прямоходные ИМ с поступательным движением выходного штока.

Электрические ИМ подразделяются по скорости вращения выходного вала: с постоянной скоростью вращения и с переменной.

Электрические ИМ подразделяются по способу управления: на пропорциональные и интегрирующие.

Пневматические исполнительные механизмы (ПИМ). Данные исполнительные механизмы подразделяются на мембранные и поршневые, которые отличаются по виду движения выходного элемента: на ПИМ с вращательным или поступательным движением выходного элемента.

Электрические исполнительные механизмы находят самое широкое применение в различных отраслях промышленности как в локальных АСР, так и в АСУ технологическими процессами и производствами.

Область применения пневматических ИМ меньше, чем у электрических ИМ. Они успешно используются в системах управления технологическими процессами в химической, нефтеперерабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности

#### Выбор исполнительного механизма

Выбор исполнительного механизма выполняется с учетом особенностей технологического процесса или производства (наличие вибраций, запыленности воздуха, высокой температуры и пр.), а также требований к технико-экономическим характеристикам, к которым относятся: линейность статической характеристики, точность, быстродействие, величина зоны нечувствительности и петли гистерезиса, стоимость и др.

В данном пособии рассматриваются электрические и пневматические исполнительные механизмы, широко применяемые в ЦБП и теплоэнергетике. В ЦБП на основных производствах используются в основном пневматические, а в теплоэнергетике - электрические исполнительные механизмы.

#### Регулирующие органы

Регулирующий орган (РО) это устройство, предназначенное для регулирования расхода рабочей среды. В автоматических системах регулирования используются различные виды РО с поворотным и прямоходным движением: заслонки дроссельные, поворотные шиберы, дисковые затворы, клапаны дисковые, шаровые краны, задвижки, клапаны седельные.

Регулирующий орган выполняет также функции, относящиеся к промышленной трубопроводной регулирующей арматуре (РА).

Согласно ГОСТ 24856-2014 для трубопроводной арматуры используются термины: задвижка, клапан, кран и дисковый затвор в зависимости от вида движения и формы регулирующего элемента (регулирующего затвора).

Существует большая номенклатура различных типов и модификаций РА. Широкое распространение получили шаровые краны, дисковые поворотные затворы, регулирующие клапаны, шиберные задвижки и мембранные клапаны. Далее в пособии используются термины регулирующий орган и регулирующий клапан как равнозначные.

### Выбор регулирующего органа

Регулирующий орган является одним из важнейших технических средств, влияющим на управляемость технологического процесса и работоспособность АСР. В связи с этим, правильный выбор РО важен при разработке АСР.

При выборе регулирующего органа (клапана) требуется учитывать его коэффициент пропускной способности с учетом физико-химических свойств среды (газ, пар, вода и другие среды), расходную характеристику, уровень кавитации, конструктивные особенности клапана и вида движения его затвора.

Выбор вида движения затвора регулирующего органа (клапана) в значительной мере влияет на выбор исполнительного механизма.

При выборе отечественных регулирующих клапанов применяется ГОСТ 16443-70 и РТМ 108.711.02-79, а при выборе зарубежных - программные средства, учитывающие конструктивные особенности клапанов этих компаний, например, Lizard, Conval, NelProf и др.

### Электрические исполнительные механизмы

Основными ИМ, применяемыми в АСР в промышленности, являются электрические исполнительные механизмы, работающие с регулирующей, запорной и арматурой. В данном пособии рассматриваются ЭИМ компаний АБС ЗЭ и М Автоматизация и АУМА. Такие механизмы имеют реверсивное вращательное или возвратно поступательное движение выходного элемента (вала или штока).

ЭИМ работает следующим образом: при подаче напряжения питания на электродвигатель (1) исполнительного механизма, ротор последнего начинает вращаться. Через силовой редуктор (2) с главной понижающей передачей, например, червячной (3), вращение от электродвигателя передается на выходной вал механизма, при этом благодаря большому передаточному отношению, частота вращения выходного вала механизма понижается, а момент на выходном валу механизма возрастает. Закрепленные на выходном валу рычаг (10) или механизм преобразования вращательного движения в поступательное (9), приходят в движение и, при соединении их со штоком, например, клапана, перемещают последний.

При снятии напряжения с электродвигателя, ротор электродвигателя с некоторым выбегом, останавливается и движение выходного вала механизма прекращается. При реверсе электродвигателя выходной вал механизма, связанный с ротором, электродвигателя приходит во вращение в обратном направлении, а при остановке электродвигателя, так же останавливается и выходной вал механизма. На рис. 5 представлена упрощенная кинематическая схема ЭИМ, на котором показаны его основные устройства:

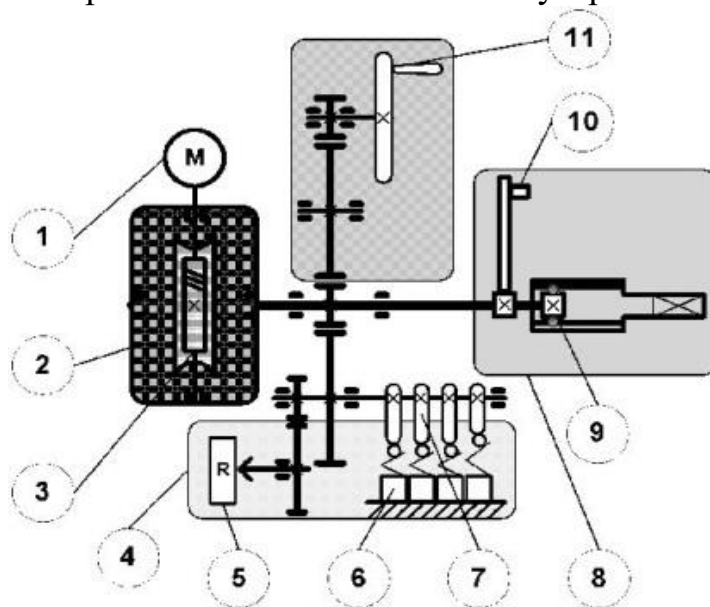


Рис. 5. Упрощенная кинематическая схема ЭИМ:

1 – электродвигатель; 2 – силовой редуктор с главной понижающей передачей; 3 – червячная пара; 4 – блок контроля положения выходного вала; 5 – реостатный датчик положения выходного вала; 6 – концевые выключатели; 7 – кулачки концевых выключателей; 8 – узел преобразования вида движения; 9 – шариковинтовая пара для прямоходных механизмов; 10 – рычаг; 11 – ручной привод.

К основным техническим характеристикам, которые требуется учитывать при выборе электрического исполнительного механизма, относятся:

- номинальный движущий момент на выходном валу или усилие на выходном штоке;
- номинальное время полного хода выходного вала или штока;
- номинальное значение полного хода выходного вала или штока;
- потребляемая мощность.

При выборе ЭИМ необходимо также учитывать:

- исполнение (в зависимости от конструкции ЭИМ, вида движения и способа установки и т. п.);
- величину нагрузки на выходной вал или шток;
- вид движения затвора регулирующего органа;
- конструктивные особенности регулирующего органа;
- тип электродвигателя;
- тип ручного привода;
- тип блока сигнализации (контроля) положения выходного вала или штока.

Величину движущего момента или усилия ЭИМ разрабатываемой АСР можно взять из паспортных данных для ЭИМ в аналогичных АСР. В противном случае, величина движущего момента или усилия определяется при энергетическом расчете привода ЭИМ с учетом нагрузки, создаваемым регулирующим органом и требований к величине перемещения и скорости выходного элемента ЭИМ.

#### Электрические ИМ с постоянной скоростью вращения

В АСР технологическими параметрами широкое применение имеют электрические ИМ с постоянной скоростью вращения, основными элементами которых являются: электродвигатель, редуктор, ручной привод, устройство контроля положения выходного вала и концевые выключатели.

К таким ИМ относятся механизмы электрические однооборотные (МЭО). Отечественные компании выпускают МЭО двух видов: рычажные МЭО и механизмы электрические однооборотные фланцевые (МЭОФ). В документации большинства компаний электрические исполнительные механизмы называются электроприводами. Например, электропривод МЭО и МЭОФ. Поэтому в пособии в дальнейшем будут использоваться термины исполнительный механизм и электропривод как равнозначные. На рис. 6 представлено устройство исполнительного механизма МЭО:

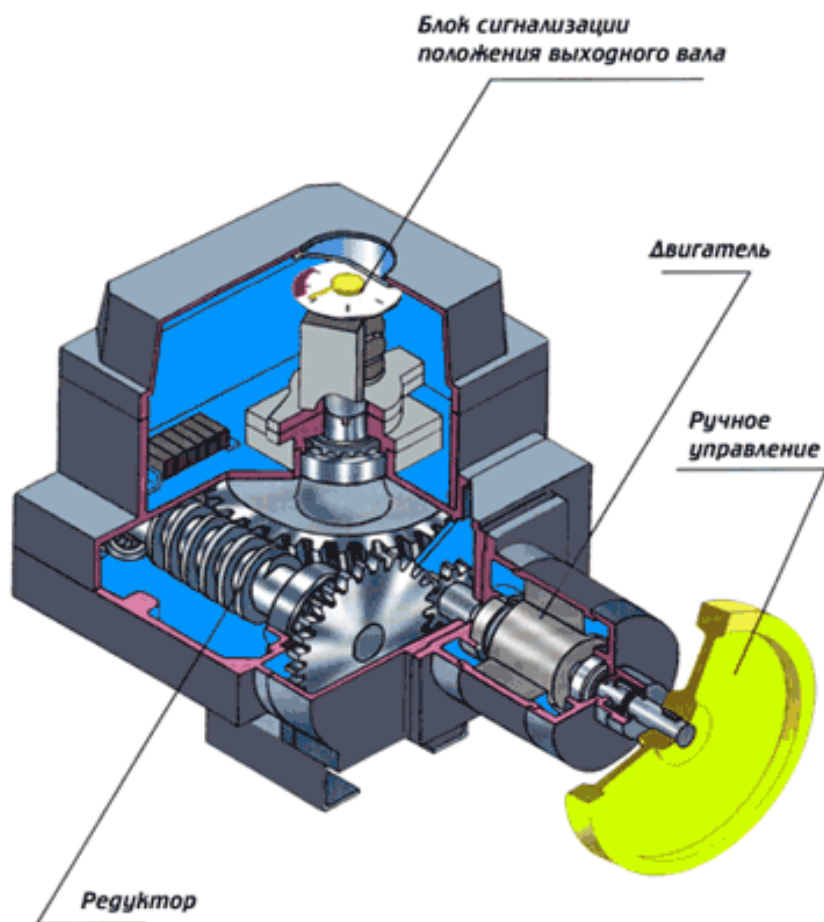


Рис. 6. Устройство исполнительного механизма МЭО

В исполнительных механизмах МЭО применяются электродвигатели:

- синхронные низкооборотные, частота вращения которых 150 оборотов/мин. для механизмов с движущим моментом не более 250 Нм;
- асинхронные двигатели с движущим моментом от 250 до 4000 Нм.

Данные двигатели могут обеспечивать повторно-кратковременный режим работы в АСР.

Основными функциями исполнительных механизмов МЭО являются:

- перемещение выходного вала в автоматическом, дистанционном и ручном режиме работы;
- остановка выходного вала в любом положении в автоматическом, дистанционном и ручном режиме работы;
- установка требуемого угла поворота выходного вала во всех режимах работы.

При проектировании АСР требуется выбрать способ соединения электрического исполнительного механизма (электропривода) с регулирующим органом

#### Соединение электрических исполнительных механизмов с регулирующими органами

Для соединения электрических исполнительных механизмов (электроприводов) с регулирующими органами применяются различные способы: непосредственные и жесткие.

В первом случае, используется непосредственное соединение ИМ с РО с помощью фланцев. Такой способ может быть использован при одинаковых видах движения ИМ и РО.

Соединенные ИМ и РО представляет собой единую конструкцию. Во втором случае, используются кинематические связи (КС), состоящие из рычагов и тяг.

Исполнительные механизмы присоединяются посредством КС с регулирующей арматурой, расположенной на удалении. Этот способ может быть использован как при одинаковых, так и различных видах движения ИМ и РО.

Например, исполнительный механизм МЭО рычажного типа может быть соединен КС как с поворотным, так и с прямоходным РО.

Далее в пособии показаны различные варианты соединения электрических ИМ с РО.

На рис. 7 представлен рычажный исполнительный механизм МЭО, соединенный с регулирующей арматурой (регулирующим органом):

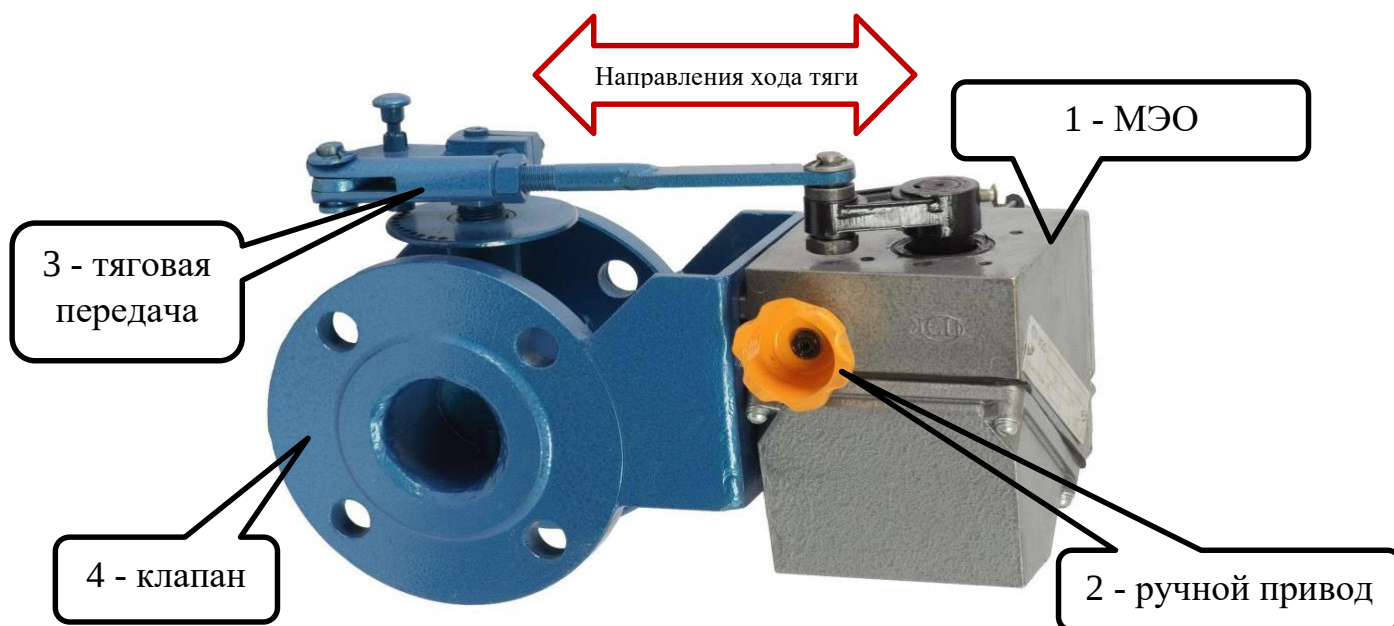


Рис. 7. Исполнительный механизм МЭО, соединенный с регулирующим органом посредством кинематической связи

Рычажный исполнительный механизм МЭО (1) посредством тяговой передачи (3) передаёт управляющее воздействие на РО (4), ручной привод (2) служит для местного управления РО при отсутствии питания электропривода.

Исполнительные механизмы МЭОФ соединяется с регулирующей арматурой с помощью фланца. На рис. 8 показан исполнительный механизм МЭОФ, соединенный с регулирующей арматурой (регулирующим органом):



Рис. 8. Исполнительный механизм МЭОФ, соединенный непосредственно с регулирующим органом

Исполнительные механизмы МЭО (рычажные) рекомендуется применять с поворотными РО. Они также используются с прямоходными РО. Исполнительные механизмы МЭОФ применяются только с поворотными РО.

Такие АСР, например, применяются в теплоэнергетике в АСР расхода воздуха, подаваемого в топку и АСР разрежения в топке котла.

На рис. 9 показано, что МЭО соединен с прямоходным регулирующим клапаном посредством рычага и тяг. Таким образом, вращательное движение рычага МЭО преобразуется в прямоходное движение затвора регулирующего клапана.

В АСР с исполнительными механизмами МЭОФ используется непосредственное соединение ИМ с регулирующим органом, благодаря которому величины перемещения вала ИМ и затвора РО одинаковы. Эти системы обеспечивают высокую точность регулирования, а также удобны в эксплуатации.

Исполнительные механизмы МЭОФ находят широкое применение в промышленности. Однако на практике не всегда возможно применение МЭОФ, вследствие конструктивных особенностей РО, применяемых на технологическом оборудовании.

На рис. 9 и 10 представлены примеры использования специальных тяг в АСР с рычажными МЭО:



Рис. 9. Исполнительный механизм МЭО, соединенный с регулирующим клапаном на питательном трубопроводе Ду 100 парового котла



Рис. 10. Исполнительный механизм МЭО, соединенный с направляющим аппаратом вентилятора парового котла

В АСР технологическими параметрами также применяются электрические ИМ с постоянной скоростью движения выходного элемента (штока). К этим ИМ относятся механизмы электрические прямоходные (МЭП) и прямоходные электроприводы (ПЭП), в которых вращательное движение вала электродвигателя преобразуется с помощью червячной передачи в поступательное движение выходного штока.

В функции МЭП и ПЭП входят:

- Автоматическое, дистанционное или ручное открытие и закрытие арматуры, останов арматуры в любом промежуточном положении;
- Автоматическое, дистанционное или ручное открытие и закрытие арматуры;
- Указание степени открытия (закрытия) арматуры на шкале местного указателя;
- Позиционирование рабочего органа арматуры в любом промежуточном положении;
- Формирование дискретного сигнала о промежуточных и конечных положениях рабочего органа арматуры и динамики его перемещения.

Совместно с исполнительным механизмом МЭП следует использовать регулирующий орган с прямоходным движением, например, односедельчатый или двухседельчатый клапан.

На рис. 11 и 12 показано устройство МЭП и его соединение с односедельчатым регулирующим клапаном:

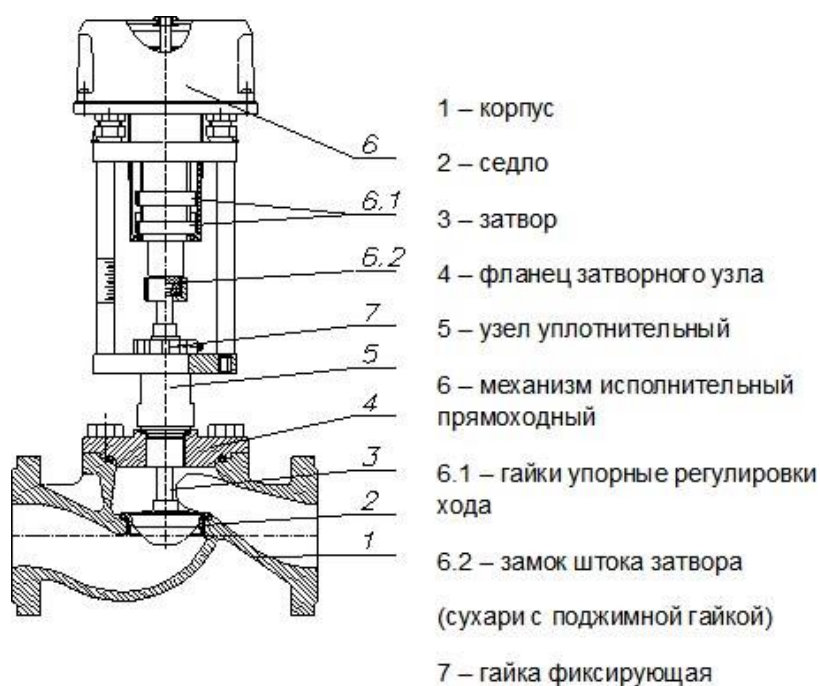


Рис. 11. Устройство исполнительного механизма МЭП и односедельчатого регулирующего клапана



Рис. 12. Исполнительный механизм МЭП с односедельчатым регулирующим клапаном

В зависимости от управляющего сигнала электропривод (6) поднимает или опускает шток, который передаёт движение седлу (2) в результате изменяется степень открытия регулирующего клапана.

Исполнительный механизм МЭП может использоваться также с поворотной регулирующей арматурой. В этом случае поступательное движение штока МЭП преобразуется во вращательное движение регулирующего органа.

На практике широко используется одновременный выбор регулирующего органа (клапана) и электрического исполнительного механизма. В таблице 1 показаны рекомендуемые комплекты "электропривод + арматура" компании АБС ЗЭ и М Автоматизация.

Таблица 1. Комплекты "электропривод + арматура"

| № п/п | Арматура                                  | Диаметр мм | Электроприводы АБС ЗЭиМ Автоматизация | Движущий момент/ усилие на выходном штоке |
|-------|-------------------------------------------|------------|---------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1     | Задвижки дроссельные<br>Поворотные шиберы |            | Однооборотные рычажные МЭО            | 6,3 - 10000 Нм                            |
| 2     | Дисковые затворы                          | 50 - 4000  | Однооборотные фланцевые МЭОФ          | 6,3 – 4000 Нм                             |
| 3     | Клапаны дисковые                          | 25 - 1200  |                                       |                                           |
| 4     | Шаровые краны                             | 15 - 600   |                                       |                                           |
| 5     | Задвижки                                  | 50 – 1200  | Многооборотные МЭМ                    | 800 – 25000 Н                             |
| 6     | Клапаны седельные                         |            | МЭП и ПЭП                             | 800 – 25000 Н                             |

### Блоки управления электрическими исполнительными механизмами

В системах управления с исполнительными механизмами МЭО, МЭОФ, МЭП используются два вида блоков управления. Это блоки ручного управления (БРУ) и встроенные блоки управления - контроллеры исполнительных механизмов (КИМ).

#### Блоки ручного управления

Блоки ручного управления широко распространены в локальных системах управления. Также они применяются в АСУ технологическими процессами и производствами. В пособии приводятся примеры некоторых БРУ. Блоки БРУ-32 и БРУ-42 - блоки управления интегрирующими исполнительными механизмами. Они осуществляют дистанционное или ручное переключение цепей регулятора с автоматического режим управления на ручной. Переключение производится с помощью внешних сигналов или с передней панели блоков. Ручное управление исполнительными механизмами выполняется с помощью кнопок "Больше" и "Меньше". Дополнительные функции: индикация положения исполнительного механизма, световая индикация режимов управления и др. Применяются в комплекте с пускателями ПБР.

Блок БРУ-42 И полностью заменяет блоки ручного управления БРУ-22, БРУ32, БРУ-42 и отличается расширенными функциональными возможностями и современным дизайном. Применяется в комплекте с интеллектуальными пускателями ПБР-И, ПБР-ИМ.

Блок БРУ-107 - блок управления пропорциональным исполнительным механизмом. Предназначен для дистанционного или ручного переключения цепей регулятора с автоматического режим управления на ручной. Переключение производится с помощью внешних сигналов или с передней панели блоков. Является блоком ручного задатчика. Ручное управление исполнительным механизмом выполняется с помощью ручного задатчика с унифицированным токовым сигналом. 4-20 мА. Дополнительные функции: цифровая индикация положения исполнительного механизма, режимов управления, интерфейс RS-485 и др.

В Приложении 7 показаны схемы блоков ручного управления электрическими исполнительными механизмами.

#### Контроллеры исполнительных механизмов

Контроллеры исполнительных механизмов (КИМ) это встроенные блоки управления исполнительными механизмами. Блоки КИМ расширяют по сравнению с блоками БРУ возможности управления, контроля и диагностики исполнительных механизмов МЭО, МЭОФ, МЭП, ПЭМ, МЭП.

Данные исполнительные механизмы с контроллерами (блоками) КИМ компании АБС ЗЭ и М Автоматизация относятся к интеллектуальным электроприводам. Далее в пособии рассмотрено применение блоков КИМ1, КИМ2 и КИМ3. Блоки КИМ1, КИМ2 и КИМ3 имеют различную конфигурацию со следующими обозначениями: ЕМ (управление запорной арматурой); ЕД (управление регулирующей арматурой); ЕА (встроенный аналоговый позиционер); ЕС (управление по цифровому интерфейсу); ЕТ (управление по цифровому интерфейсу с резервным каналом дискретного управления); ЕР\* (встроенный алгоритм ПИД-регулятора).

Блоки КИМ реализуют следующие способы управления исполнительными механизмами:

- дискретное: сигналы «Открыть», «Закрыть», «Стоп»;
- аналоговое: позиционирование сигналами (4-20) мА; (0-10) В;
- сетевое: Modbus RTU, Profibus DP/PA, Foundation Fieldbus.

Некоторые Блоки КИМ имеют расширенные функциональные возможности, к которым относятся:

- встроенный ПИД-регулятор (сигналы датчиков (4-20) мА; (0-10) В; (1-10000) Гц;
- дискретные входы управления на 220 В;
- встроенный частотный преобразователь.

Управление приводами с помощью блоков КИМ1, КИМ2 и КИМ3 осуществляется вручную (местно) с панели местного управления (ПМУ) приводом и дистанционно. Для дистанционного управления можно

используются НМІ панели. Возможности дистанционного управления, состав и виды входных и выходных сигналов зависят от выбранной конфигурации и дополнительных опций.

Блоки КИМ1 и КИМ2 используются преимущественно для управления приводами с запорной арматурой в режимах «Открыть», «Заккрыть», «Стоп». Конфигурация А этих блоков имеет встроенный позиционер с аналоговым входным сигналом для управления приводами с регулирующими органами.

Блок КИМ3 имеет большие функциональные и коммуникационные возможности по сравнению с блоками КИМ1 и КИМ2. В конфигурацию А этого блока, помимо позиционера, может входить встроенный ПИД регулятор. Блок КИМ3 с ПИД регулятором применяется для управления приводами с регулирующими органами.

Интеллектуальный блок КИМ3 применяется для управления ЭИМ постоянной скорости: однооборотными МЭО, МЭОФ, многооборотными приводами ПЭМ и прямоходными ПЭП. Применение КИМ3 расширяет функциональные возможности электропривода и позволяет повысить точность управления и контроля состояния электропривода и регулирующей арматуры. Блок КИМ3 устанавливается непосредственно на электроприводе или на стене. В состав данного блока входит бесконтактный реверсивный тиристорный пускатель, USB – интерфейс для настройки с помощью ПК; два интерфейсных канала RS-485 (протокол Modbus RTU) с возможностью резервирования для подключения к управляющему контроллеру, Два интерфейсных канала Profibus DP с возможностью резервирования для подключения к управляющему контроллеру (Siemens и др.), архив событий (журнал работы и неисправностей), частотное регулирование скорости и др.

Функциональные особенности электроприводов с КИМ3: ручное (местное) или дистанционное управление выходным органом электропривода с точной остановкой в любом заданном положении; цифровые сигналы по интерфейсам RS-485 (протокол Modbus RTU) или Profibus DP с резервированием; встроенный ПИД-регулятор, бесконтактный указатель положения и др. На рис. 13 показан исполнительный механизм МЭОФ - 1600 с КИМ3 в общепромышленном исполнении:



Рис. 13. Исполнительный механизм МЭОФ- 1600 с КИМ3

Однооборотные исполнительные механизмы МЭО, МЭОФ и прямоходные ПЭП с КИМЗ, имеющим встроенный ПИД -регулятором используются в АСУ или в распределенных системах управления. В таких системах задание ПИД -регулятору подается по шине (протоколы Modbus RTU или Profibus DP) с внешнего устройства, например, с АРМ оператора или панели управления НМІ. Вся информация с системы диагностики приводов исполнительных механизмов обрабатывается в контроллере КИМ З, связанным по шине со станцией оперативного управления.

Выбор варианта применения блоков управления КИМ зависит от принципа управления электроприводом. Далее в пособии рассмотрены принципы управления электроприводами.

### **Преобразователи исполнительных механизмов**

Для реверсивного управления однооборотными МЭО, МЭОФ и прямоходными МЭП применяются преобразователи - пускатели бесконтактные реверсивные (ПБР).

Управление электроприводом выполняется по сигналам «Больше» и «Меньше», подаваемым на дискретные входы управления пускателя. В системах управления используются преобразователи с различными функциями от простейших ПБР2, ПБР3 до интеллектуальных - ПБРИ и др.

Пускатели ПБР-И имеют различное исполнение:

- пускатели бесконтактные реверсивные ПБР: ПБР-3И - для приводов с трехфазными электродвигателями, ПБР-2И - для приводов с однофазными электродвигателями;
- пускатели бесконтактные реверсивные ПБР- ИК: ПБР-2ИК-4 – управление электроприводом с однофазными синхронными или асинхронными электродвигателями, ПБР-3ИК-4 – управление электроприводом с трехфазными и однофазными синхронными или асинхронными электродвигателями.

Интеллектуальные пускатели ПБРИ выполняют, по сравнению с пускателями ПБР2 и ПБР3, следующие дополнительные функции:

- позиционирование положения вала электропривода по аналоговому сигналу задания от системы управления и сигналу обратной связи от датчика положения;
- передача информации о состоянии электропривода управляющему устройству дискретными и аналоговыми сигналами или цифровым сигналом по интерфейсу RS-485;
- выполнение команд управления от контроллера или компьютера, подключаемого через интерфейс RS-485 по протоколу MODBUS RTU;
- вывод аналогового сигнала положения электропривода.

Пускатели бесконтактные реверсивные используются в локальных АСР и АСУ. На практике используются различные варианты применения пускателей. В локальных АСР и АСУ они могут размещаться как в шкафу

управления вместе с контроллером. так и в шкафу силовой коммутации. Это зависит от количества пускателей и требований к АСУ.

Связь реверсивных интеллектуальных пускателей (ПБР-2И ПБР-3И) с контроллером осуществляется по интерфейсу RS-485 (Modbus RTU).

Связь интеллектуальных регуляторов- пускателей (ПБР-2ИР ПБР-3ИР) с контроллером осуществляется по интерфейсу RS-485 (Modbus RTU).

Выбор пускателя зависит от вида электропривода и способа его управления, а также от функциональных возможностей.

## **Электроприводы AUMA**

В системах управления в энергетике, целлюлозно-бумажной и других отраслях промышленности широко представлены электроприводы AUMA (многооборотные, неполнооборотные, рычажные и прямоходные) для управления трубопроводной регулирующей и запорной арматурой. Электроприводы имеют модульную конструкцию, которая позволяет выбрать необходимый вариант электропривода с возможностью дальнейшей его модернизации с целью расширения выполняемых функций.

Для расширения функциональных возможностей электроприводов AUMA применяются блоки управления.

Базовые режимы работы едины для всех приводов AUMA. Электродвигатель приводит в движение редуктор. Крутящий момент на выходе редуктора передается на арматуру через стандартизованный механический интерфейс. Блок выключателей электропривода записывает положение хода и контролирует выходной крутящий момент.

Блок выключателей обеспечивает останов привода при достижении арматурой конечного положения или установленного значения крутящего момента.

Обмен командами управления и сигналами обратной связи между средствами управления электродвигателя, и внешними устройствами осуществляется через электрический интерфейс.

Основными типами электроприводов AUMA являются многооборотные приводы серии SA и неполнооборотные приводы серии SQ. Обе серии базируются на общих конструктивных принципах.

### **Многооборотные приводы SA**

Многооборотные приводы SA применяются в системах позиционного (релейного) управления с задвижками. Согласно EN ISO 5210, многооборотный привод способен выдерживать усилие на арматуре и передавать на нее крутящий момент (минимум для одного оборота).

В большинстве случаев для многооборотной арматуры требуется значительно больше одного оборота, поэтому задвижки часто оснащаются выдвигным штоком. Для управления такой арматурой приводу необходимо

совершить несколько оборотов. По этой причине многооборотные приводы SA оснащены пустотелым валом, через который проходит шток задвижки. На рис. 14 показано устройство многооборотного электропривода SA:

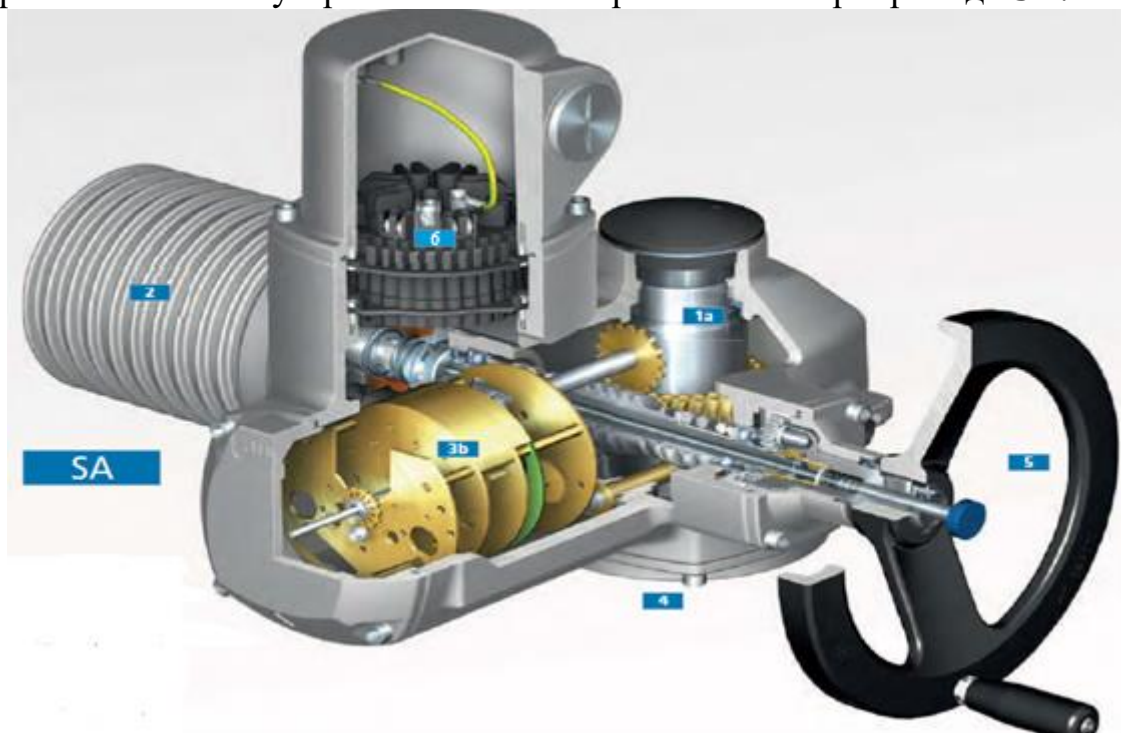


Рис. 14. Устройство многооборотного привода SA:

1а – полый выходной вал для выдвижного штока арматуры; 2 – электродвигатель; 3b – электронный блок выключателей; 4 – присоединение к арматуре; 5 – ручной маховик; 6 – электрический разъем.

Для расширения области применения многооборотных приводов SA используются различные встроенные редукторы. Для прямоходного электропривода применяется прямоходный модуль LE. Конструкция с рычажным редуктором GF образует рычажный электропривод. Редуктор GS ставится в неполнооборотных электроприводах, в основном, для повышенного крутящего момента. Конструкция с многооборотным редуктором GST или GK образует многооборотный привод с повышенным выходным крутящим моментом. Такие модульные конструкции позволяют создавать системы для особых типов арматуры.

В данном пособии рассматриваются основные приводы серии SA, и SQ.

Многооборотные приводы SA с прямоходным редуктором LE

Конструкция привода SA с прямоходным редуктором LE образует прямоходный привод. Такие электроприводы используются для управления промышленной арматурой, например, клапанами.

Существует несколько типов многооборотных приводов SA с прямоходным редуктором LE:

- SA- электропривод работающий в режиме "ОТКРЫТЬ-ЗАКРЫТЬ";
- SAR- электропривод работающий в режиме регулирования.

На рис. 15 приведен пример многооборотного привода SA с прямоходным редуктором LE:



Рис. 15. Многооборотный привод SA с прямоходным редуктором LE

Многооборотные приводы SA с рычажным редуктором GF

Конструкция многооборотного привода SA с рычажным редуктором GF образует рычажный привод. В условиях ограниченного пространства такая арматура, как дископоворотные затворы может управляться только посредством рычага. В случае если необходим более высокий крутящий момент, многооборотные приводы SA могут быть скомбинированы с неполнооборотным редуктором с базой и рычагом. В основе конструкции – червячные редукторы GS, на которые устанавливаются основание (база) и рычаг. Такие приводы используются для автоматического или ручное управление арматурой (поворотными заслонками, шаровыми кранами и др.).

На рис. 16 представлен многооборотный привод SA с рычажным редуктором GF:



Рис. 16. Многооборотные электроприводы SAR

Многооборотные электроприводы SAR предназначены для управления промышленной арматурой, напр., вентилями, задвижками, заслонками или кранами. На рис. 17 изображён многооборотный привод SAR:

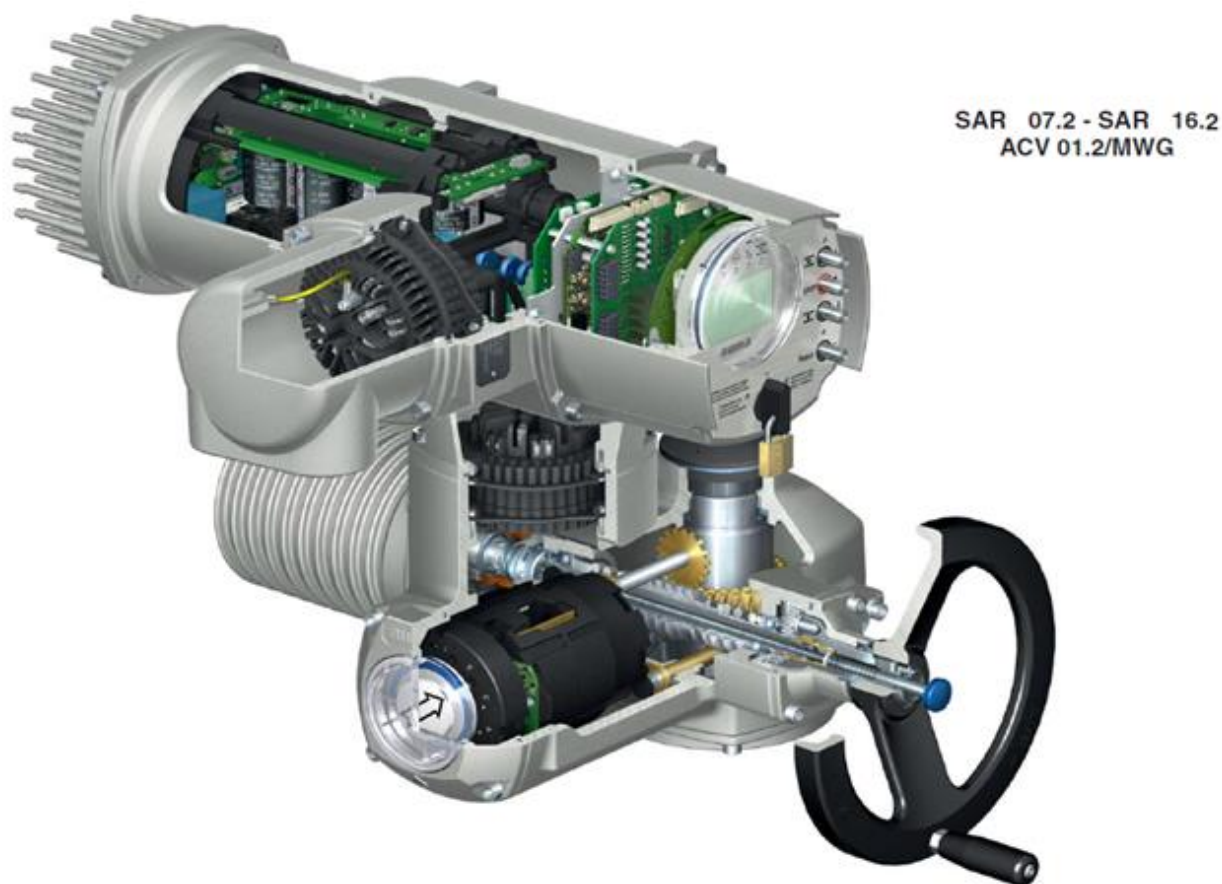


Рис. 17. Многооборотный привод SAR

#### Неполнооборотные приводы SQ

Согласно EN ISO 5211, привод является неполнооборотным, если для полного хода арматуры на ее входе требуется создавать менее одного полного оборота. Эти приводы предназначены для работы с неполнооборотной арматурой, например, дисковыми затворами и шаровыми кранами. Неполнооборотные приводы SQ оснащены встроенными концевыми упорами для обеспечения точного достижения конечных положений в ручном режиме управления.

Неполнооборотные приводы AUMA SQ предлагаются в двух модификациях –SQR для режима регулирования и SQ режима " ОТКРЫТЬ-ЗАКРЫТЬ".

Приводы подходят для управления шаровыми кранами, поворотными затворами, любой четвертьоборотной арматурой. На рис. 18 представлено устройство неполнооборотного привода SQ:

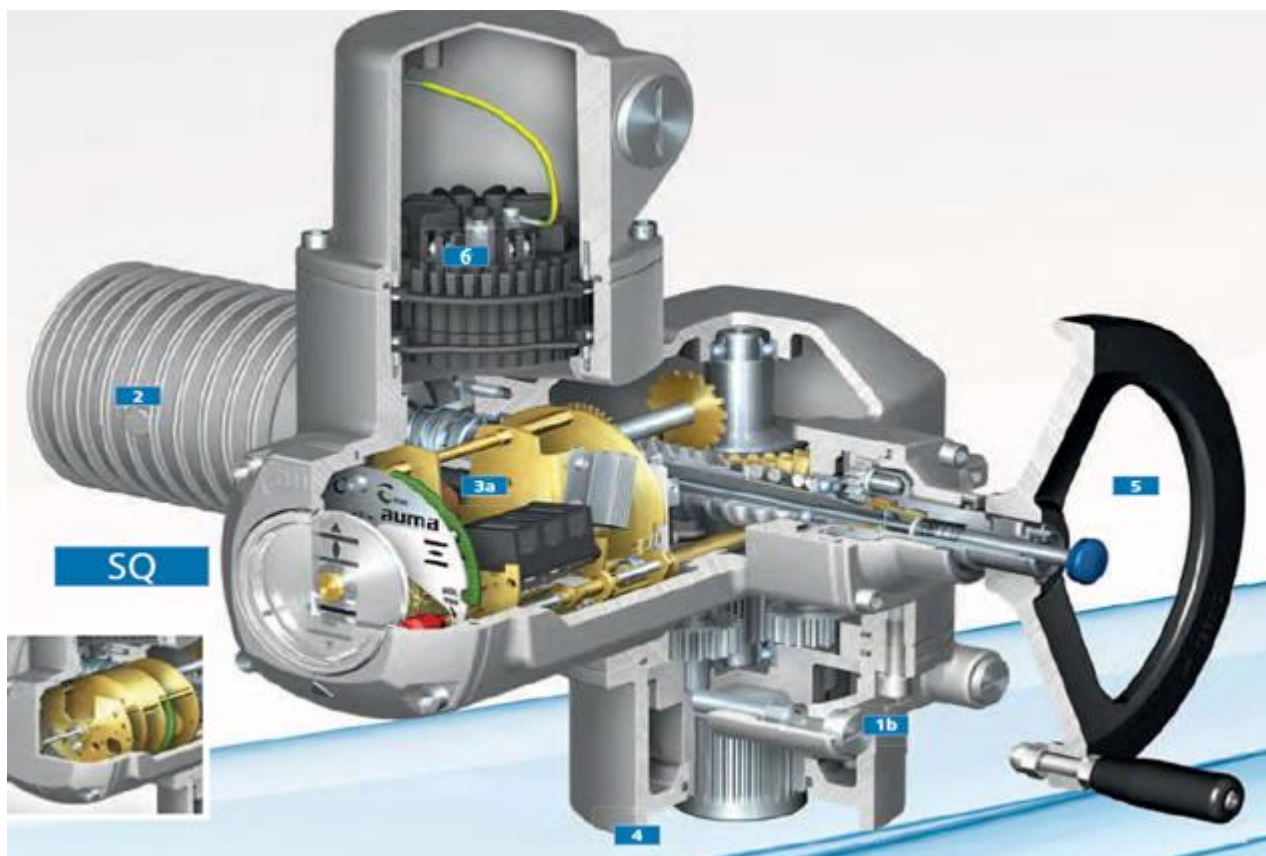


Рис. 18. Устройство неполнооборотного привода SQ:

1b – механические концевые упоры; 2 – электродвигатель; 3a – электромеханический блок выключателей; 4 – присоединение к арматуре; 5 – ручной маховик; 6 – электрический разъем.

Далее на рис. 19 представлен внешний вид привода SQR – однооборотного (неполноприводного) для режима регулирования:



Рис. 19. Внешний вид привода SQR

### Неполнооборотные приводы SG

В настоящее время приводы SQ замещаются более усовершенствованными SG. Неполнооборотный привод SG - является базовым приводом для рычажных редукторов SGF

Привод SGF- рычажный однооборотный (неполноприводной) для режима "ОТКРЫТЬ - ЗАКРЫТЬ". Рычажные приводы AUMA типа SGF применяются в том случае, если задвижками и поворотными затворами можно управлять только с помощью рычажного механизма, ввиду ограниченности пространства или из-за особенностей конструкции. Рычажные приводы AUMA предполагают модификацию для режима "Открыть-закрыть". На рис. 20 представлен внешний вид привода AUMA типа SGF:

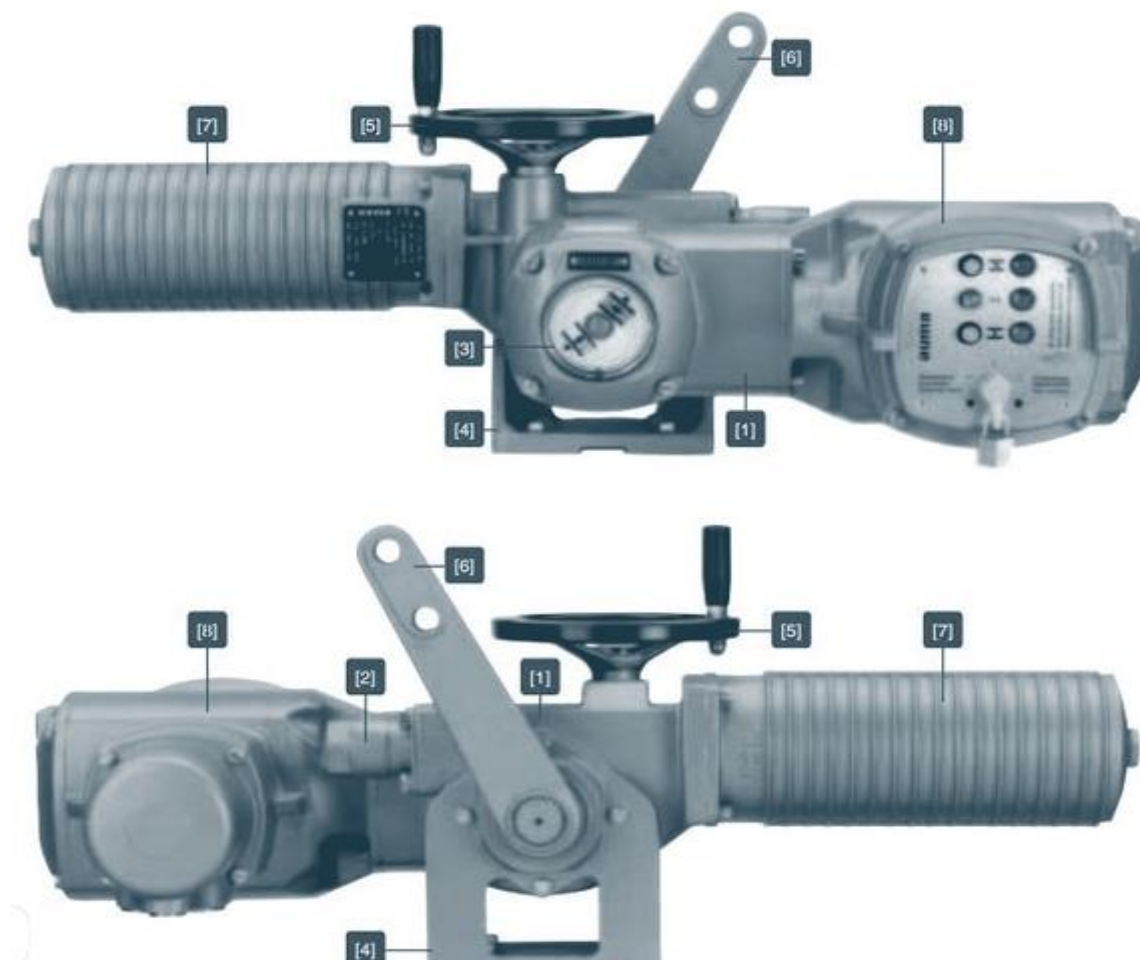


Рис. 20. Внешний вид привода AUMA типа SGF:

1 - неполнооборотный привод SG; 2 - механические упоры; 3 - индикатор положения; 4 - опора (база); 5 - ручной маховик; 6 – рычаг; 7 – электродвигатель; 8 - встроенный блок управления.

Рычажные приводы AUMA типа SGF применяются в том случае, если задвижками и поворотными затворами можно управлять только с помощью рычажного механизма, ввиду ограниченности пространства или из-за особенностей конструкции. Рычажные приводы AUMA предполагают несколько модификаций: SGF для режима "ОТКРЫТЬ - ЗАКРЫТЬ" и SGRF для режима регулирования.

### Привод SGRF

Привод SGRF - рычажный однооборотный (неполноприводной) для режима ПИД- регулирования в АСР. Рычажные приводы AUMA типа SGRF применяются в том случае, если задвижками и поворотными затворами можно управлять только с помощью рычажного механизма, ввиду ограниченности пространства или из-за особенностей конструкции. На рис. 21 представлен внешний вид привода AUMA типа SGRF:

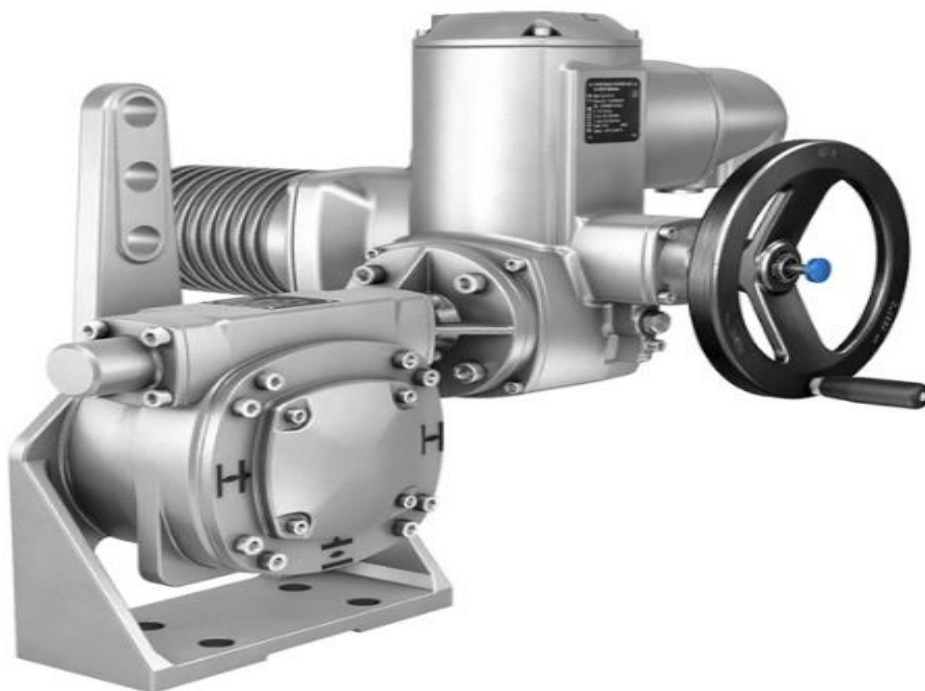


Рис. 21. Внешний вид привода AUMA типа SGRF

Электроприводы AUMA имеют цифровой интерфейс для управления приводом в PCY или ACY по с протоколами ModBus, Profibus, Device Net, Foundation Fieldbus.

В системах управления с электроприводами AUMA может применяться HART- протокол для одновременной передачи аналогового стандартного сигнала 4 - 20 мА и дополнительного сигнала коммуникации HART. Протокол HART позволяет считывать дополнительные параметры и данные диагностики с полевых устройств (приводов, измерительных преобразователей и др.).

### Блоки управления приводами AUMA

Для управления приводами простого типа — SA, SG, SQ и регулирующего типа – SAR, SQR могут быть применены блоки управления электроприводом AUMA MATIC AM или AC.

Блок AM (Auma Matic) обеспечивает двухпозиционное управление приводом "ОТКРЫТЬ - СТОП - ЗАКРЫТЬ" в режимах местного (ручного) и дистанционного управления. Блоки управления AM широко используются для многооборотных приводов SA и неполнооборотных приводов SQ.

Блок управления АС, способны выполнять функции блока управления АМ и дополнительно функции ПИД регулирования. Они оснащены цифровым дисплеем с различными функциями и способами передачи сигнала. Блоки управления АС используются для многооборотных приводов SA и неполнооборотных приводов SQ, SAR и SQR.

При управлении по полевой шине, информация между контроллером и всеми присоединенными полевыми устройствами передается по двухпроводному кабелю или оптоволокну. Блоки АМ и АС имеют следующие интерфейсы: Profibus DP, Modbus

Обычно, блоки управления приводами AUMA монтируются на приводе. При необходимости они могут быть установлены отдельно от привода на настенном креплении. Это рекомендуется в случае, если доступ к приводу затруднен или имеется высокая температура в месте установки привода или большая вибрация трубопроводной арматуры, которые могут повлиять на работу электроники.

### Блок управления AUMATIC AC

Блок управления АС 01.2, представленный на рис. 22, выполняют помимо функций блока АМ, также функции регулирования и другие дополнительные функции: самоподстраиваться, регистрировать данные, вести протоколирование, программироваться, осуществлять беспроводную связь, передавать данные по оптоволоконным кабелям на большие расстояния. Данный блок оснащен цифровым дисплеем с удобным интерфейсом.

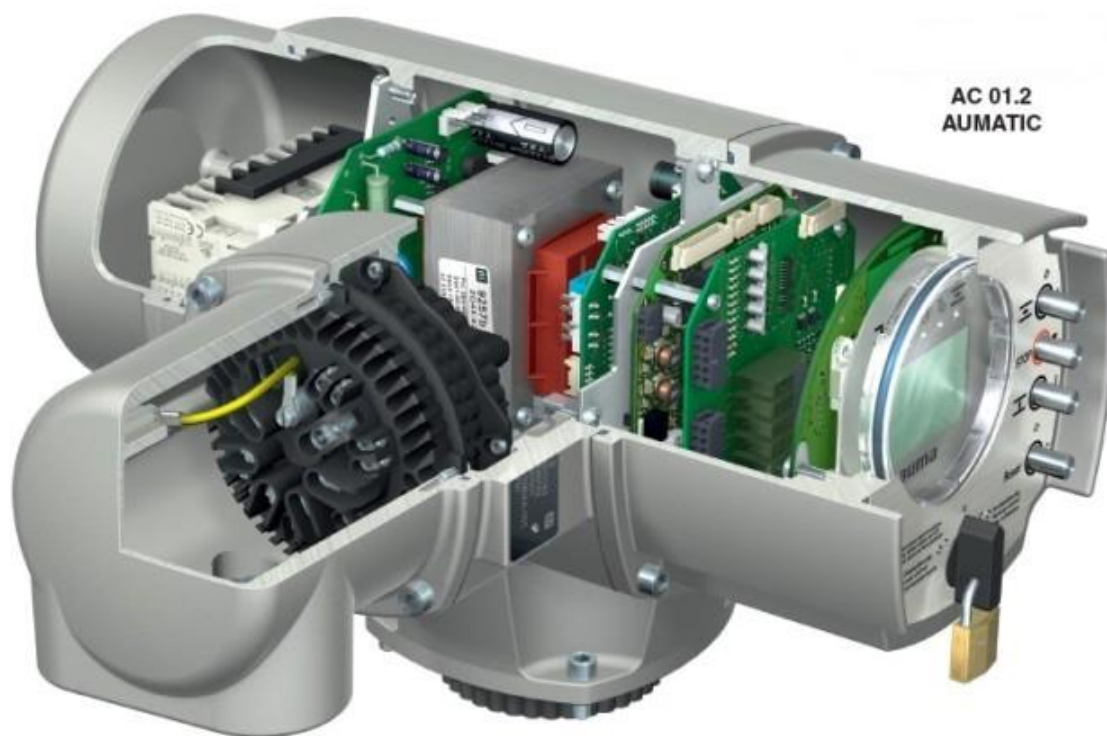


Рис. 22. Блок управления АС 01.2 AUMA MATIC

Для соединения блока управления с полевыми устройствами, панелью НМІ локального управления и контроллером используется полевая шина PROFIBUS-DP и Modbus.

## Применения приводов AUMA

Приводы AUMA простого типа — SA, SG, SQ и регулирующего типа — SAR, SQR могут использоваться без установленных (встроенных) блоков управления. Наименование AUMA NORM означает, что привод без блока управления”.

Для приводов AUMA простого типа без (встроенных) блоков управления необходимы шкафы управления электроприводами с реверсивными пускателями.

Для управления приводами простого типа — SA, SG, SQ и регулирующего типа — SAR, SQR могут применяться встроенные блоки управления AUMA MATIC AM или AC.

В случае применения приводов AUMA с блоками управления шкафы управления не требуются.

## Применение блоков управления AUMA

В системах управления применяются различные варианты применения блоков управления AM и AC с электроприводами AUMA:

1. SA NORM – многооборотный электропривод SA без блока управления.
2. SQ NORM – неполнооборотный электропривод SQ без блока управления.
3. SA – AM – многооборотный электропривод SA для режима "Открыть-Заккрыть" с блоком управления AM.
4. SAR – AC многооборотный электропривод SA с прямоходным редуктором LE для режима регулирования с блоком управления AC.
5. SGF – AM – неполнооборотный электропривод SG с рычажным механизмом для режима "Открыть-заккрыть" с блоком управления AM.
6. SGRF – AC – неполнооборотный электропривод SG с рычажным механизмом для режима регулирования с блоком управления AC.
7. SQ – AC – неполнооборотный электропривод SQ для режима "Открыть – Заккрыть" с блоком управления AC.
8. SQR – AC – неполнооборотный электропривод SQ для режима регулирования с блоком управления AC
9. SAR – электропривод многооборотные для режима регулирования с блоками управления AM и AC.

Обычно, средства управления приводами AUMA монтируются на приводе. При необходимости AUMA MATIC может быть установлен отдельно от привода на настенном креплении.

Это рекомендуется в случае, если доступ к приводу затруднен или имеется высокая температура в месте установки привода или большая вибрация трубопроводной арматуры, которые могут повлиять на работу электроники.

В случае применения приводов AUMA с встроенными блоками управления сокращается сроки внедрения АСР на производстве, поскольку не требуется отдельно заказывать шкаф управления.

Приводы АУМА могут подключаться к любой системе автоматизации. При наличии встроенного блока управления не требуется производить проектирование, установку и изучение документации внешних систем управления. Кроме того, это позволит значительно упростить процесс ввода оборудования в эксплуатацию.

Выбор варианта применения блоков управления АМ и АС зависит от принципа управления электроприводом.

## **Принципы управления электроприводами**

### **Внешнее управление**

В этом варианте контроллер управляет электроприводом. На контроллер подаются задающий сигнал и сигнал обратной связи с измерительного преобразователя регулируемого параметра. Для ввода задания, в основном, применяется панель НМІ локального управления или АРМ оператора. Возможно также использование ручного задающего устройства. На контроллер вводятся также все сигналы от привода (сигналы от конечных и моментных выключателей, защиты электродвигателя и сигнал о положении арматуры). В системах управления используются отдельные (выносные) блоки управления и преобразователи. В зависимости от вида управляющего сигнала контроллера применяются преобразователи - пускатели и позиционеры.

Такой принцип управления находит применение в локальных системах автоматизации технологических объектов и в АСУ технологическими процессами с централизованным управлением приводами исполнительных механизмов.

Для соединения полевых устройств (измерительных преобразователей, преобразователей и приводов) с контроллером применяются параллельная проводка кабелей для каждого устройства. Контроллеры, блоки управления и преобразователи размещаются в шкафу управления. В зависимости от требований к АСР преобразователи могут размещаться в шкафу управления или силовой коммутации.

### **Применение встроенного блока управления**

Для расширения функциональных возможностей систем управления технологическими процессами применяются встроенные блоки управления приводами. В пособии рассматриваются встроенные блоки КИМ, АУМА МАТИС, имеющие переключатели режимов управления, ПИД регуляторы и преобразователи - пускатели и позиционеры. В системах управления приводами с данными блоками задающий сигнал с ЗУ и сигнал обратной связи с измерительного преобразователя регулируемого параметра подаются на блок управления. Для ввода задания используется панель НМІ локального управления или АРМ оператора.

На блок управления также подаются сигналы от привода (сигналы от концевых и моментных выключателей, защиты электродвигателя и сигнал о положении регулирующей арматуры).

Привод управляется в режимах АУ, ДУ и РУ. В режиме ДУ управление осуществляется с локальной панели НМІ или АРМ оператора, а в режиме РУ - с блока управления. На панель НМІ локального управления и АРМ передаются все сигналы с датчиков для просмотра трендов и графиков.

При реализации систем управления приводами с блоками КИМ, АУМА МАТІС АМ и АС не требуются отдельные блоки управления и преобразователи приводов, как это было в случае внешнего управления. На рис. 23 показан пример АСР с встроенным блоком управления:

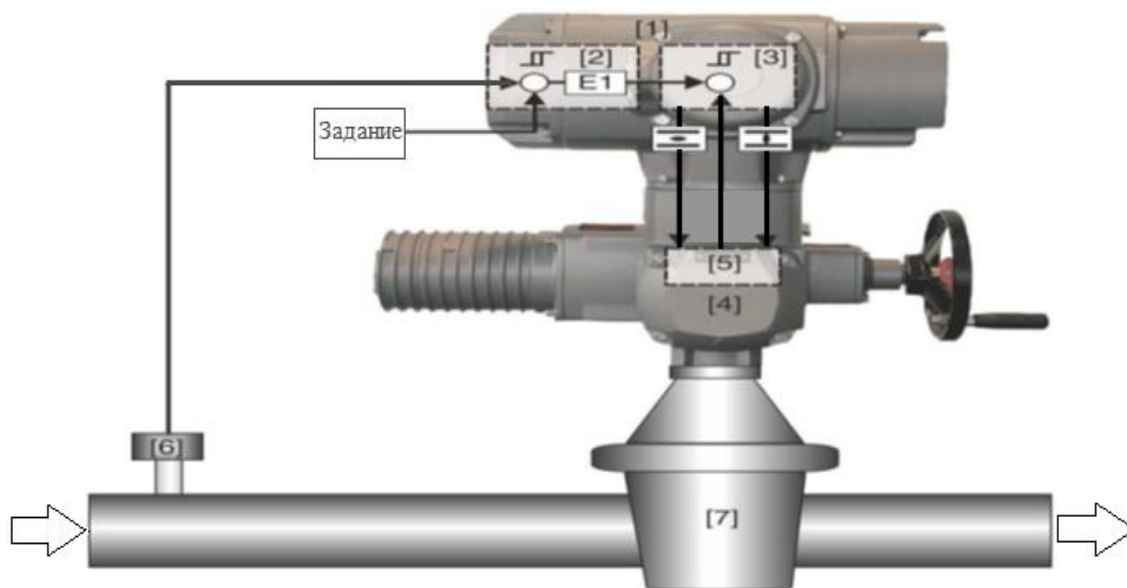


Рис. 23. АСР с встроенным блоком управления:

1 - встроенный блок управления электроприводом; 2 - ПИД регулятор технологического процесса; 3 - позиционер; 4 – электропривод; 5 - измерительный преобразователь (датчик) положения выходного элемента электропривода; 6 - измерительный преобразователь (датчик) регулируемого параметра технологического процесса; 7 - регулирующая арматура (клапан); Е1 - задание положения выходного элемента электропривода.

Принцип работы АСР. Данная АСР является каскадной АСР. Внутренний контур АСР состоит из позиционера [3], электропривода с регулирующим клапаном и измерительного преобразователя [5], а внешний - из внешнего задающего устройства, ПИД-регулятора [2], технологического процесса и измерительного преобразователя [6].

Задание В АСР поступает с внешнего задающего устройства на вход ПИД-регулятора [2], а сигнал с измерительного преобразователя [6] - на другой вход регулятора. Регулятор формирует задание Е1 внутреннему контуру регулирования с позиционером [3]. На позиционер [3] подается сигнал с измерительного преобразователя положения выходного элемента электропривода [5]. Позиционер [3] управляет приводом [5] и положением затвора регулирующего клапана [7].

Встроенные БУ позволяют создавать АСУ различными технологическими параметрами - давление, расход, уровень и др., температуры. Такой принцип управления применяется в АСУ технологическими процессами с централизованным управлением приводами исполнительных механизмов. Он также находит применение и в локальных системах автоматизации технологических объектов.

В АСУ входят АРМ оператора (на базе SCADA), контроллер, панель НМІ локального управления и полевые устройства (измерительные преобразователи и приводы с встроенными блоками управления. Контроллер подключается к сети производства Ethernet. Для соединения контроллера и полевых устройств с блоком управления используются токовые сигналы 4-20 мА или интерфейс полевых шин RS-485 (протоколы PROFIBUS DP/Modbus RTU). При применении полевой шины отсутствует параллельная проводка кабелей для полевых устройств. Шкаф управления используется только для контроллера.

#### Применение цифрового интерфейса

Цифровой интерфейс (полевая шина) – промышленная коммуникационная система используется для передачи информации и для связи в РСУ. Полевая шина заменяет группы параллельных кабелей для соединения всех средств автоматизации системы управления одним двухжильным кабелем (витая пара). Полевая шина соединяет все уровни от полевых устройств до контроллеров одним интерфейсом полевой шины. По полевой шине передается только цифровая информация. Аналоговые сигналы или измеренные величины перед передачей через шину конвертируются в цифровые значения. В общем случае каналы цифровой передачи сигналов имеют большую помехоустойчивость по сравнению с аналоговыми.

В РСУ с полевой шиной все приводы подключаются к контроллеру через стандартные двухпроводные кабели. По этой линии происходит обмен командами управления и сигналами обратной связи между приводами. Отсутствие устройств ввода-вывода при использовании полевой шины позволяет сократить занимаемую площадь в шкафу управления. Применение двухпроводной линии упрощает ввод в эксплуатацию, техобслуживание и снижает стоимость на 40 %, особенно в системах с длинными кабелями.

В современных РСУ широко применяется полевая шина Foundation Fieldbus, которая обеспечивает мощную коммуникационную сеть для современных концепций автоматизации.

За счет распределенной передачи данных в сети Foundation Fieldbus отдельные полевые устройства могут сами выполнять задачи по управления технологическим процессом с помощью стандартизованных функциональных блоков. Если полевое устройство содержит, например, функциональный блок ПИД, то оно может само управлять выбранным параметром технологического процесса. Такой принцип передачи данных позволяет перенести управление на полевой уровень, разгружая верхний уровень систем автоматизированного управления технологическими процессами.

## Пневматические и электропневматические устройства

В системах управления технологическими процессами и производствами используются различного вида пневматические и электропневматические устройства. В данном пособии рассматриваются пневматические исполнительные механизмы (пневмоприводы), электропневматические преобразователи и позиционеры.

### Пневматические исполнительные механизмы

Пневматические исполнительные механизмы или пневмоприводы это устройства, которые используют давление сжатого воздуха для перемещения его выходного элемента. Сжатый воздух, являющийся рабочей средой в системах пневматики.

В пособии рассматриваются мембранные и поршневые ПИМ, которые распространены в системах управления технологическими параметрами. В зависимости от принципа действия они подразделяются на односторонние и двухсторонние, а в зависимости от вида движения выходного элемента - на исполнительные механизмы поступательного и вращательного движения.

### Мембранные исполнительные механизмы

Мембранные исполнительные механизмы (МИМ) широко применяются в различных отраслях промышленности. Данные исполнительные механизмы имеют достаточную мощность, простую конструкцию, удобны в эксплуатации. К недостаткам МИМ можно отнести короткий ход и ограниченную передачу усилия с мембраны на шток. Последнее связано с тем, что усилие, развиваемое сжатым воздухом, идет на преодоление сил упругости мембраны. На рис. 24 представлена классификация мембранных пневматических исполнительных механизмов:

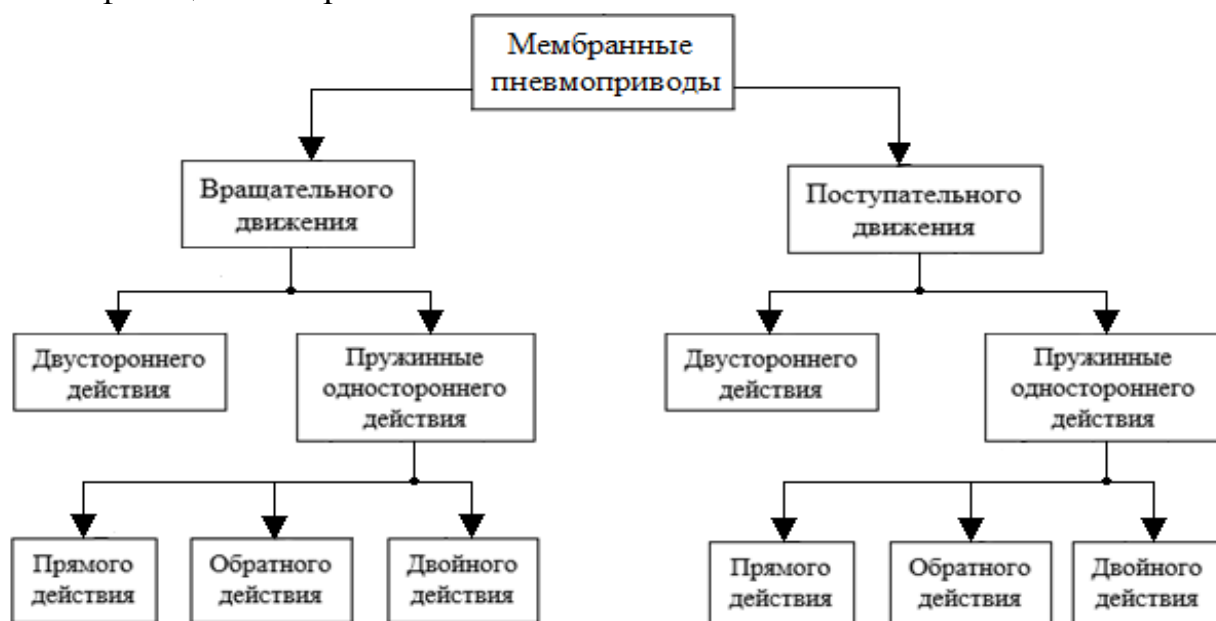


Рис. 24. Классификация мембранных пневматических исполнительных механизмов

Мембранные исполнительные механизмы различаются в зависимости от принципа действия и конструкции. В пособии представлены основные виды данных механизмов с поступательным и вращательным движением, применяемых в АСР:

- мембранные исполнительные механизмы одностороннего действия;
- мембранные исполнительные механизмы двухстороннего действия.

Мембранные исполнительные механизмы одностороннего действия являются пружинными МИМ, которые различаются в зависимости от способа подачи воздуха на исполнительные механизмы прямого и обратного действия.

Мембранные исполнительные механизмы двухстороннего действия это МИМ, в которых направление движения выходного элемента зависит только от подачи воздуха.

В них отсутствуют пружины, используемые в мембранных исполнительных механизмах одностороннего действия. Такие мембранные исполнительные механизмы относятся к беспружинным МИМ двухстороннего действия.

Мембранные исполнительные механизмы одностороннего действия

Мембранные исполнительные механизмы одностороннего действия имеет один вход для подачи сжатого воздуха, давление которого воздействует только на одну сторону мембраны.

На рис. 25 представлен пружинный мембранный исполнительный механизм одностороннего действия Fisher 657:



Рис. 25. Пружинный мембранный пневматический ИМ Fisher 657 одностороннего действия

Приводом этого механизма является мембранный привод прямого действия.

При работе пневматического ИМ давление управляющего воздуха воздействует на мембрану 1, зажатую по периметру между крышками 2 и 3, и создает усилие, которое уравнивается размещенной в кронштейне 4 привода пружиной 5.

Таким образом, ход штока 6 привода пропорционален величине управляющего давления. Жесткость и предварительное сжатие пружины определяет диапазон усилий привода и номинальный ход. Если в отсутствии пневматического сигнала пружина выдвигает шток привода в крайнее нижнее положение, то привод называется нормально-закрытым (НЗ). Если ли же при отсутствии пневматического сигнала пружина втягивает шток привода в крайнее верхнее положение, такой привод называется нормально-открытым (НО).

Устройство пружинного мембранного пневматического ИМ Fisher 657 представлено на рис. 26:

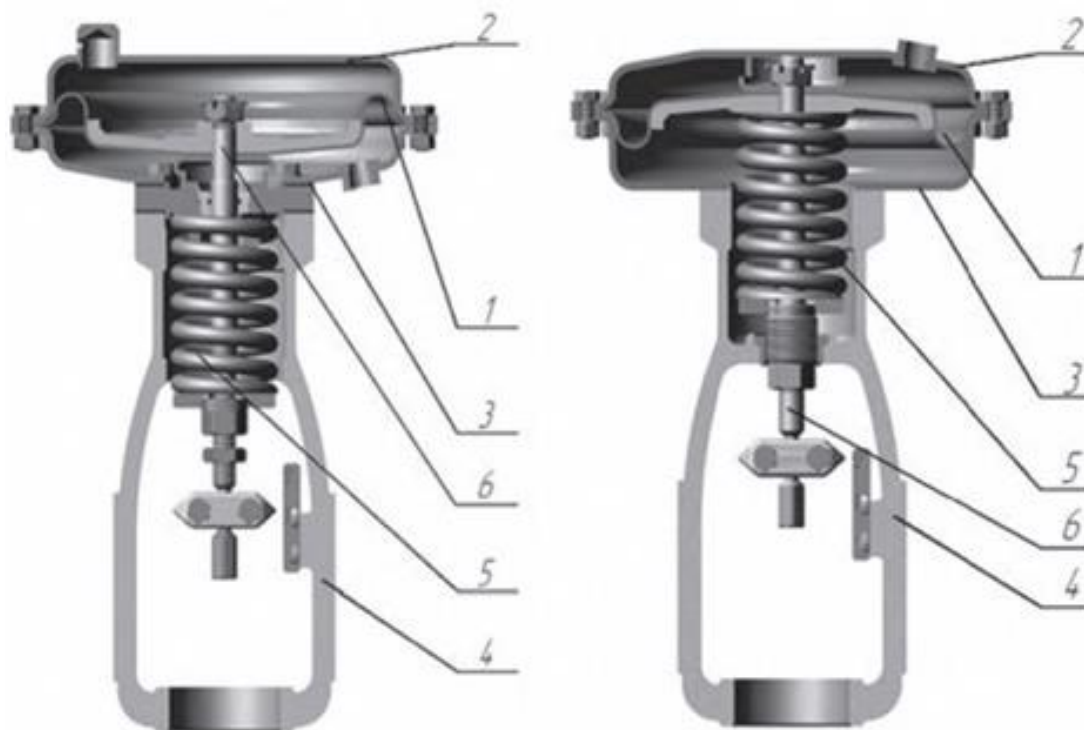


Рис. 26. Устройство пружинного мембранного пневматического ИМ Fisher 657

Пружинные мембранные исполнительные механизмы одностороннего действия осуществляют в системах управления возврат клапана в заранее заданное положение, "Нормально открыто" или "Нормально закрыто" в случае сбоя подачи воздуха.

В системах управления также находят применение односторонние мембранные ИМ двойного действия. В таких пневматических исполнительных механизмах используется может использоваться прямое или обратное действие в зависимости от предварительной установки подачи воздуха.

В основном, привод тип 3271 состоит из тарельчатой мембраны, двух мембранных крышек и пружин. Приводы с ручным дублером дополнительно оснащаются ручным колесом, расположенным непосредственно на корпусе мембраны или установленным сбоку на колпаке клапана. На рис. 27 изображен общий вид пневмопривода Samson 3271:



Рис. 27. Общий вид пневмопривода Samson 3271 двойного действия

Управляющее давление создает на мембране привода усилие, которое уравнивается соответствующим противодействием возвратных пружин (4). Диапазон управляющих давлений определяется с учетом предварительного напряжения пружин и величины рабочего хода. При этом величина рабочего хода прямо пропорциональна рабочему давлению.

В приводе может устанавливаться до 30 вложенных друг в друга пружин. При отключении энергии питания направление действия привода и, следовательно, его положение безопасности определяется пружинами, установленными в верхней или нижней мембранной камере: «шток втягивается» - «ОТКР» или «шток выдвигается» - «ЗАКР».

Вследствие этого управляемый приводом клапан открывается или закрывается, см. рис. 28. В приводе с положением безопасности «шток выдвигается» управляющее давление подается на подключение (5) в нижнюю мембранную камеру и перемещает шток привода вверх. В приводе с положением безопасности «шток втягивается» управляющее давление подается на подключение (3) в верхнюю мембранную камеру и перемещает шток привода вниз. Муфта (6) соединяет шток привода (1) со штоком конуса, регулирующего клапана. Через заглушку (2) воздух сбрасывается в атмосферу. Сдвоенный привод имеет две соединенные вместе мембраны. Управляющее давление создает на мембранах удвоенное усилие перестановки по сравнению с обыкновенным приводом. Пневмопривод Samson 3271 в разрезе представлен на рис. 28:

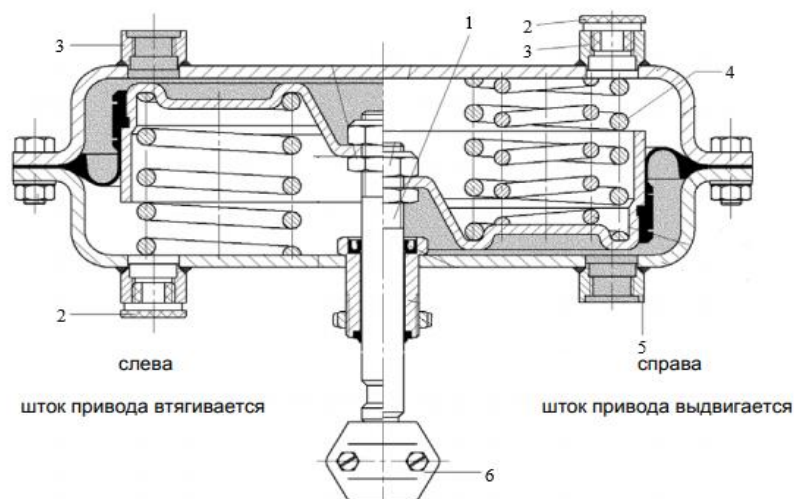


Рис. 28. Пневмопривод Samson 3271 в разрезе:

1 - ток привода; 2 - заглушка сброса воздуха; 3 - подключение управляющего давления; 4 - пружины; 5 - подключение управляющего давления; 6 - соединительная муфта.

#### Мембранные исполнительные механизмы двухстороннего действия

Мембранные исполнительные механизмы двухстороннего действия содержат два входа для подачи сжатого воздуха. Эти приводы часто используются там, где ограничено пространство для размещения клапана. Давление воздуха обеспечивает усилия для движения в обоих направлениях.

Мембранные исполнительные механизмы с вращательным движением. Мембранные исполнительные механизмы с вращательным движением используются совместно с поворотной арматурой. Мембранные ИМ для поворотной арматуры, в целом похожи на исполнительные механизмы для регулирующей арматуры с возвратно-поступательным движением. В таких исполнительных механизмах имеются реечно-зубчатые передачи или рычажные механизмы для обеспечения вращательного движения. На рис. 29 показан общий вид мембранного привода Samson BR30a с вращательным движением:



Рис. 29. Мембранный ИМ с вращательным движением Samson BR30a

Принцип действия такого привода (см. рис. 30) заключается в том, что на поверхность мембраны (1) воздействует сила, вызванная рабочим давлением привода, которая противодействует нажимной пружине (2), расположенной в приводе. Ход мембраны (Н) передаётся через приводной вал (3) и шарнирные головки (6 и 7) на вал рычага (8) и переходит во вращательное движение.

Ход Н пропорционален установочному давлению. Соответствующий диапазон рабочего давления определяется с помощью коэффициента жёсткости и предварительного натяжения пружины. С помощью двух внешних упорных болтов (5) возможно ограничение начальной и конечной точки установочного угла. Ход мембраны пропорционален установочному давлению. На рис. 30 изображён привод Samson BR30a в разрезе:

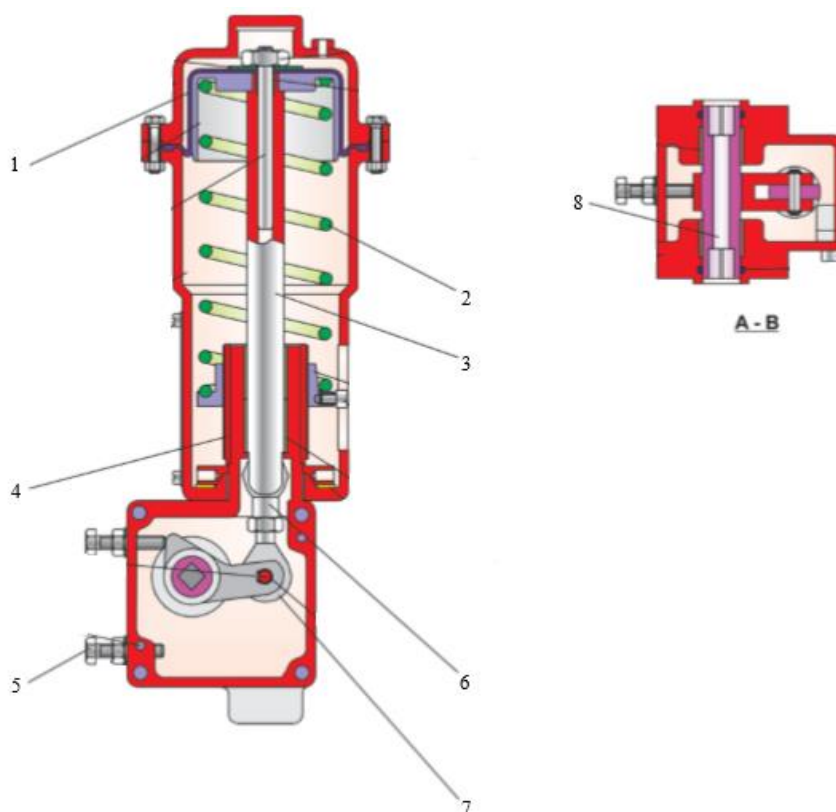


Рис. 30. Привод Samson BR30a в разрезе:

1 – поверхность мембраны; 2 – нажимная пружина; 3 – приводной вал;  
4 – дисковый шпиндель; 5 – упорный болт; 6 – шарнирная головка; 7 –  
шарнирная головка; 8 – вал рычага.

Безопасное положение «Пружина закрывается»:

Пружина (2) закрывает арматуру при декомпрессии мембраны или при отказе подачи вспомогательной энергии. Открывание происходит при повышающемся давлении против силы пружины.

Безопасное положение «Пружина открывается»:

Пружина (2) открывает исполнительный элемент при декомпрессии мембраны или при отказе подачи вспомогательной энергии. Закрывание происходит при повышающемся давлении против силы пружины.

В современных конструкциях мембранных исполнительных механизмах мембраны устанавливаются в корпусе ИМ, это позволяет увеличить ход, применять разный набор пружин для обеспечения широкого диапазона работы мембранного привода и разрабатывать специальные конструкции для поворотной арматуры. Одним из современных видов мембранных приводов для поворотной арматуры является привод компании Jamesbury серии QUADRA- POWRX для поворотной арматуры с подпружиненной мембраной, специально сконструированы для работы с четвертьоборотной арматурой. Они обеспечивают безопасное и надежное действие даже при минимальных давлениях рабочей среды. При этом они могут работать также и при высоких давлениях до 7 бар. Однако следует учитывать, что арматура, на которой установлены мембранные приводы, обычно работает относительно медленно из-за того, что при низком давлении требуется относительно большой объем воздуха, чтобы создать требуемый силовой перепад давления для перемещения мембраны.

### Поршневые исполнительные механизмы

Поршневые исполнительные механизмы используют пневматические цилиндры (пнеумоцилиндры), которые формируют силовую часть привода, эти механизмы отличаются от мембранных большей величиной перемещения рабочего органа и большим развиваемым усилием. Поршневые исполнительные механизмы обеспечивают линейное перемещение штока исполнительного механизма на большое расстояние. Поршневой пневматический имеет немало достоинств: простая конструкция, возможность получения больших усилий при прямолинейном ходе штока, быстродействие.

Поршневые исполнительные механизмы разделяются на две группы: одностороннего и двустороннего действия. Они могут быть с возвратно-поступательным или вращательным движением выходного элемента.

В исполнительных механизмах одностороннего действия рабочий ход осуществляется под воздействием сжатого воздуха, а холостой — с помощью пружин. Поршневые исполнительные механизмы одностороннего действия могут быть пружинными прямого и обратного действия. На рис.31 показана классификация поршневых пневматических исполнительных механизмов:

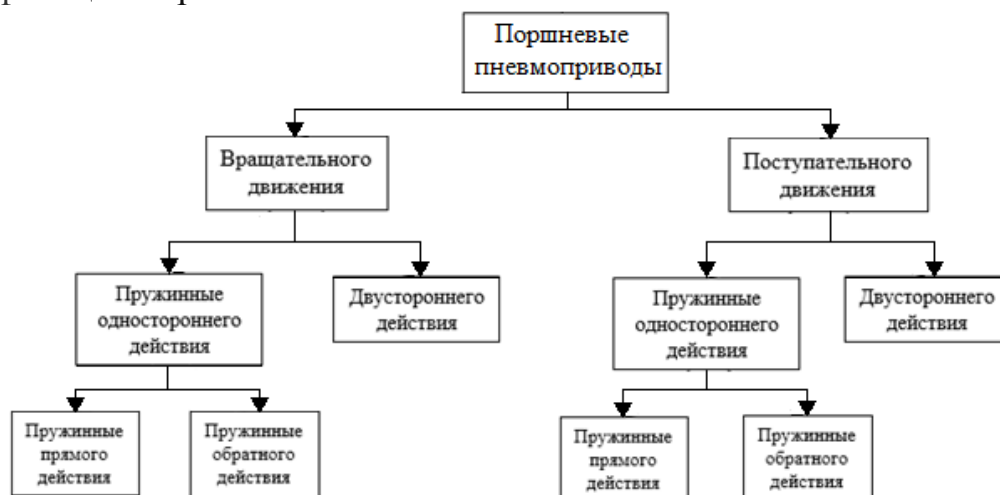


Рис. 31. Классификация поршневых исполнительных механизмов.

В ЦБП нашли широкое применение пневматические поршневые исполнительные механизмы одностороннего действия Neles B1J, внешний вид которого в разрезе показан на рис. 32:



Рис. 32. Пневматический поршневой исполнительный механизм одностороннего действия Neles B1J в разрезе

Принцип действия исполнительного механизма Neles B1J состоит в преобразовании с помощью рычажного механизма линейного движения поршня во вращательное движение приводного вала на 90°. Рычажный механизм сконструирован таким образом, что отношение выходного крутящего момента к усилию, действующему на поршень зависит от угла поворота приводного вала. На приводе пружина расположена со стороны поршня. Вторичная ось привода, управляемая пружиной, крутится по часовой стрелке. Обычно такой привод применяется для работы в режиме пружина закрывает. На рис. 33 показан принцип действия пневматического привода с пружиной Neles B1J:

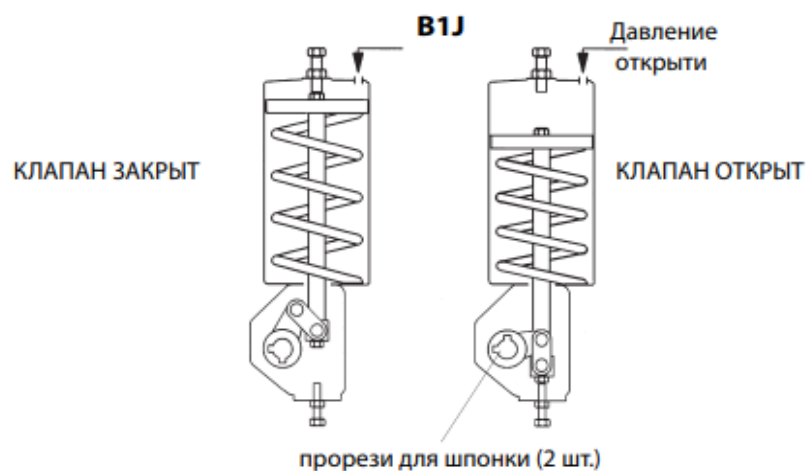


Рис. 33. Поршневой пневматический привод Neles B1J

В поршневых пневмоприводах двустороннего (возвратно-поступательного) действия рабочий ход осуществляется под воздействием сжатого воздуха.

Поршневой исполнительный механизм двустороннего действия состоит из цилиндра (в данном случае совмещенного с верхней крышкой), в котором поршень со штоком под воздействием давления управляющей среды совершает возвратно-поступательное движение. Крышки нижней с уплотнительными кольцами, со штуцерами для подвода и отвода давления управляющей среды (воздуха). поршня с уплотнительными кольцами и штока для соединения со штоком (шпинделем) арматуры.

В зависимости от направления подачи давления управляющей среды (под поршень или на поршень) поршневой исполнительный механизм открывает или закрывает затвор регулирующей арматуры. Перемещение штока происходит пропорционально величине давления управляющего воздуха. На рис. 34 показан пневматический исполнительный механизм Neles B1C двустороннего действия:



Рис. 34. Пневматический исполнительный механизм Neles B1C двустороннего действия

Рычажный исполнительный механизм серии В – преобразовывает линейное движение поршня во вращательное движение приводного вала на 90° (макс. 98°).

Принцип действия пневматического привода прост, сжатый воздух поступает в верхнюю часть привода и давит на поршень. Под силой сжатого воздуха поршень передвигается вниз и открывает клапан. Для закрытия клапана, сжатый воздух поступает в нижнюю часть клапана. Под силой сжатого воздуха поршень передвигается вверх что соответствует закрытому положению лапана.

На рис. 35 показан принцип работы пневматического привода Neles B1C двухстороннего действия:

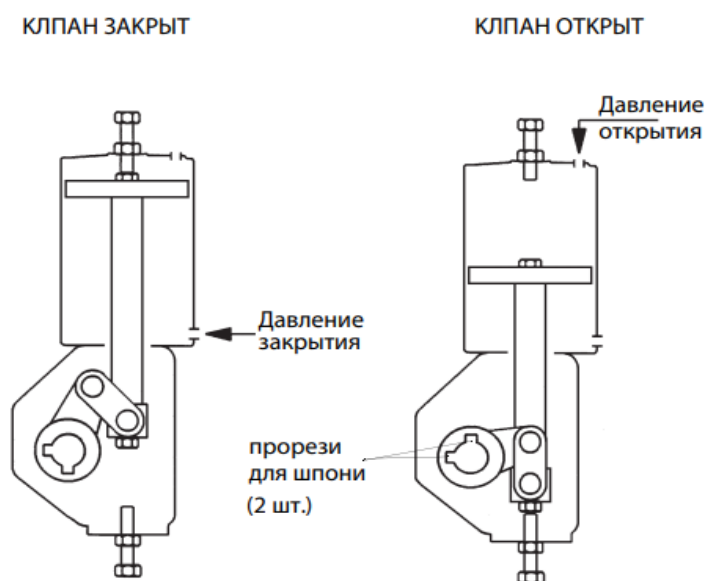


Рис. 35. Пневматический исполнительный механизм Neles B1C двухстороннего действия

#### Поршневые исполнительные механизмы с вращательным движением

Вращательное движение выходного вала поршневого пневмопривода с ограниченным углом поворота можно получить с помощью пневмоцилиндров с линейным перемещением штока в сочетании с передаточным механизмом реечного, рычажного или винтового типов.

Наиболее распространенным из-за своей надежности и простоты конструкции является привод с зубчато-реечной передачей. Он применяется для преобразования усилия, создаваемого давлением сжатого воздуха во вращательный момент на валу пневмопривода. Такие пневмоцилиндры имеют ограниченный угол поворота, который лежит в пределах от 0 до 360°.

В поршневых ИМ вращательного (неполноповоротного) действия с реечно-зубчатым зацеплением состоит из цилиндра, в котором поршень со штоком в виде зубчатой рейки, под воздействием давления управляющей среды, перемещаясь поступательно. В процессе работы шток поворачивает цилиндрическое зубчатое колесо с валом, а вместе с ним шпиндель регулирующей арматуры. Поворот шпинделя арматуры при этом осуществляется на угол 90°.

Поршневые ИМ вращательного (неполноповоротного) действия с реечно-зубчатым зацеплением могут быть двухстороннего или одностороннего действия.

На рис. 36 показан поршневой ИМ двустороннего действия компании Metso. В этом приводе рычажный механизм преобразует линейное движение поршня во вращательное до 90° (Макс. 98°) движение вала.



Рис. 36. Поршневой ИМ двустороннего действия компании Metso

#### Фильтры

Воздух в пневматической магистрали должен быть предварительно очищен. Высокие требования предъявляются к очистке воздуха, подаваемого на цифровые позиционеры. Для обеспечения надежной работы цифровых позиционеров необходимо использовать прецизионные фильтры.

#### Пневматические усилители

Усилители давления предназначены для поддержания давления в пневматической магистрали. Они позволяют сэкономить электроэнергию и снять нагрузку с основного компрессора. На рис. 37 и 38 изображены внешний вид и устройство усилителя давления SMC VBA10A:



Рис. 37. Усилитель давления SMCVBA10A

При работе усилителя (см. рис.38) со стороны входа поток сжатого воздуха устремляется через обратный клапан в усилительные камеры А и Б, а затем через регулятор и пневмораспределитель в приводную камеру Б.

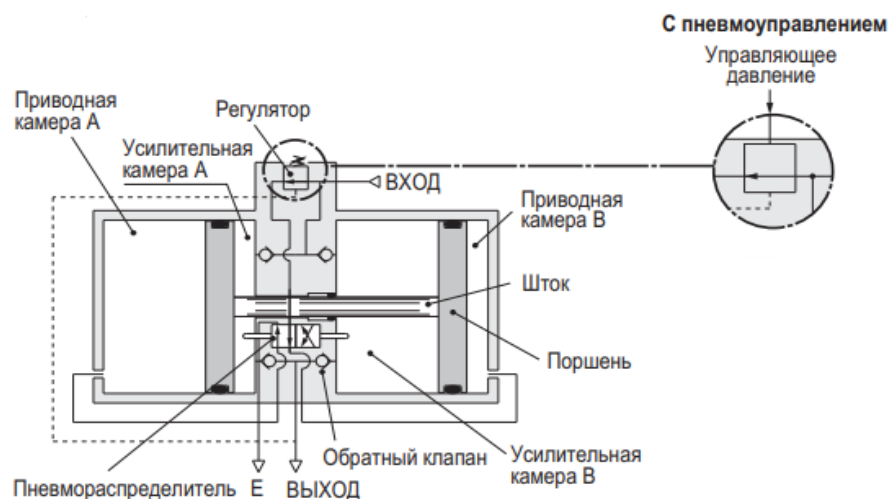


Рис. 38. Устройство усилителя давления SMC VBA10A

Под действием давления в усилительной камере А и приводной камере В сдвоенный поршень перемещается, в результате чего сжатый воздух сжимается в усилительной камере В и направляется к выходу через обратный клапан. Когда сдвоенный поршень В достигает своего крайнего положения, он переключает распределитель таким образом, что начинается деаэрация приводной камеры В и заполнение сжатым воздухом приводной камеры А. Процесс развивается теперь в противоположном направлении. Давление на выходе постоянно контролируется благодаря обратной связи с регулятором.

#### Электропневматические преобразователи

Электропневматические преобразователи (ЭПП) это устройства, предназначенные для пропорционального преобразования электрического сигнала в пневматический для управления пневматическими исполнительными механизмами.

Существует большое разнообразие ЭПП, применяемых в АСР. В пособии приводится электропневматический преобразователь серии ITV1000 компании SMC. Данный преобразователь предназначен для преобразования унифицированного токового сигнала 4-20 мА на входе в пропорциональное ему давление воздуха на выходе. Общий вид электропневматического преобразователя SMC ITV1000 представлен на рис. 39:



Рис. 39. Общий вид электропневматического преобразователя SMCITV1000

Электропневматический преобразователь состоит из работающих в паре впускного и выпускного клапанов (1 и 2) с электромагнитным управлением, соединенных с камерой управления (3). В камере управления (3) расположена мембрана (4), которая своим жестким центром через шток соединена с клапаном (5) подачи давления питания и клапаном выхлопа (6). Выходной канал регулятора по каналу обратной связи соединен с камерой, расположенной под мембраной (4), и с датчиком давления (7), сигнал с которого поступает в блок управления (8). На блок управления (8) поступает напряжение питания, электрический управляющий аналоговый дискретный сигнал. Блок (8) снабжен дисплеем, показывающим давление на выходе регулятора (рис. 11).

В процессе работы преобразователя (рис. 40) при увеличении входного управляющего сигнала впускной клапан (1) включается, а выпускной клапан (2) выключается. Таким образом, давление питания через впускной клапан (1) поступает в камеру управления (3) и действует на мембрану (4) сверху. При этом снизу через канал обратной связи на мембрану (4) действует давление на выходе регулятора. Под действием увеличивающегося давления управления сверху мембрана (4) перемещается вниз и через шток открывает клапан (5) подачи давления, приводя к пропорциональному увеличению давления на выходе регулятора. Выходное давление по каналам обратной связи поступает в камеру под мембрану и на датчик давления (7). После преобразования этот сигнал приходит в блок управления (8), где сравнивается с входным электрическим сигналом. На рис. 40 показана принципиальная схема электропневматического преобразователя серии ITV:

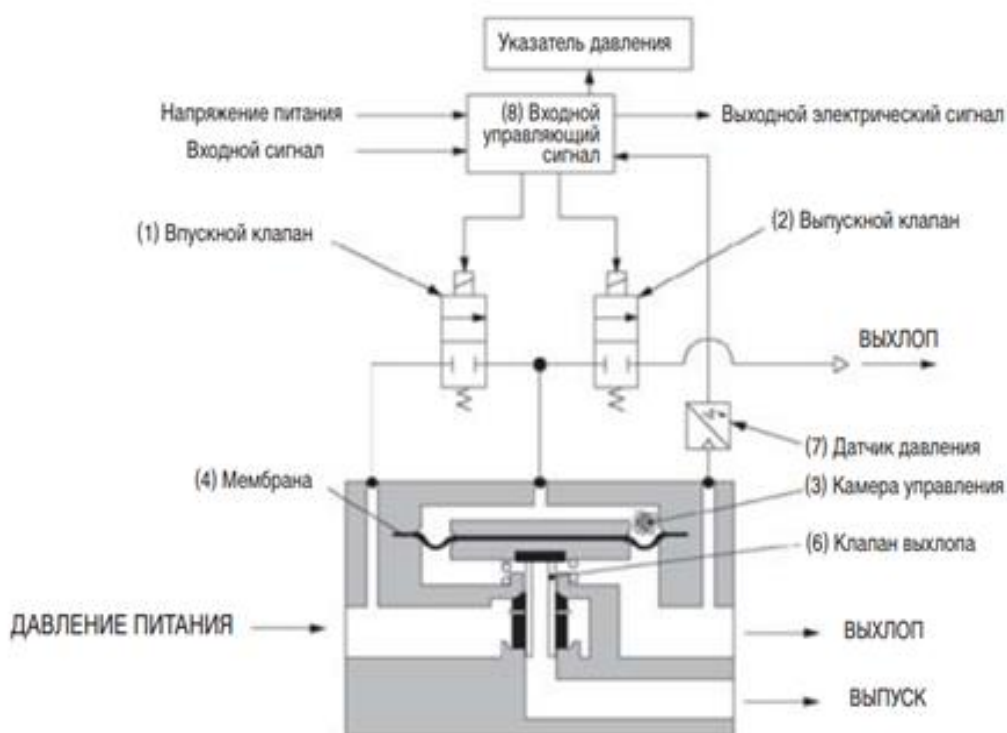


Рис. 40. Принципиальная схема электропневматического преобразователя серии ITV

Таким образом, перемещение мембраны (4) вниз, а вместе с этим и увеличение выходного давления будут происходить до тех пор, пока не уравновесится мембрана (4) под действием давлений на нее сверху и снизу и сигнал рассогласования в блоке управления (8) между входным управляющим сигналом и сигналом обратной связи не станет равным нулю.

При уменьшении входного управляющего электрического сигнала происходит выключение впускного клапана (1) и включение выпускного клапана (2). В результате камера управления (3) через выпускной клапан (2) соединяется с выхлопом, и давление в ней падает. Далее клапан (5) подачи давления закрывается, а клапан выхлопа (6) открывается, соединяя выходной канал регулятора с его выхлопом. Поэтому давление на выходе регулятора входного управляющего уменьшается пропорционально уменьшению электрического сигнала.

### Электропневматические позиционеры

Электропневматические позиционеры (позиционеры) это устройства, конструктивно и функционально связанные с пневматическими исполнительными механизмами, которые преобразуют входной электрический сигнал в давление сжатого воздуха для управления пневматическими ИМ. Позиционеры обеспечивают высокую точность перемещения выходного элемента (штока или вала) пневматических исполнительных механизмов с помощью обратной связи по положению выходного элемента. На рис. 41 показан позиционер SITRANSVP300 в сборке с мембранным ИМ:



Рис. 41. Позиционер SITRANSVP300 в сборке с мембранным ИМ

Позиционеры могут применяться с поршневыми и мембранными пневматическими исполнительными механизмами, использующими поворотную или прямоходную регулирующую арматуру.

Позиционеры обеспечивают пропорциональную зависимость между выходным давлением воздуха и входным токовым управляющим сигналом.

Позиционеры по сравнению с электропневматическими преобразователями обеспечивают более высокую точность управления технологическим процессом.

В системах управления технологическими процессами большое применение находят как традиционные позиционеры с аналоговой обработкой сигналов, так и цифровые. В пособии, в качестве примера, рассмотрены позиционеры NE 700 и ND 9000.

На рис. 42 представлен внешний вид аналогового электропневматического позиционера Neles NE 700:



Рис. 42. Электропневматический позиционер Neles NE 700

В таблице 2 представлены технические характеристики позиционера Neles NE 700:

Таблица 2. Технические характеристики позиционера Neles NE 700

| Тип                                                                          | NE 700                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Стандартный входной сигнал                                                   | 4-20 мА, 0-20 мА                                            |
| Угол поворота оси обратной связи макс.                                       | 95°                                                         |
| Зависимость угла поворота от входного сигнала                                | линейная                                                    |
| Давление питания                                                             | 0.14 - 0.8 МПа, 1.4 - 8 бар                                 |
| Влияние давления питания                                                     | 0,2 % / 10 КПа                                              |
| Эксплуатационные характеристики с приводом при постоянной умеренной нагрузке | мертвая зона <0,3 %<br>гистерезис <0,7 %<br>линейность <2 % |

На рис. 43 представлена схема аналогового электропневматического позиционера NE 700:

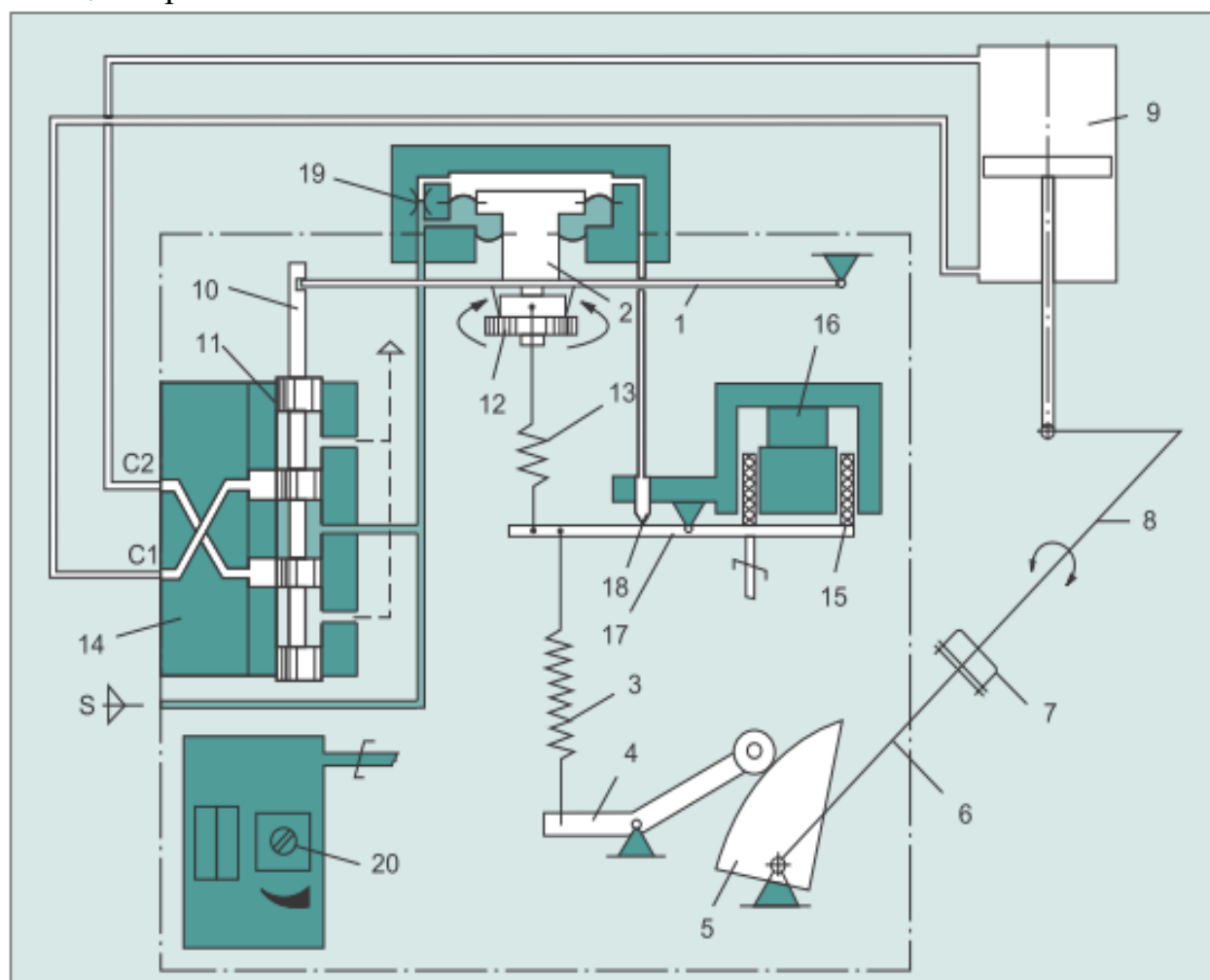


Рис. 43. Схема электропневматического позиционера NE 700:

1 - балочка; 2 - поршень мембранного узла; 3 - пружина обратной связи; 4 – рычаг; 5 – кулачок; 6 - ось обратной связи; 7 – муфта; 8 - ось привода; 9 – привод; 10 – золотник; 11 - корпус золотника; 12 - регулирование нулевого положения; 13 - пружина внутреннего контура обратной связи; 14 - переключатель направления действия; 15 - катушка, 16 - постоянный магнит; 17 - реверсивный рычаг катушки, 18 – сопло; 19 – дроссель; 20 - регулировка диапазона

Принцип действия позиционера. Катушка (15), установленная в магнитном поле постоянного магнита, образует усилие, пропорциональное управляющему сигналу на рычаге катушки (17). Пружина обратной связи (3) образует обратный момент на рычаге катушки (17) в зависимости от угла поворота оси привода пневматического исполнительного механизма. Движение оси передается через муфту (7), ось обратной связи (6), кулачок (5) и рычаг (4) на нижний конец пружины обратной связи (3). Сопло (18) реагирует на балансовое состояние рычага катушки (17). Когда входной сигнал возрастает, балочка (1) закрывает сопло (18), давление в сопле увеличивается и мембранный поршень (2), балочка (1) и золотник (10) движутся вниз.

Золотник (10, 11) направляет поток воздуха на верхнюю часть поршня привода и с его нижней части в выходное отверстие. Благодаря разнице давлений, сила поршня преодолевает фрикционные и динамические усилия и передвигает поршень привода пневматического исполнительного механизма в положение, соответствующее новому сигналу. Усилия на рычаге катушки (17) сбалансированы.

Пружина (13) вызывает отрицательное обратное движение между первой ступенью усиления, состоящей из сопла (18), переднего дросселя (19) и мембранного поршня (2), и второй, включающей в себя золотник (10, 11) и привод. Изменяя место крепления нижнего конца пружины на рычаге катушки (17), можно настроить динамику позиционера в соответствии с размером привода. Дифференциальные мембраны компенсируют перепады давления питания. Ноль настраивается при помощи гайки (12), а диапазон - по потенциометру (20).

В данной схеме позиционер является регулятором следящей системы регулирования угла поворота вала привода ПИМ, в которую входят: объект управления - привод пневматического исполнительного механизма; регулируемый параметр - угол поворота вала привода ПИМ; задание (переменное) - величина управляющего сигнала регулятора (контроллера) АСР технологического параметра. Обратная связь по положению вала привода осуществляется с помощью пружины 3.

Позиционер обеспечивает соответствие положения вала привода ИМ управляющему сигналу регулятора (контроллера) АСР при действии нагрузки на затвор и подвижные соединения РО со стороны регулируемой среды.

### Цифровые позиционеры

С развитием электронно-вычислительной техники и технологии цифровой передачи данных значительное развитие получили цифровые позиционеры. Они предоставили пользователям совершенно новые возможности, касающиеся более точной и надежной обработки цифровых сигналов, обработки получаемой информации, созданию баз данных и использования контроллеров в процессе непрерывного получения и обработки данных.

Это в свою очередь позволило создавать новые инструменты для диагностики и существенно улучшило показатели работы позиционеров, качество регулирования и повысило возможности диагностики онлайн.

Сейчас все больше наблюдается переход к интеллектуальной обработке информации, получаемой и обрабатываемой позиционером, развитием программно-диагностических комплексов для учета большего количества параметров, в связи с чем цифровые позиционеры называют интеллектуальными или смарт позиционерами.

Развитием позиционера NE 700 является цифровой позиционер (интеллектуальный клапанный контроллер) Neles ND 9000, вид и схема которого изображены на рис. 44 и 45:



Рис. 44. Цифровой позиционер Neles ND 9000

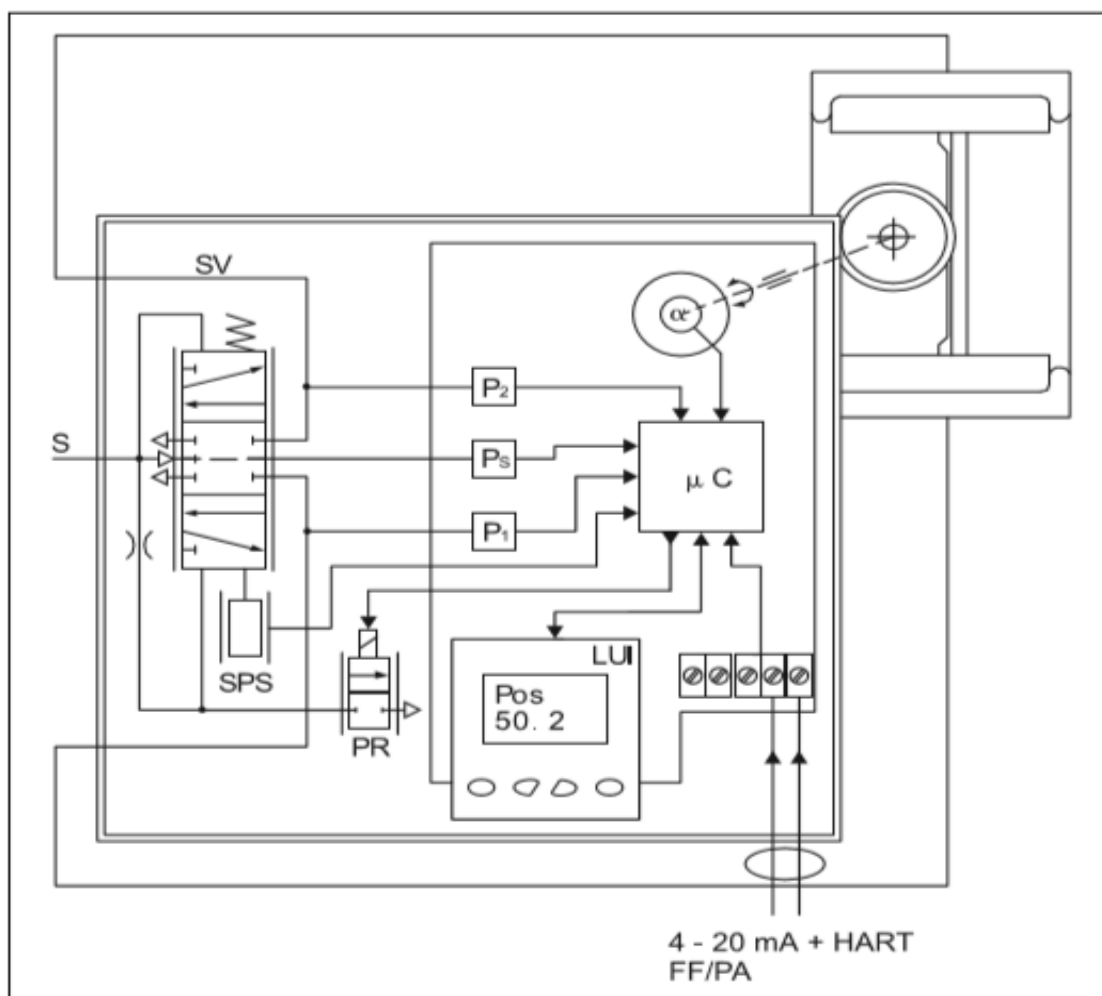


Рис. 45. Схема цифрового позиционера Neles ND 9000

Принцип действия: Микроконтроллер (uC) следит за входным сигналом, датчиком положения (с:), сенсорами давления (Ps, P1, P2) и сенсорами положения золотника (SPS). Контрольный алгоритм в микроконтроллере определяет разницу между входным сигналом и измерениями датчиком положения (а). На основании данных сенсоров и входного сигнала микроконтроллер рассчитывает новое значение силы тока для обмоток клапана предварительного регулирования. (PR). Изменение силы тока в PR понижает давление в золотниковом клапане (SV). Уменьшение давления перемещает золотник, при этом соответственно меняется давление в приводе. Золотник открывает входящему воздуху доступ в ведущую часть привода с двойной мембраной, а выходящему воздуху – выход с противоположной стороны привода. Растущий перепад давления перемещает поршень диафрагмы, поворачивая привод и ось обратной связи. Датчик положения (о) передает сведения об угле поворота на микроконтроллер. Микроконтроллер рассчитывает по контрольному алгоритму новое значение управляющего тока на PR, до тех пор, пока положение привода не будет соответствовать входному управляющему сигналу.

Позиционер 900 ND 9000 имеет локальный интерфейс для контроля положения клапана, заданного положения клапана. Локальный интерфейс позволяет два режима работы – АУ (AUTO) и РУ (MAN). В режиме АУ позиционер осуществляет регулирование положения клапана в соответствии с управляющим сигналом 4-20 м А. В режиме РУ положение клапана можно регулировать вручную.

В режиме дистанционного управления используется программа Field Care для диагностики регулирующего клапана.

Технические характеристики позиционера ND 9000 представлены в таблице 3:

Таблица 3. Технические характеристики позиционера ND 9000

|                                   |                                        |
|-----------------------------------|----------------------------------------|
| Серия                             | ND9100 - стандартный,                  |
| Тип                               | Интеллектуальный клапанный контроллер  |
| Входной сигнал                    | 4 - 20 мА или 0-100 %                  |
| Давление питания                  | 1.4 - 8 бар                            |
| Коммуникации                      | HART, Profibus PA, Foundation fieldbus |
| Диапазон перемещения:<br>линейный | 10 – 120 мм                            |
| Угол поворота                     | 45° – 95°                              |
| Качество воздуха                  | от 3 до 5 мкм                          |

Интеллектуальный позиционер ND 9000 имеет расширенную диагностику, в неё входит:

- самодиагностика;
- оперативная диагностика;
- диагностика эксплуатационных характеристик;
- диагностика передачи данных;
- расширенные возможности независимого тестирования;
- отображение характеристик работы клапана в режиме реального времени.

Схема оценки параметров и определения возможных неисправностей позиционера и клапана показана на рис. 46:

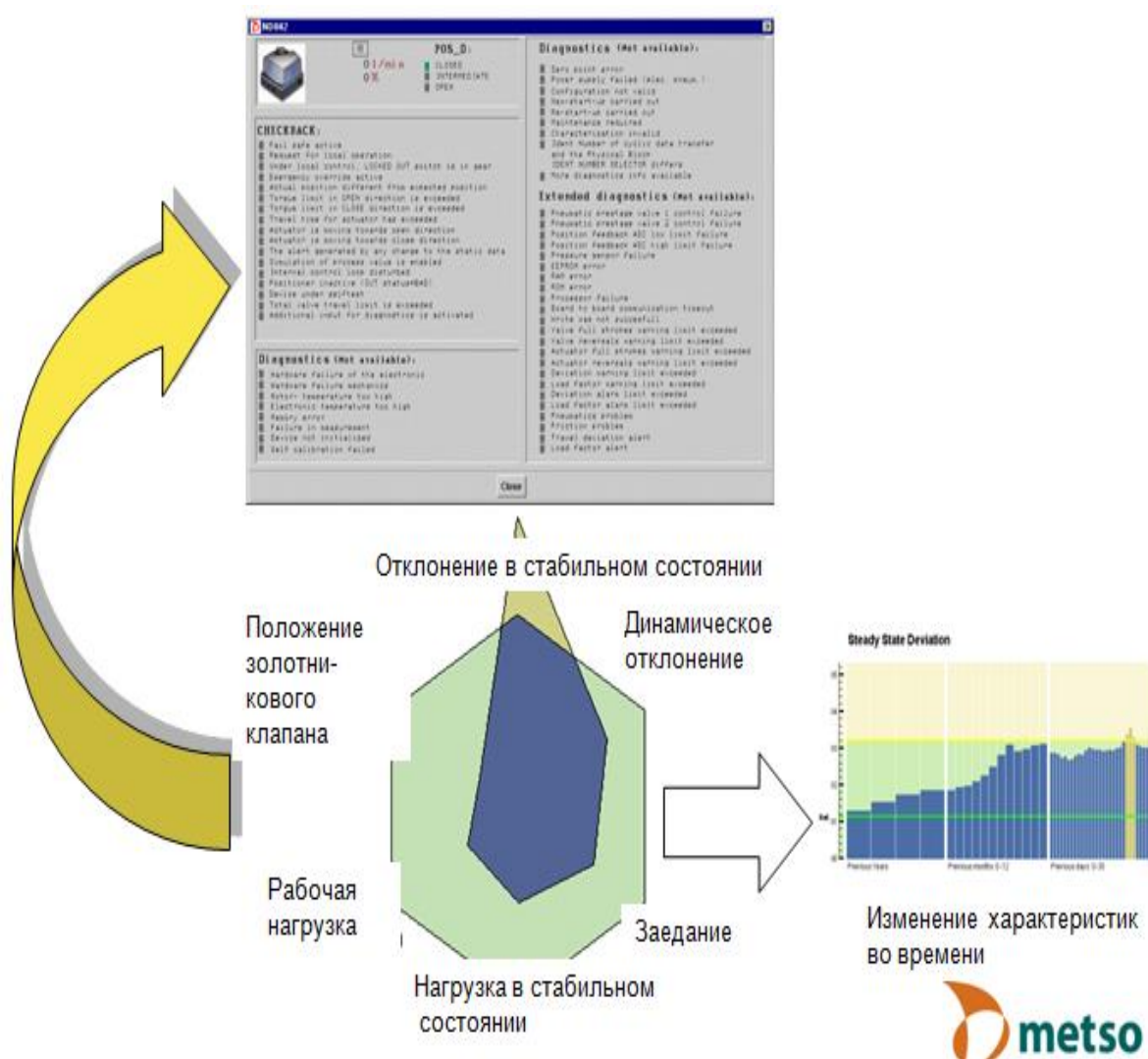


Рис. 46. Схема определения неисправностей цифровым позиционером ND 9000

С использованием программно-диагностических комплексов удастся контролировать состояние всей арматуры, на которой установлен позиционер и предоставлять информацию АСУ технологическим процессом.

Отечественные электропневматические преобразователи и позиционеры выпускаются Саранским заводом "Саранскприбор".

В таблице 4 приведены технические позиционеров Саранского завода:

Таблица 4. Технические характеристики позиционеров

| Тип                                                                                                                                                                                                                                                               |                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Входной сигнал                                                                                                                                                                                                                                                    | 0–5; 0–20; 4–20 мА.                |
| Давление питания                                                                                                                                                                                                                                                  | 250, 400, 600, 630 кПа             |
| Допускаемое отклонение давления воздуха питания от номинального значения                                                                                                                                                                                          | $\pm 10\%$ .                       |
| Классы загрязненности воздуха питания                                                                                                                                                                                                                             | 1 или 3 класса по ГОСТ 17433-80.   |
| Позиционеры с возвратно-поступательным движением выходного вала исполнительного механизма обеспечивают условный ход исполнительного механизма, соответствующий ряду                                                                                               | 10; 16; 25; 40; 60; 100 мм.        |
| Электропневматические позиционеры для поворотных исполнительных механизмов имеют:<br>угол поворота выходного вала $90^\circ$<br>класс точности<br>предел допускаемой основной погрешности, выраженной в процентах от величины условного хода, не должен превышать | $90^\circ$<br>1,0<br><br>$\pm 1,0$ |

В АСР с пневматическими ИМ в качестве электропневматических устройств применяются электропневматические преобразователи и позиционеры, имеющие различные конструкции, технические характеристики и функциональные возможности.

При разработке АСР в курсовом проекте необходимо сначала выбрать вид электропневматического устройства - электропневматический преобразователь или позиционер. При выборе следует учитывать требования к точности регулирования технологического параметра. Если к АСР предъявляется повышенное требование к точности регулирования, тогда рекомендуется использовать позиционер. Для АСР с не высокой точностью регулирования можно выбрать электропневматический преобразователь.

Затем при выборе типа позиционера или электропневматического преобразователя следует учитывать требования к техническим характеристикам, конструкции и функциональным возможностям этих устройств.

## Принципы управление пневмоприводами

### Внешнее управление

В этом варианте контроллер управляет пневмоприводом. На контроллер подается задающий сигнал с ЗУ и сигнал обратной связи с измерительного преобразователя. Для ввода задания может быть использован ручное задающее устройство, панель НМІ локального управления и АРМ оператора. На контроллер вводятся также сигналы с ЭПП или позиционера. В системах управления применяются отдельные блоки управления и преобразователи: например, блоки ручного управления БРУ, электропневматические преобразователи и позиционеры.

Такой принцип управления находит применение в локальных системах автоматизации технологических объектов и в АСУ технологическими процессами с централизованным управлением пневмоприводами.

Для соединения полевых устройств (измерительных преобразователей и позиционеров) с контроллером применяются параллельная проводка кабелей для каждого устройства. Для размещения контроллеров, блоков управления и электропневматических преобразователей используется шкаф управления. Позиционеры монтируются на пневмоприводах.

### Применение встроенных блоков управления

Для расширения функциональных возможностей систем управления технологическими процессами применяются цифровые позиционеры с встроенными блоками управления (местными панелями управления - локальными интерфейсами). В системах управления пневмоприводами с цифровыми позиционерами компаний Neles, SMC, Siemens и др. задающий сигнал и сигнал обратной связи с измерительного преобразователя регулируемого параметра подаются на контроллер. Для ввода задания используется панель НМІ локального управления и АРМ оператора.

Режим автоматического управления выполняется контролером. Режим ДУ осуществляется с АРМ оператора и панели НМІ локального управления, а режим РУ – с местной панели (локального интерфейса)

На АРМ оператора и панель НМІ локального управления передаются все сигналы с датчиков с возможностью просмотра трендов и графиков.

При реализации систем управления приводами с цифровыми позиционерами не требуются отдельные блоки управления, как это было в случае внешнего управления.

Такой принцип управления применяется в АСУ технологическими процессами с централизованным управлением приводами исполнительных механизмов. Он также находит применение и в локальных системах автоматизации технологических объектов. В АСУ входят АРМ оператора (на базе SCADA), контроллер, панель НМІ локального управления и полевые устройства (измерительные преобразователи и пневмоприводы с цифровыми позиционерами). Контроллер подключается к сети производства Ethernet.

Соединение полевых устройств, панели НМІ локального управления с контроллером в АСУ осуществляется посредством интерфейса полевых шин RS-485 (протоколы HART, PROFIBUS, Foundation fieldbus). Отсутствует параллельная проводка кабелей для полевых устройств. Шкаф управления используется только для контроллера

### Применение цифрового интерфейса

В данном подразделе рассматривалось применение цифрового интерфейса в распределенных системах управления с электроприводами. В PCY технологическими и производственными процессами с полевой шиной Foundation Fieldbus, обеспечивающей мощную коммуникационную сеть передачи данных используются как электроприводы со встроенными блоками управления, так пневмоприводы с цифровыми позиционерами.

Такой принцип передачи данных позволяет перенести управление на полевой уровень, разгружая верхний уровень систем автоматизированного управления технологическими процессами.

### Оформление заказной спецификации на технические средства автоматизации

К техническим средствам автоматизации АСУ относятся контроллеры, АРМ оператора, панели НМІ локального управления, измерительные преобразователи (в комплекте), блоки управления, преобразователи, исполнительные устройства (исполнительные механизмы и регулирующие органы), шкафы управления, а также вспомогательные устройства, необходимые для работы средств автоматики.

Все выбранные технические средства автоматизации оформляются в виде заказной спецификации средств автоматизации, которая является частью заказной спецификации оборудования и имеет стандартную форму.

Заказная спецификация технических средств автоматизации оформляется в виде таблицы (форма приведена в табл. 5):

Таблица 5. Форма заказной спецификации технических средств автоматизации

| Позиция | Наименование и техническая характеристика | Тип, марка | Код оборудования | Завод-изготовитель | Единица измерения | Кол-во | Масса единицы | Примечание |
|---------|-------------------------------------------|------------|------------------|--------------------|-------------------|--------|---------------|------------|
| 1       | 2                                         | 3          | 4                | 5                  | 6                 | 7      | 8             | 9          |
|         |                                           |            |                  |                    |                   |        |               |            |

## 6.5. Разработка технической структуры АСР

После выбора технических средств автоматизации и управления разрабатывается техническая структура АСР, реализующая выбранный способ управления, удовлетворяющая требованиям к информационной, энергетической и конструктивной совместимости средств автоматизации.

При разработке технической структуры АСР должны быть учтены требования к АСР, указанные в п. 6.2. Если требования не будут выполняться, тогда потребуется вносить изменения в проект АСР.

На данном этапе проектирования необходимо учитывать особенности АСР, связанные с её функциональными возможностями. К ним относятся: способность обеспечения требуемого уровня автоматизации технологического объекта, режимы работы АСР; способ ввода задания; способ формирования закона регулирования; способ управления приводом и конструктивные особенности регулирующей арматуры.

При автоматизации технологических объектов с ограниченным применением средств автоматики, используются преимущественно локальные АСР. Они достаточно просты в эксплуатации и не требуют высокой квалификации персонала.

При автоматизации сложных технологических процессов и производств с применением АСУ или РСУ используются АСР, входящие в состав АСУ или РСУ. Такие АСР имеют большие функциональные возможности чем локальные АСР.

Для ввода задающего сигнала в АСР можно использовать ручной задатчик, панель НМІ местного управления или автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора АСУ. При выборе способа ввода задания следует учитывать особенности применения АСР рассмотренные выше.

В состав локальной АСР обычно входят: ручной задатчик (РЗД), контроллер, блок ручного управления, преобразователь, ИМ, РО, измерительный преобразователь или измерительные преобразователи, средства отображения и регистрации информации. Шкаф управления (РЗД, контроллер, блок ручного управления, преобразователь, средства отображения и регистрации информации).

Управление сложными технологическими процессами в промышленности осуществляется АСУ или РСУ с применением современных информационных технологий и средств коммуникации. В этой связи при разработке АСР следует учитывать требования к техническим средствам, информационному и программному обеспечению АСУ и РСУ.

Далее приведены примеры разработки АСР, входящих в подсистему управления АСУ.

Техническая реализация АСР, входящих в состав АСУ может быть различна. Основными вариантами применения средств автоматизации и управления в АСР являются:

1. АРМ оператора, контроллер, блок ручного управления, преобразователь, ИМ, РО, измерительный преобразователь или измерительные преобразователи. Шкаф управления (контроллер, БУ, преобразователь).
2. АРМ оператора, панель НМІ, контроллер, ИМ со встроенным блоком управления, РО измерительный преобразователь или измерительные преобразователи. Шкаф управления (контроллер).

При выборе встроенного блока управления следует учитывать тип привода и способ управления приводом. Для приводов МЭО, МЭОФ, МЭП и МЭМ используются встроенные блоки КИМ1, КИМ2 и КИМ3. Выбор блока зависит от способа управления приводом.

Для приводов АУМА применяются встроенные блоки управления АУМА МАТІС АМ или АС. Выбор блока управления зависит от типа привода способа управления приводом.

При разработке технической структуры АСР необходимо учитывать вид сигнала управляющего устройства: двухпозиционный (релейный), трехпозиционный (широтно-импульсный) или аналоговый.

В первом случае вал привода перемещается на полную величину, во втором случае — на величину, пропорциональную длительности импульса управляющего напряжения, а в приводах третьего типа — пропорционально величине амплитуды управляющего сигнала.

В каждом варианте технической реализации АСР, входящих в состав АСУ, АРМ оператора и контроллер подключаются обычно к сети производства Ethernet. Для подключения остальных устройств используется обычный кабель или соединение по шине двухпроводным кабелем (витая пара) с интерфейсом RS-485 (Modbus RTU). Современные контроллеры имеют интерфейсные модули для расширения набора модулей, подключаемых к процессору по его внутренней шине; модули ввода/вывода сигналов, функциональные модули для регулирования, модули – коммуникационные процессоры для работы в сетях PROFIBUS, Industrial Ethernet или Modbus RTU с интерфейсом RS-485. Выбор способа подключения определяется требованиями к каналам передачи информации в АСУ.

В разрабатываемых проектах АСР по дисциплине "Средства автоматизации и управления", в основном, применяются типовые линейные ПИ и ПИД регуляторы, а также нелинейные регуляторы с двухпозиционным (релейным) законом регулирования. При выборе закона регулирования учитываются динамические свойства технологического объекта и требования к качеству управления АСР.

При применении ПИ и ПИД регуляторов с аналоговым выходным сигналом необходимо использовать пропорциональные электрические и пневматические приводы совместно с позиционерами.

При применении ПИ и ПИД регуляторы с трехпозиционным (широтно-импульсным) выходным сигналом) следует использовать интегрирующие однооборотные электрические приводы постоянной скорости, например, МЭО, МЭОФ, МЭП или подобные совместно с пускателями.

При применении регуляторов с двухпозиционным законом регулирования «Открыть»-"Заккрыть") рекомендуется применять многооборотные электрические приводы, например, МЭМ.

В курсовом проекте могут использоваться различного вида приводы исполнительных механизмов как обычные, так и интеллектуальные. При проектировании АСР применяются различные блоки управления и преобразователи приводов. Выбор блока управления и преобразователя зависит от способа управления приводом.

В разрабатываемой АСР должны быть реализованы следующие режимы управления: автоматический (АУ), дистанционный (ДУ) и ручной (РУ). Для реализации этих режимов используется контроллер, АРМ оператора, панель НМІ локального управления и блок управления. Техническая реализация Режимов АУ, ДУ и РУ может быть различна. Она зависит от принципа управления приводом, его технических характеристик и особенностей блоков БУ. В пособии далее рассматривается пример применения блока АС компании АУМА.

Ручное (местное) управление осуществляется с помощью кнопок панели блока управления АУМАТИС АС. Команды управления "Открыть, Стоп, Заккрыть". Имеется также возможность управление положением привода с помощью ручного дублера.

Перевод с ручного режима на дистанционный осуществляется с помощью переключателя на блоке управления. Переключатель трёхпозиционный : "РУ – ВЫКЛЮЧИТЬ – ДУ". Запирается в трех позициях замком. Это предотвращает неавторизованный доступ.

Для управления приводом в дистанционном режиме ключ-селектор БУ переводится в положение "ДУ" либо изменить режим работы на дистанционный программно с АРМ. Управление приводом можно осуществлять с НМІ панели либо с АРМ.

Режим автоматического управления осуществляется контроллером АСУ или ПИД- регулятором встроенного блока управления АУМАТИС АС.

При разработке технической структуры АСР необходимо выбрать способ соединения соединения привода с регулирующим органом. Рекомендуется использовать непосредственное соединение ИМ с РО. Если будет использоваться кинематическая связь, например, для соединения направляющего аппарата дымососа с исполнительным механизмом МЭО, тогда КС должна изображаться на схеме технической структуре АСР

На схеме технической структуры АСР необходимо наглядно представить все средств автоматизации и управления. При изображении контроллера показать центральный процессор CPU и устройство сопряжения с объектом (УСО).

В следующем подразделе 6.6. данного пособия будет показан выбор модулей ввода /вывода УСО контроллеров " КР-500" и Simatic S7- 1200.

На схеме показывается способ ввода задающего сигнала на контроллер. При использовании блока ручного управления (БРУ) представить его упрощенную схему на технической структуре АСР.

Показать информационные сигналы со всех измерительных преобразователей не только технологических параметров, но и дополнительных параметров (угол поворота, величина перемещения выходного элемента ИМ или скорость вращения вала привода ИМ и др.).

Информационные и управляющие сигналы показываются с величинами их диапазонов изменения согласно техническим данным средств автоматизации, представленные в п. 6.4. В случае применения полевой шины указать интерфейсы и протоколы передачи данных.

В пояснительной записке требуется описать принцип работы, разработанной АСР в автоматическом, дистанционном и ручном режимах управления.

В Приложении 8 представлен пример технической структуры АСР с электроприводом МЭО.

## **6.6. Конфигурирование контроллера АСР**

Целью конфигурирования контроллера АСР является выбор аппаратной части (hard wear) и программ (soft wear) контроллера, необходимых для управления технологическим процессом.

В курсовом проекте требуется провести конфигурирование контроллера и разработать функциональную схему регулятора АСР.

В настоящем пособии рассмотрены основные задачи и этапы конфигурирования контроллеров КРОСС КР-500 и Simatic S7-1200. Приводятся примеры конфигурирования данных контроллеров

### **Конфигурирование контроллера КР 500**

Контроллер КР-500 применяется в распределенных и локальных АСУ ТП в различных отраслях промышленности, включая атомные электростанции (АЭС).

КР 500 является программно-логическим (проектно-компонентным) контроллером.

Коммуникационные возможности контроллера реализованы на основе портов, поддерживающих интерфейсы RS-232, RS-485, USB, Ethernet.

В конфигурацию контроллера входят: - блоки процессора и микроконтроллеров; модули устройства связи с объектом (УСО). При конфигурировании определяется устройства, входящие в состав контроллера с учетом требований к разрабатываемой системе управления.

## Программное обеспечение

Для разработки программ пользователя в контроллере КР-500 применяются два языка программирования, функционирующих в операционной системе Windows:

- язык функциональных блоков (ФАБЛ) класса FBD (с библиотекой из более 200 алгоритмов);
- язык процедурного текста ПРОТЕКСТ (ПРОТЕКСТ) класса ST;

Язык ФАБЛ удобен для программирования задач регулирования, язык ПРОТЕКСТ – для программирования задач логико-программного управления, пусков, остановов, математической обработки информации.

Язык ФАБЛ предназначен для соединения в цепочки древовидной структуры библиотечных алгоритмов. Чтобы писать на этом языке, не требуется навыков программиста. На языке ФАБЛ удобно составлять программу пользователя, в которой используются стандартные регуляторы и функции ввода-вывода

Язык ПРОТЕКСТ является технологическим языком высокого уровня класса «Структурированный текст» и ориентирован на решение логических задач и задач обработки данных по алгоритмам пользователя.

## Виртуальная структура контроллера

Виртуальная структура контроллера позволяет представить его в виде звеньев системы автоматического регулирования в терминах и понятиях традиционных для АСР. Физическая структура преобразуется в виртуальную с помощью программного обеспечения контроллера.

Виртуальная структура включает:

- средства ввода-вывода информации;
- средства оперативного управления и настройки;
- средства интерфейсного канала;
- алгоблоки;
- библиотеку алгоритмов.

Общие свойства алгоритмов и алгоблоков

В общем случае алгоритм имеет свои входы, выходы и функциональное ядро. На рис. 47 показан алгоритм интегрирования - ИНТ с обозначениями составных частей алгоритма:

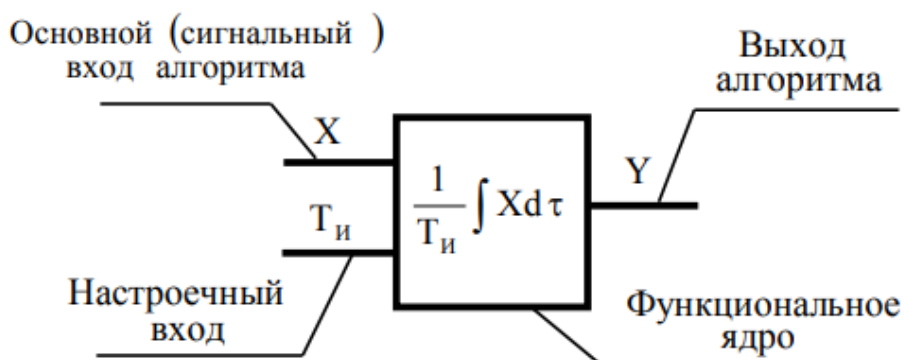


Рис. 47. Составные части алгоритма ИНТ

Входы алгоритма делятся на две группы: сигнальные и настроечные. Сигналы, поступающие на сигнальные входы алгоритма, обрабатываются им в соответствии с назначением алгоритма, а сигналы, поступающие на настроечные входы алгоритма, управляют его параметрами настройки. Так, сигнал, поступающий на настроечный вход алгоритма интегрирования, определяет постоянную времени интегрирования.

На выходе алгоритма формируются сигналы, являющиеся результатом обработки алгоритмов входных сигналов.

Число входов и выходов алгоритма не фиксировано и определяется видом алгоритма.

Алгоритмы размещаются в алгоблоках. Алгоблок реализуется программно. Конфигурирование алгоблоков выполняется путем установки связей между входами и выходами алгоблоков. Алгоблоки обладают следующими свойствами:

1. Функции алгоблока жестко не фиксированы. Они легко изменяются путем замены алгоритма (алгоритмов).

2. Алгоблоки соединяются между собой программно.

Выполнение программы осуществляется путем последовательного выполнения алгоритмов, размещенных в алгоблоках, по порядку увеличения номеров алгоблоков.

В курсовом проекте при конфигурации аппаратной части контроллера КР-500 выбираются модули ввода/вывода УСО. Для ввода аналоговых и дискретных сигналов применяются модули: аналого-цифровые и дискретно-цифровые преобразователи. Для вывода аналоговых и дискретных сигналов применяются модули: цифро-аналоговые и цифро-дискретные преобразователи.

В пояснительной записке для выбранных модулей ввода/вывода УСО должна быть представлена таблицы технических характеристик. В курсовом проекте для конфигурирования пользовательской программы регулятора используется библиотека алгоритмов контроллера КР-500.

Выбор алгоритмов контроллера КР-500 состоит из следующих этапов:

1. Выбор алгоритмов для обмен данными с модулями УСО;
2. Выбор структуры регулятора;
3. Выбор алгоритмов регулятора.

В документации котроллера КР 500 представлены библиотека алгоритмов модулей УСО, алгоритмов регуляторов и типовые структуры регуляторов АСР.

Для выбранных модулей ввода/вывода устанавливаются алгоритмы, обеспечивающие процесс обмена данными с этими модулями УСО в контроллере.

Например, алгоритм ВАМ обеспечивает обмен данными с модулями УСО аналогового ввода МВА, а алгоритм МАВ - с модулями УСО аналогового выхода МАС.

При выборе структуры регулятора необходимо учитывать, что в системах управления технологическими процессами используются различные регуляторы, которые могут иметь аналоговый или импульсный выход, быть локальным или входить в подсистему АСУ ТП, иметь ручное, программное или внешний задающее устройство, иметь или не иметь встроенные средства оперативного управления, выполнять стабилизацию параметра или регулировать соотношение параметров.

С учетом особенностей АСР выбирается структура регулятора. В документации контроллера КР-500 представлены структурные схемы следующих регуляторов:

- регулятор аналоговый;
- регулятор импульсный;
- регулятор каскадный;
- регулятор соотношения двух параметров.

Данные регуляторы являются типовыми и имеют широкое распространение в АСР. При необходимости в структурные схемы этих регуляторов могут вноситься изменения, например, путем ввода дополнительных алгоритмов.

В курсовом проекте структура регулятора АСР выбирается с учетом требования к структуре АСР, представленного в Задании на КП, и вида управляющего сигнала контроллера.

На рис. 48 приведен пример структуры импульсного регулятора, на которой изображены алгоритмы контроллера и связи между ними. На структурных схемах других регуляторов также имеются необходимые алгоритмы контроллеров АСР.

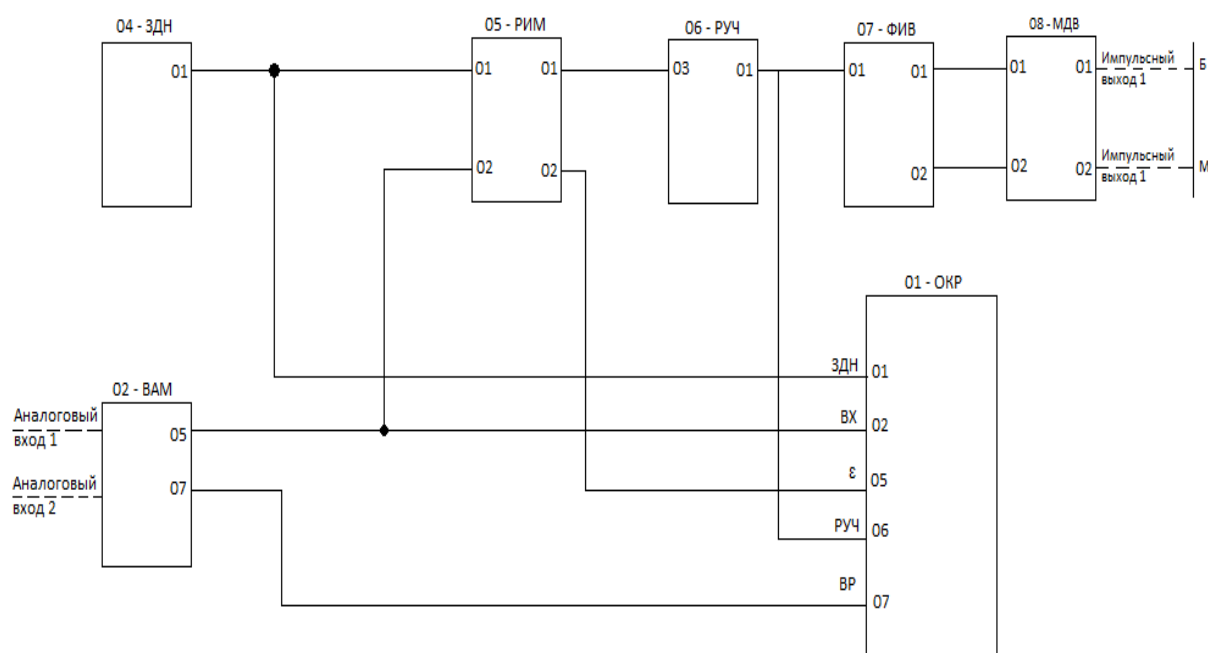


Рис. 48. Структура импульсного регулятора

Первая цифра – номер алгоблока, затем шифр алгоритма. Структура состоит из семи алгоритмов, представленных в таблице 6:

Таблица 6. Состав конфигурации «Регулятор импульсный»

| № алгоблока | Наименование алгоритма                   |
|-------------|------------------------------------------|
| 01          | ОКР – Оперативный контроль регулирования |
| 02          | ВАМ – Ввод с аналоговых модулей УСО      |
| 04          | ЗДН – Задание                            |
| 05          | РИМ – Регулирование импульсное           |
| 06          | РУЧ – Ручное управление                  |
| 07          | ФИВ – Формирователь импульсного вывода   |
| 08          | МДВ – Модуль дискретного вывода          |

На рис. 49 в качестве примера представлена функциональная схема алгоритма РИМ:

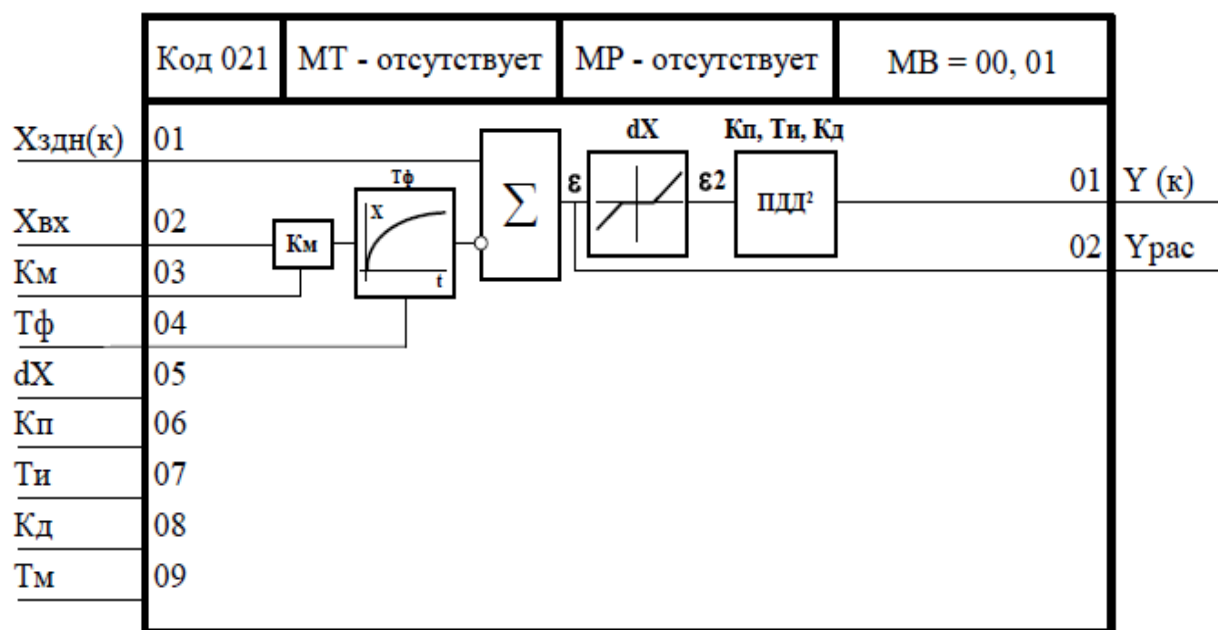


Рис. 49. Функциональная схема алгоритма РИМ

Алгоритм РИМ используется при построении ПИД-регулятора, работающего в комплекте с исполнительным механизмом постоянной скорости. Алгоритм, как правило, применяется в сочетании с алгоритмом импульсного вывода ФИВ, который преобразует выходной аналоговый сигнал алгоритма РИМ в последовательность импульсов, управляющих исполнительным механизмом.

В алгоритме вычисляется сигнал рассогласования, этот сигнал фильтруется, вводится зона нечувствительности.

Звено, выделяющее сигнал рассогласования, суммирует два входных сигнала, при этом один из сигналов масштабируется, фильтруется и инвертируется. Сигнал рассогласования на выходе этого звена (без учета фильтра) равен:

$$\varepsilon = X_1 - K_m * X_2, \quad (1)$$

где  $K_m$  - масштабный коэффициент.

Фильтр нижних частот первого порядка имеет передаточную функцию:

$$W(p) = \frac{1}{1 + T_\phi * p}, \quad (2)$$

где  $T_\phi$  – постоянная времени фильтра.

Зона нечувствительности не пропускает на свой выход сигналы, значения которых находятся внутри установленного значения зоны.

Сигнал  $\varepsilon_2$  на выходе этого звена равен:

$$\varepsilon_2 = 0 \quad \text{при } |\varepsilon| \leq X \Delta / 2; \quad (3)$$

$$\varepsilon_2 = (|\varepsilon| - X \Delta / 2) * \text{sign} \varepsilon \quad \text{при } |\varepsilon| > X \Delta / 2, \quad (4)$$

где  $X \Delta$  - зона нечувствительности.

ПДД<sup>2</sup> звено имеет следующую передаточную функцию:

$$W(p) = K_\Pi * \frac{T_M}{T_i} * \left[ 1 + T_i * p + \frac{K_d * T_i * p}{\left(1 + \frac{1}{8} K_d * T_i * p\right)^2} \right], \quad (5)$$

где  $T_M$  – время полного перемещения исполнительного механизма, движущегося с максимальной скоростью.

В сочетании с интегрирующим исполнительным механизмом, имеющим передаточную функцию  $W_{им}(p) = 1/(T_M * p)$ , общая передаточная функция регулятора с алгоритмом РИМ имеет вид:

$$W_{рег}(p) = W(p) * W_{им}(p) = K_\Pi * \left[ 1 + \frac{1}{T_i * p} + \frac{K_d * T_i * p}{\left(1 + \frac{1}{8} K_d * T_i * p\right)^2} \right], \quad (6)$$

где  $K_\Pi$ ,  $T_i$ ,  $K_d$  – соответственно коэффициент пропорциональности, постоянная времени интегрирования и коэффициент времени дифференцирования, равный  $K_d = T_d / T_i$ .

Алгоритм имеет 2 выхода. Выход  $Y$  - основной выход алгоритма.

На выходе  $Y_\varepsilon$  формируется отфильтрованный сигнал рассогласования.

Входы и выходы алгоритма РИМ представлены в таблице 7:

Таблица 7. Входы и выходы алгоритма РИМ

| Номер | Обозначение | Вх-Вых | Назначение                                   |
|-------|-------------|--------|----------------------------------------------|
| 01    | X1          | Вход   | Немасштабируемый вход (каскадный)            |
| 02    | X2          | “      | Масштабируемый вход                          |
| 03    | Kм          | “      | Масштабный коэффициент                       |
| 04    | Tф          | “      | Постоянная времени фильтра                   |
| 05    | Xε          | “      | Зона нечувствительности                      |
| 06    | Kп          | “      | Коэффициент пропорциональности               |
| 07    | Tи          | “      | Постоянная времени интегрирования            |
| 08    | Kд          | “      | Постоянная времени дифференцирования         |
| 09    | Tм          | “      | Время полного хода исполнительного механизма |
| 01    | Y           | Выход  | Основной выход алгоритма (каскадный)         |
| 02    | Yε          | “      | Сигнал рассогласования                       |

В пояснительной записке КП в данном подразделе 6.6. требуется представить функциональные схемы и описание всех алгоритмов, входящих в состав регулятора АСР. Необходимая информация имеется в библиотеке программ контроллера КР 500.

### Конфигурирование контроллера Siemens S7-1200

Конфигурирование контроллеров S7-1200 производится в единой среде разработки TIA (Totally Integrated Automation) Portal с помощью пакета программ Step 7 (см. рис 50):

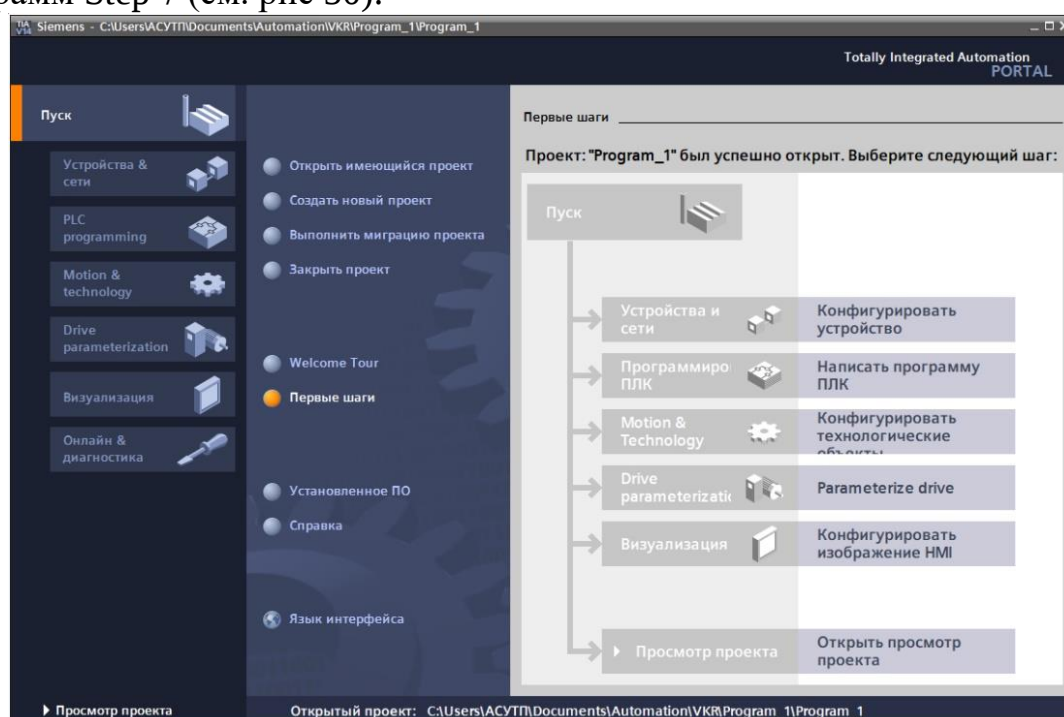


Рис. 50. Окно среды разработки TIA Portal

TIA Portal - единая среда разработки для продуктов Simatic, позволяет:

- Использовать однородную среду разработки для решения задач автоматического управления от полевого уровня до уровня человеко-машинного интерфейса.
- Использовать единый набор сервисных служб для поддержки единой концепции оперативного управления и мониторинга, конфигурирования аппаратуры, организации промышленной связи, диагностики и т.д.

Среда разработки включает в себя следующие функциональные пакеты программ:

- Step 7 – служит для программирования контроллеров S7-1200, S71500, в том числе обеспечивает поддержку старых версий контроллеров S7-300, S7-400 и панелей WinAC;
- WinCC – служит для разработки человеко-машинного интерфейса (от панелей оператора до сложных систем уровня SCADA);
- Start Drive – служит для параметрирования, программирования и диагностики приводов Sinamic;
- PLCSIM – симулятор ПЛК, служит для обработки программного обеспечения без использования физического оборудования.

## Информационное и программное обеспечение для конфигурирования контроллера

### Программное обеспечение

Для конфигурирования контроллера S7-1200 используется пакет Step 7 включенный в состав единой среды разработки TiaPortal.

Step 7 - программный продукт (см. рис. 51) единой среды разработки TiaPortal, содержит широкий спектр инструментальных средств для работы с программируемыми контроллерами SIMATIC S7-1200:

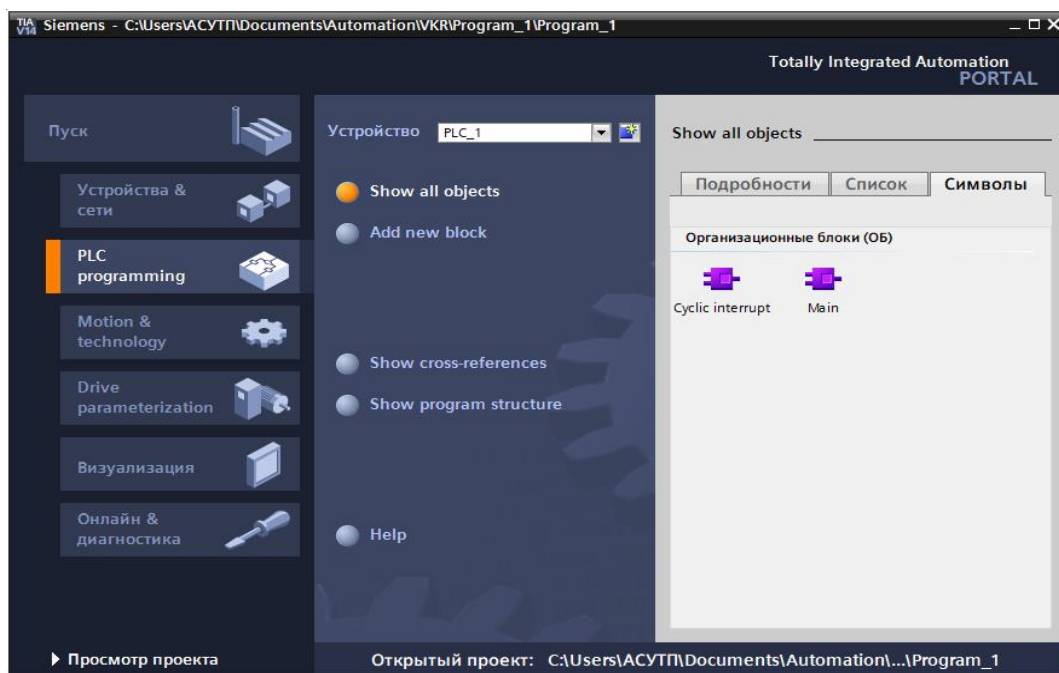


Рис. 51. Первоначальное окно Step7

Step7 позволяет выполнять:

- конфигурирование и настройку параметров аппаратуры;
- конфигурирование систем промышленной связи;
- программирование контроллеров на языках LAD (Ladder Diagram), FBD (Function Block Diagram) и SCL (Structured Control Language);
- конфигурирование базовых панелей операторов SIMATIC;
- тестирование, выполнение пуско-наладочных работ и обслуживание готовой системы;
- наличие простого и интуитивно понятного интерфейса пользователя для обеспечения доступа к различным вариантам отображения информации и редакторам;
- наличие эффективного редактора для разработки программ контроллеров.

### **Информационное обеспечение**

Для выполнения конфигурирования контроллера S7-1200 дополнительную информацию можно получить, используя следующие источники:

- Системное руководство по программированию контроллеров SIMATIC S7-1200 в среде разработки TIA Portal;
- Руководство по программированию S7-1200/ S7-1500;
- Электронные ресурсы «Техническая поддержка Siemens Industry Online»;
- Руководство по STEP 7 в среде TIA Portal.

Каталог основных процессоров и дополнительных модулей расширения с указанием технических характеристик содержит следующий источник:

- Техническая документация на контроллеры Simatic. Раздел 3 «Программируемые контроллеры S7-1200».

### **Задачи и этапы конфигурирования контроллера S7-1200**

Основными задачами конфигурирования контроллера являются:

1. Конфигурирование аппаратной части контроллера:
  - добавление CPU;
  - добавление модулей расширения контроллера.
2. Конфигурирование устройств ввода/вывода:
  - определение типа сигнала аналогового входа/выхода;
  - настройка фильтрации сигнала.
3. Конфигурирование пользовательской программы и регулятора:
  - вызов основного блока выполнения программы;
  - создание технологического объекта/ «ПИД регулятор».
4. Конфигурирование коммуникации контроллера с внешними устройствами, объединенными в единую промышленную сеть Ethernet.
4. 1. Разрешение PUT/GET коммуникации с удаленными устройствами.

В пособии представлен пример конфигурирования контроллера S7-1200 с ПИД - регулятором с аналоговым выходным сигналом.

1. Создание проекта в единой среде разработки TIA Portal:

- ввод имени проекта;
- корректировка пути сохранения проекта.

В панели инструментов TIA Portal выбрать «Проект/Создать».

В появившемся окне (см. рис. 52) вводим имя проекта «Program\_1».

В этом же окне (см. рис. 52) можно изменить путь хранения файлов проекта.

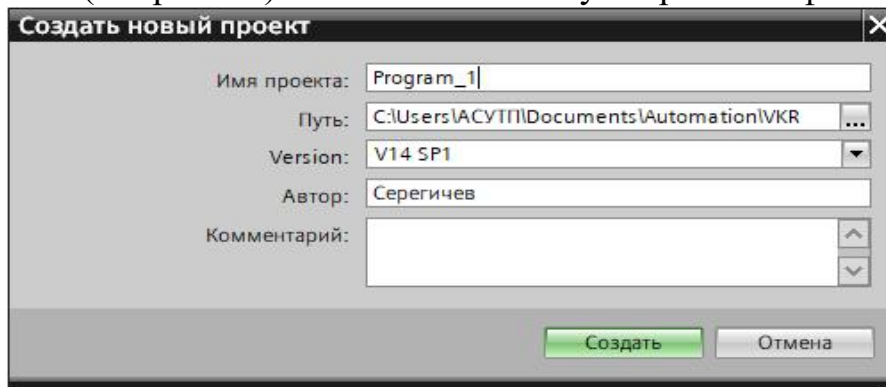


Рис. 52. Окно создания проекта

2. Выбор основного процессора и добавление модулей расширения:

- добавление основного процессора;
- добавление модулей расширения;

В окне «Навигация по проекту» выбрать пункт «Добавление нового устройства».

В появившемся окне добавления нового устройства (см. рис. 53) выбрать: Контроллер / Simatic\_S7-1200 / CPU / CPU1214C\_DC / DC / DC / 6ES72141AG40XB0-0XB0.

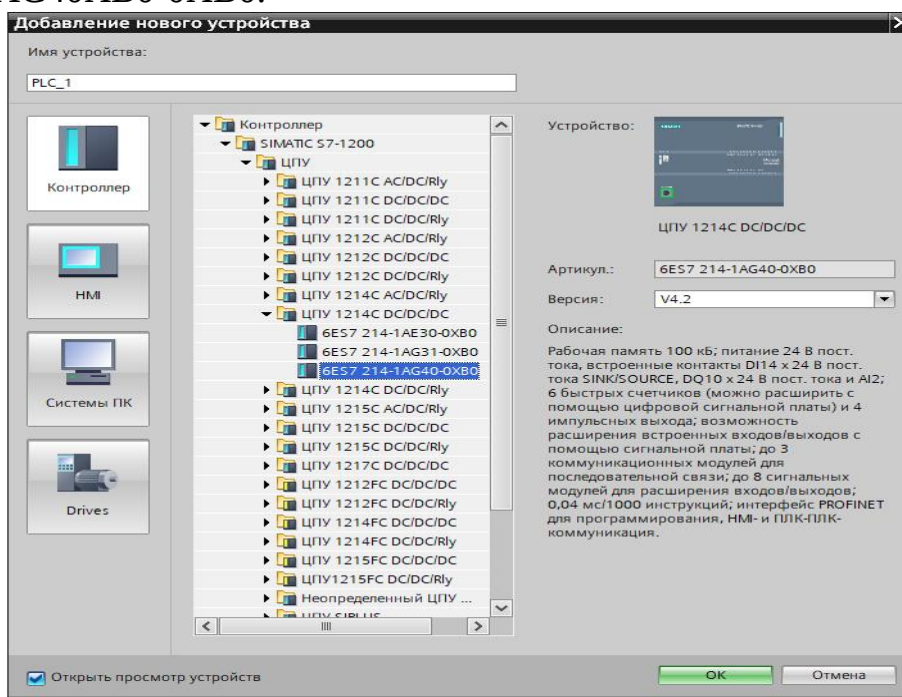


Рис. 53. Окно добавления нового устройства

Сделать активным окно «Конфигурация устройств» для добавленного «PLC\_1» (см. рис. 54):

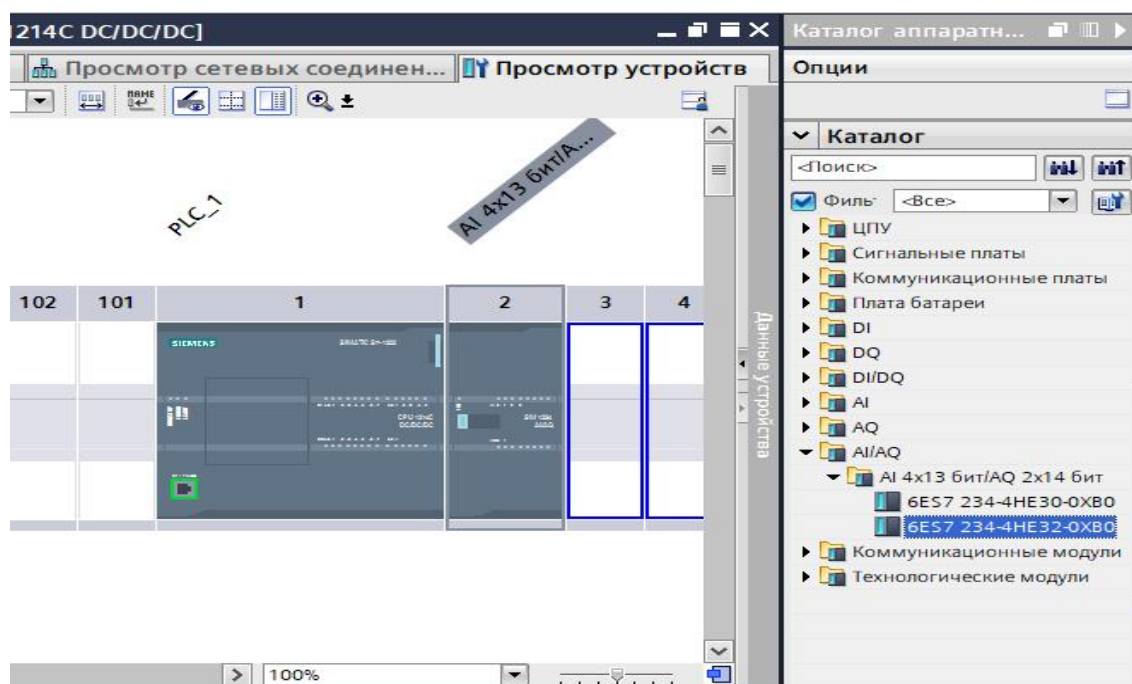


Рис. 54. Окно «Конфигурация устройств»

В окне «Конфигурация устройств/Просмотр устройств» (см. рис. 54) добавить из каталога аппаратного обеспечения на позицию «2» (справа от центрального процессора) модуль аналогового ввода и вывода: AI/AQ / AI4x13 бит/AQ 2x14 бит / 6ES7 234-4HE32-0XB0.

3. Конфигурирование параметров модулей ввода/вывода:

- задание типа сигнала и его диапазона;
- настройка фильтрации сигнала;

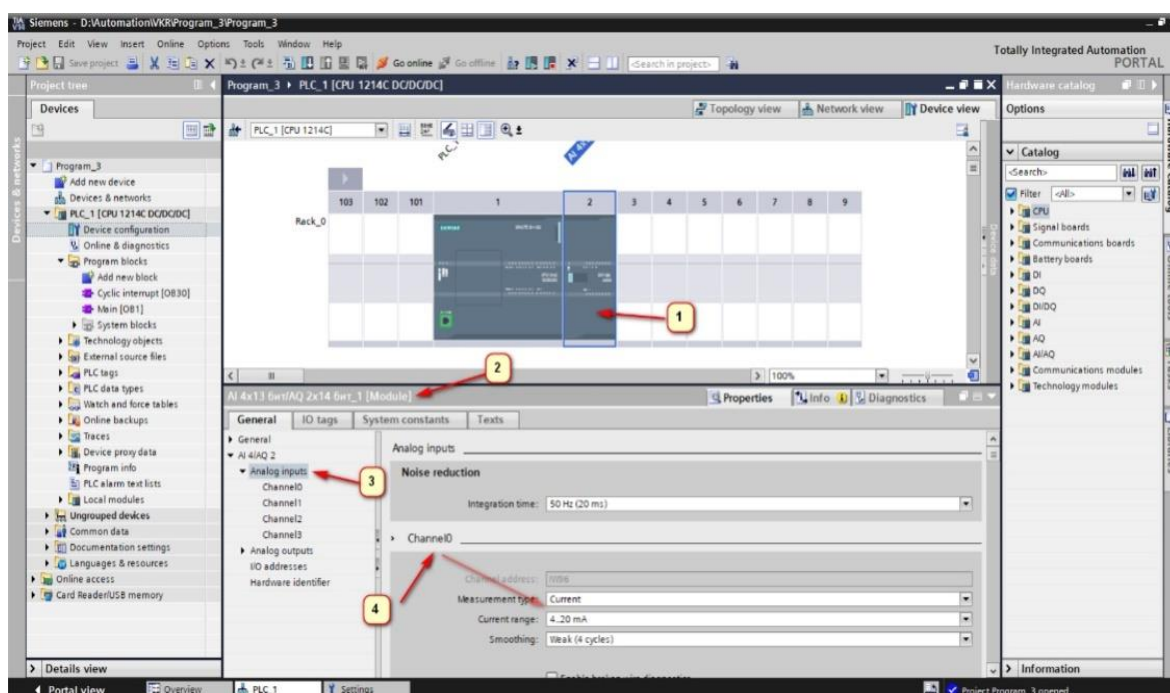


Рис. 55. Шаги конфигурирования параметров модулей ввода/вывода

Нажатием правой кнопкой мыши (отметка 1, рис. 55) на добавленном модуле, перейти в окно «Свойства модуля» (отметка 2, рис. 55) и в дереве свойств выбрать пункт «Аналоговые входы» (отметка 3, рис. 55, см. рис. 56):

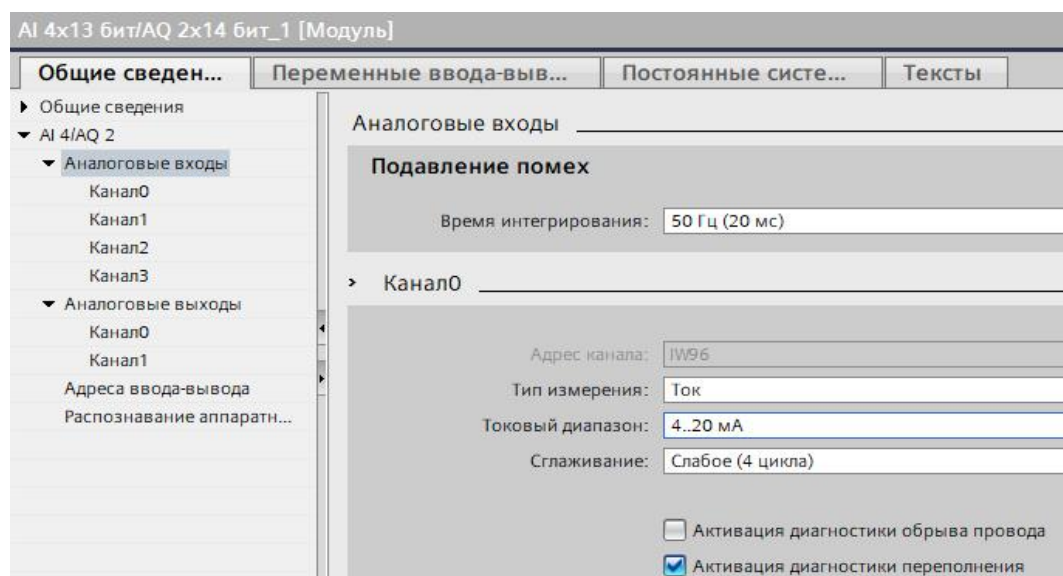


Рис. 56. Свойства аналогового входа

Для канала 0 аналогового входа выбрать тип измерения «Ток» и токовый диапазон «4...20мА» (отметка 4, рис 55, см. рис. 56).

В дереве свойств выбрать пункт «Аналоговые выходы» и для канала 0 аналогового выхода выбрать тип выхода «Ток», токовый диапазон «0...20мА» (см. рис. 57):

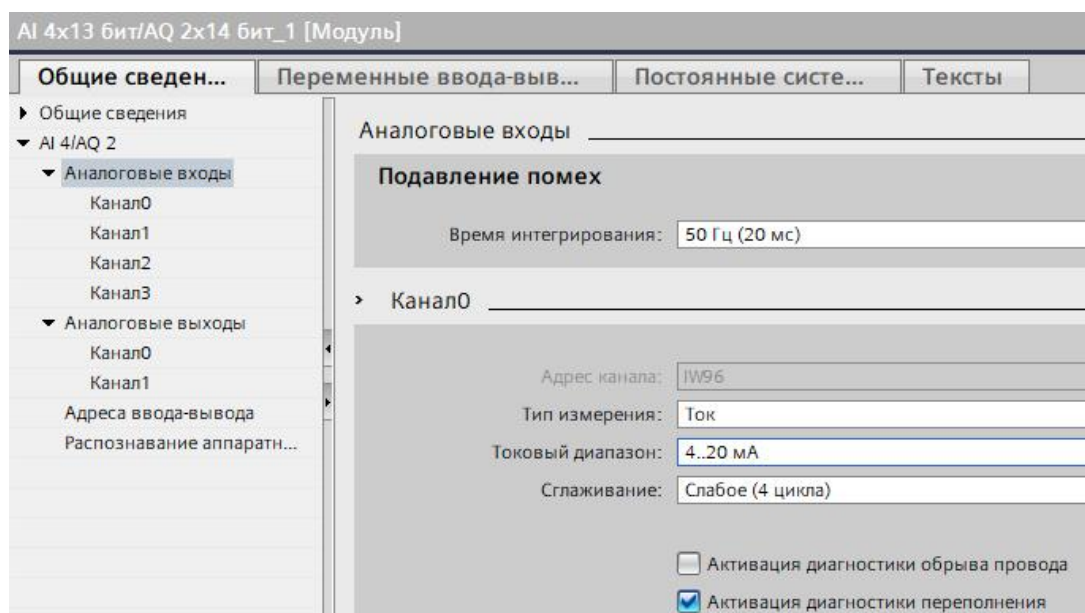


Рис. 57. Свойства аналогового выхода

#### 4. Создание пользовательской таблицы переменных:

- определение адреса и имени используемых в программе переменных;

В навигации по проекту (см. рис. 58) выбрать пункт PLC\_1/ Переменные ПЛК / Добавить новые таблицы переменных.

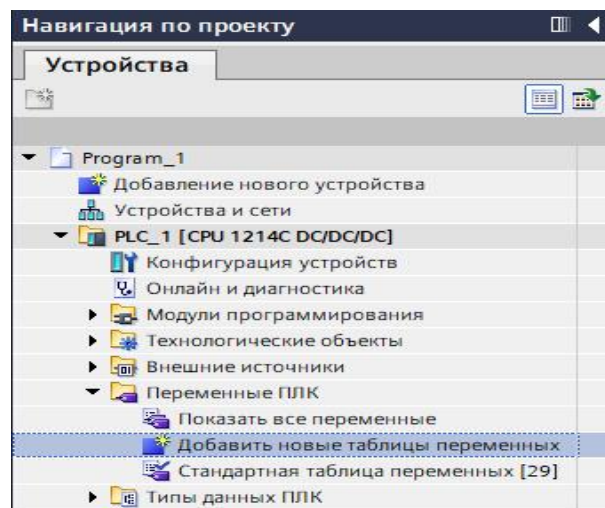


Рис. 58. Навигация по проекту

Открыть созданную таблицу переменных и добавить в нее переменные с именами и адресами как показано в таблице 8 и на рис. 59:

Таблица 8. Пользовательская таблица переменных

| Имя переменной | Тип переменной | Адрес переменной | Примечание                 |
|----------------|----------------|------------------|----------------------------|
| Input_PER      | Word           | %IW96            | Сигнал от датчика скорости |
| Output_PER     | Word           | %QW96            | Выход регулятора           |
| Setpoint       | Real           | %MD10            | Задание скорости           |

| Таблица переменных регулятора |            |            |       |                          |                                     |                                     |                                     |                                  |
|-------------------------------|------------|------------|-------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
|                               | Имя        | Тип данных | Адрес | Удер...                  | Досту...                            | Запис..                             | Отоб...                             | Комментарий                      |
| 1                             | Input_PER  | Word       | %IW96 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Сигнал от датчика скорости       |
| 2                             | Output_PER | Word       | %QW96 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Выход на преобразователь частоты |
| 3                             | Setpoint   | Real       | %MD10 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Задание скорости на регулятор    |
| 4                             | <Добавить> |            |       | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |                                  |

Рис. 59. Таблица переменных регулятора

5. Добавление стандартного блока ПИД регулятора в пользовательскую программу:

- определение технологического объекта / «ПИД регулятор»;
- создание блока данных для функции «ПИД регулятор»;

В навигации по проекту (см. рис. 58) выбрать пункт PLC\_1 / Модули программирования / Addnewblock.

В появившемся окне добавления нового блока (см. рис. 60) выбрать Организационный модуль / Cyclicinterrupt, затем определить язык программирования: «FBD», Такт времени установить равным 100 мс и подтвердить создание нового блока.

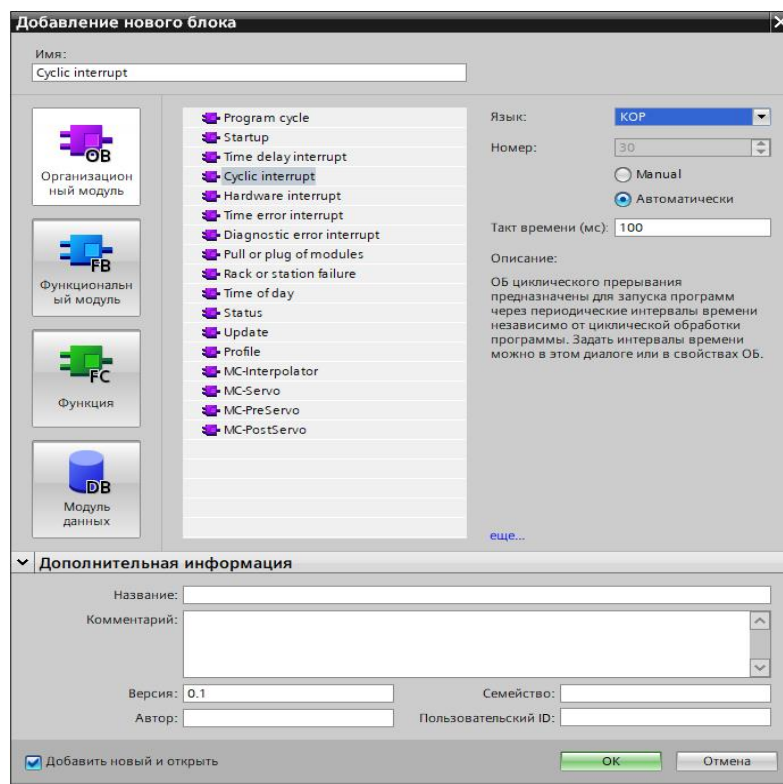


Рис. 60. Окно добавления нового блока

В окне созданного блока из навигатора «Инструкции/Технология/PID-контроль/CompactPID/» добавить инструкцию PID\_Compact (см. рис. 61):

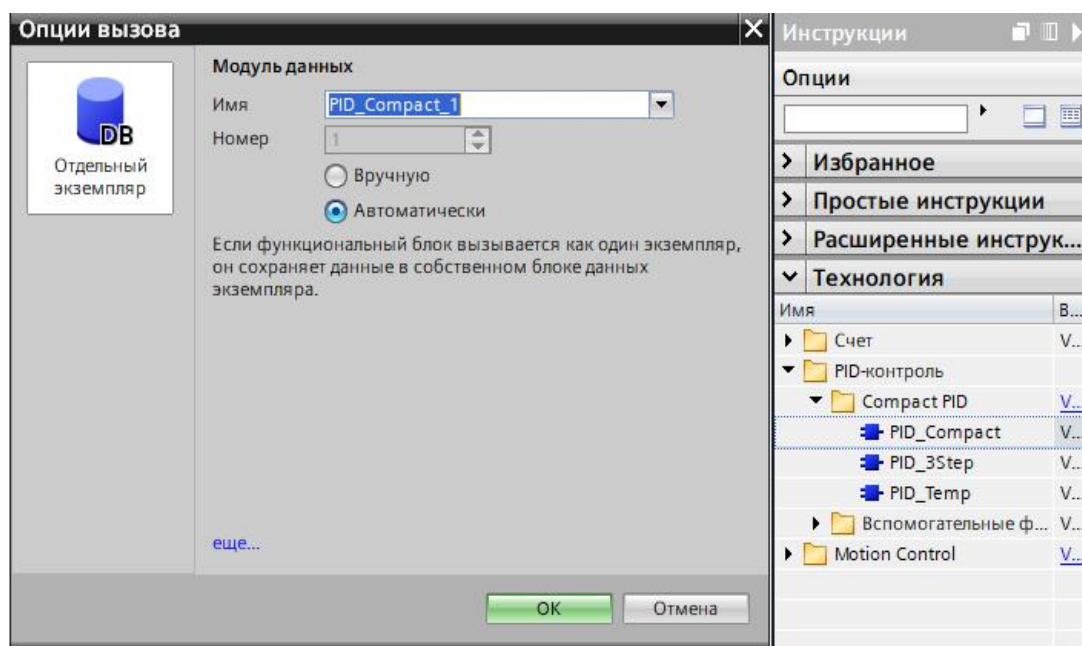


Рис. 61. Добавление инструкции ПИД регулятора

В появившемся окне «Опции вызова» подтвердить создание блока данных с именем «PID\_Compact\_1».

Присвоить инструкции PID\_Compact переменные из созданной таблицы переменных на этапе 4 на вход задания «Setpoint» и аналогового входа «Input\_PER» и аналоговый выход регулятора «Output\_PER» как показано на рис. 62:

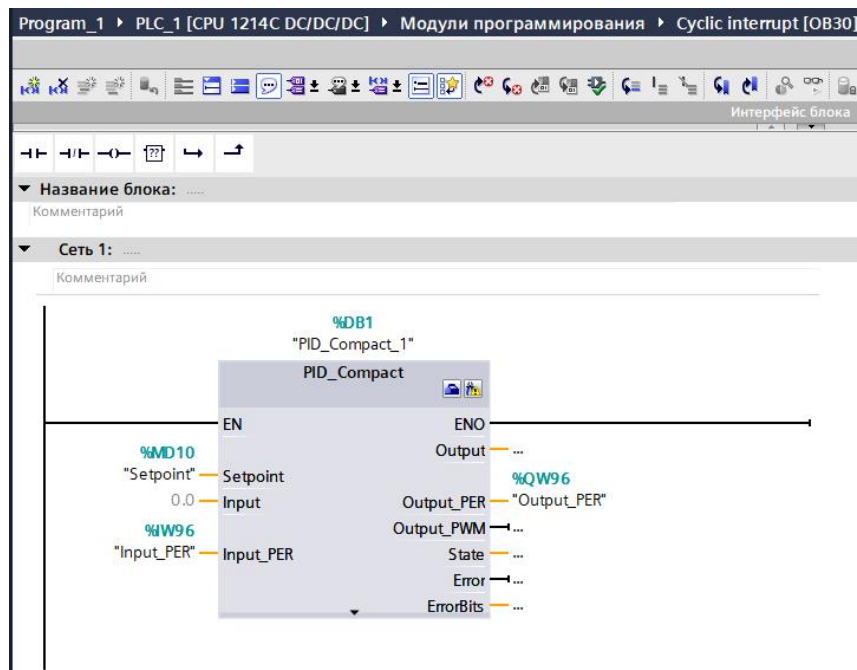


Рис. 62. Назначение переменных входам и выходам инструкции ПИД регулятора

#### 6. Конфигурирование ПИД регулятора:

- определение типа регулятора, а также входных и выходных параметров;
- определение пределов значений и масштабирование сигналов;
- определение расширенных настроек регулятора.

В навигации по проекту (см., рис. 58) выбрать пункт «PLC\_1/ Технологические объекты / PID\_Compact\_1 / Конфигурация» определить базовые настройки (типа регулятора – «Общие»), а также входные и выходные параметры на работу с аналоговым входом «Input\_PER» и аналоговым выходом «Output\_PER» (см. рис. 63):

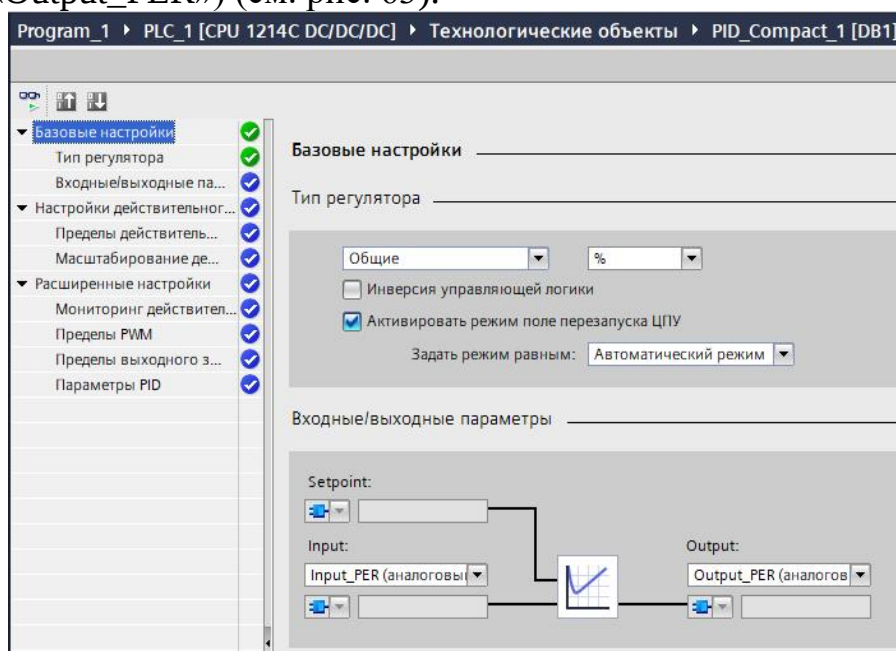


Рис. 63. Базовые настройки ПИД регулятора

В пункте «Настройка действительного значения» окна «Конфигурация» определить пределы значений: 0 – 120 % и масштабирование сигнала аналогового входа Input\_PER: 0 – 100 %, (см. рис. 64):

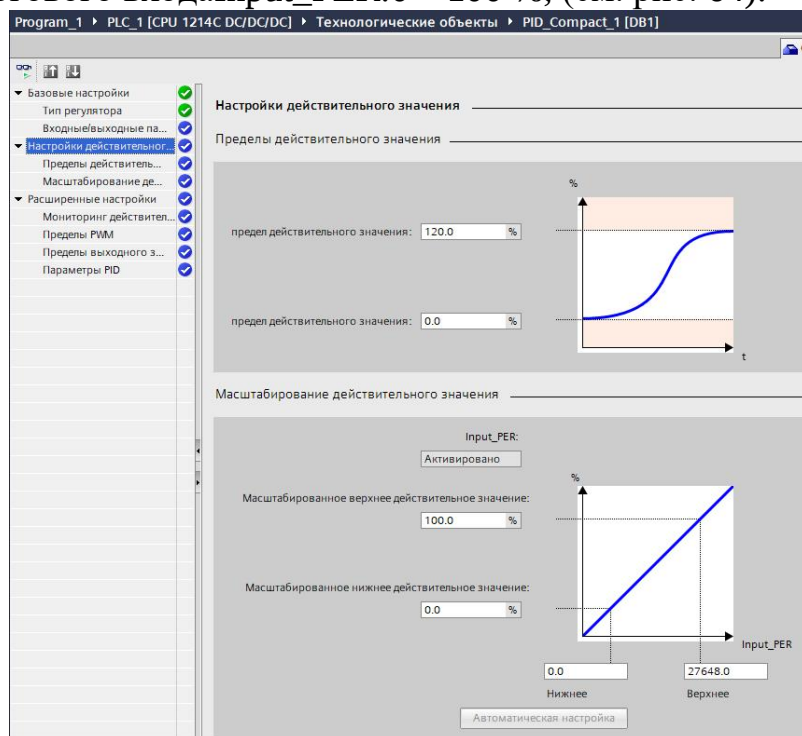


Рис. 64. Настройка действительного значения ПИД регулятора

В пункте «Настройка действительного значения» окна «Конфигурация» определить расширенные настройки регулятора: предел выходного значения: 0–100 %, параметры PID полученные в результате моделирования (см. рис. 65):

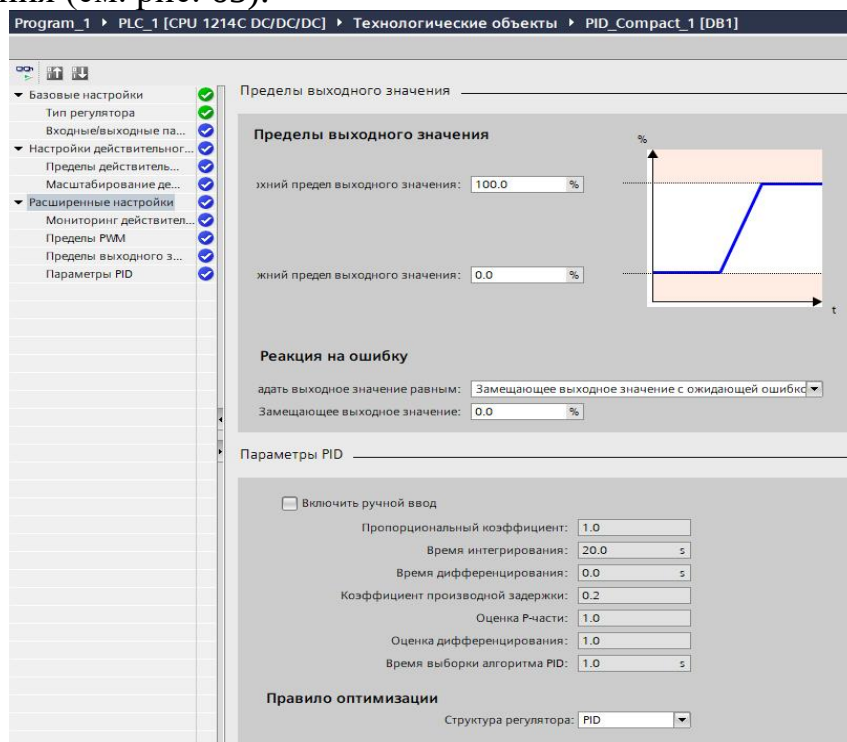


Рис. 65. Расширенные настройки ПИД регулятора

В результате конфигурирования контроллера были получены следующие результаты:

1. Собрана «корзина» контроллера из модуля CPU (CPU1214CDC/DC/DC/) и модуля аналогового ввода/вывода (AI4x13 бит/AQ2x14бит).
2. Проведена параметризация канала 0 аналогового входа модуля AI4x13бит/AQ2x14бит на прием токового сигнала в диапазоне 4 – 20 мА.
3. Проведена параметризация канала 0 аналогового выхода модуля AI4x13бит/AQ2x14бит на выдачу токового сигнала в диапазоне 0 – 20 мА.
4. Выполнено конфигурирование пользовательской программы и регулятора.

### **6.7. Разработка функциональной схемы регулятора**

При разработке функциональной схемы регулятора на базе контроллера КР-500 требуется соединить все алгоритмы в соответствии со структурой регулятора, выбранного в разделе 6.6. Представить полную таблицу всех алгоритмов (программ) регулятора.

На функциональной схеме регулятора необходимо показать обозначения входных, выходных сигналов и алгоритмов. Например, входной сигнал с выхода АРМ, поступающий на ЗДН и входной сигнал с измерительного преобразователя – на ВАМ. В завершении описать работу функциональной схемы регулятора.

При разработке функциональной схемы регулятора АСР на базе контроллера S7-1200 применяются типовые структуры аналоговых и импульсных ПИД регуляторов Siemens S7.

## **7. ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Курсовой проект должен содержать текстовый и графический иллюстративный материал. Курсовой проект должен отвечать квалификационным требованиям по содержанию и оформлению.

Рекомендуется следующий порядок размещения материала в курсовом проекте.

Каждому комплекту документов курсового проекта присваивается самостоятельное обозначение, в состав которого включаются базовое значение и марка. Базовое значение состоит из шифра направления подготовки 15.03.04. и через дефис - шифра студента. Марка курсового проекта по автоматизации состоит из буквы А и марки того производства (оборудования), для которого разрабатывается автоматическая система регулирования, и через точку - порядкового номера документа. Например, для курсового проекта студента с шифром 98035, разрабатывающего АСР котельной установки (КУ), обозначение курсового проекта будет 15.03.04-98035 АКУ.Х, где Х – порядковый номер документа.

### **7.1. Оформление текстовой части курсового проекта**

Текстовая часть проекта выполняется машинописным способом на одной стороне бумаги. При печати на компьютере рекомендуется шрифт TIMES NEW ROMAN размером 14 пунктов, печать через полтора межстрочных интервала.

При печати оставляются поля: слева – 20 мм, справа, сверху и снизу – по 5 мм, с рамкой.

Текстовая часть курсового проекта состоит из трёх документов: ведомости проекта, реферата и пояснительной записки. Первый (заглавный) лист каждого документа имеет в правом нижнем углу основную надпись (штамп) согласно Приложению 9, остальные листы - согласно Приложению 10. Разделы основной части пояснительной записки нумеруются арабскими цифрами.

Подразделы нумеруются арабскими цифрами в пределах каждого раздела. Номер состоит из номера раздела и номера подраздела, разделённых точкой, например, 2.1.

Приложения нумеруются арабскими цифрами, например, Приложение 1, Приложение 2 и т.д.

Пункты нумеруются арабскими цифрами в пределах каждого раздела. Номер состоит из номера раздела и порядкового номера пункта, разделённых точками, например, 2.1, 2.2. и т.д.

Заголовки разделов пишутся прописными буквами, заголовки подразделов и пунктов – строчными с заглавной буквы. Заголовки не подчёркиваются. Точка в конце заголовка не ставится. Каждый раздел следует начинать с нового листа (страницы).

Страницы текстовой части курсового проекта нумеруются арабскими цифрами следующим образом. Первой страницей считается титульный лист (номер страницы не ставится), второй – задание на курсовое проектирование (номер страницы не ставится). Ведомость проекта, реферат и пояснительная записка, как отдельные документы, имеют самостоятельную нумерацию листов, начиная с цифры 1. Порядковый номер листа ставится в графе основной надписи (штампе) согласно Приложению 9.

Все единицы измерения, используемые в пояснительной записке, должны быть выражены в системе СИ по ГОСТ 8.417-81 «Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы физических величин» и быть единообразными по всему тексту записки.

Символы, входящие в формулу, выписываются в колонку под формулой после слова «где». В конце расшифровки каждого обозначения указывается его размерность.

Формулы нумеруются последовательно арабскими цифрами в пределах раздела. Номер формулы должен состоять из номера раздела и порядкового номера формулы, разделённых точкой, например, 1.2.

Номера формул проставляются справа от формул, в скобках, на одной вертикальной линии листа, в конце строки.

Все иллюстрации пояснительной записки (схемы, эскизы, чертежи, фотографии) именуются рисунками. Рисунки имеют сквозную нумерацию арабскими цифрами. Допускается нумерация рисунков по разделам, например, «Рис.1.3.». Название рисунка располагают после слова «Рис.», например: Рис. 5. Устройство электрического исполнительного механизма МЭО.

Дополнительные обозначения на рисунке приводят ниже подрисуночной надписи.

Рисунки должны располагаться сразу после ссылки на них.

Таблицы размещаются после первого упоминания их в тексте. Над каждой таблицей должен быть заголовок (название), который помещается под словом «Таблица». Таблицы имеют сквозную нумерацию арабскими цифрами. Для единообразия допускается нумерация по разделам, например, «Таблица 2.2». При переносе таблицы на следующую страницу головка таблицы не повторяется, а на следующую страницу переносится нумерация граф, и делается надпись по типу: «Продолжение табл. 4».

Распечатки с компьютера, схемы и рисунки при их объеме до трёх страниц располагаются непосредственно по тексту изложения, при большем объёме их оформляют как Приложения.

В перечень использованной литературы включаются все источники информации, использованные при курсовом проектировании. Они размещаются в порядке появления в тексте записки. При ссылке в тексте на источник информации приводится порядковый номер по списку литературы, заключенный в квадратные скобки.

Все материалы пояснительной записки располагаются так, чтобы их можно было читать без разворота записки, либо путём поворота по часовой стрелке на 90°.

Курсовые проекты оформляются в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32-2001.

## **7.2. Оформление графической части курсового проекта**

К графической части курсового проекта относятся чертежи. Графическая часть проекта включает техническую структуру АСР и функциональную схему регулятора. выполняется с применением программных средств.

Графическая часть проекта выполняется на стандартных форматах согласно ГОСТ 2.301-68 (рекомендуется формат А3) с основной надписью (штампом) по ГОСТ 21.101-93 в правом нижнем углу. Образец основной надписи (Приложение 9).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анашкин А.С., Кадыров В.Г, Харазов В.Г. Техническое и программное обеспечение распределенных систем управления/ под общ. ред. Харазова В.Г. СПб.: Изд-во Р-2, 2004 - 365 с.
2. Харазов В.Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами. СПб.: Профессия. 2009 - 589 с.
3. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / Под ред. проф. В. П. Дьяконова. - М.: СОЛОН-Пресс, 2004 - 256 с.
4. Никамин В.А. Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи. СПб: КОРОНА принт, М.: Альтекс – А, 2003 - 224 с.
5. ГОСТ 14691-69 Устройства исполнительные для систем автоматического регулирования. Термины – Режим доступа: <http://tau-rus.com/gost14691-69>
6. ГОСТ 9887-70 Механизмы исполнительные пневматические мембранные ГСП. Общие технические условия.
7. ГОСТ 24876 Трубопроводная арматура. Термины и определения.
8. АБС ЗЭ и М Автоматизация – Режим доступа: <http://www.zeim.ru>
9. Электрические исполнительные механизмы и приводы. – Режим доступа: <http://www.zeim.ru/production/cat/catalogue/abs-zeim-miip.pdf>
10. Каталог на приборы блока ручного управления "БРУ." - Режим доступа: <https://ruskransnab.ru/bloki-upravleniya-tehnologicheskie>
11. Интернет ресурс-глобальный сайт компании AUMA: <https://www.auma.com>
12. Электроприводы AUMA [http://www.cinto.ru/files/leaflet\\_auma\\_actuators.pdf](http://www.cinto.ru/files/leaflet_auma_actuators.pdf)
13. Электроприводы AUMA и трубопроводная арматура: <http://atek-arm.ru/primenyaemye-elektroprivody/electro-auma>
14. Компактные электроприводы AUMA: [http://kpsr-group.ru/sites/default/files/auma\\_haselhofer.pdf](http://kpsr-group.ru/sites/default/files/auma_haselhofer.pdf)
15. Приводы AUMA Riester GmbH&Co.KG: <http://dtia.ru/privodauma>
16. Блок управления AUMATIC AC 01.2/ACExC 01.2 Profibus DP: [http://www1.auma.com/uploads/media/sp\\_import2/handbuecher/steuerungen/hb\\_ac2\\_profibus\\_geraeteintegration\\_ru.pdf](http://www1.auma.com/uploads/media/sp_import2/handbuecher/steuerungen/hb_ac2_profibus_geraeteintegration_ru.pdf)
17. Средства управления приводами. Описание продукции. AUMA MATIC AM01.1–AM02.1: [https://www.techmarcet.ru/files/TEXMARKET\\_AUMA\\_MATIC\\_pb\\_am1\\_ru.pdf](https://www.techmarcet.ru/files/TEXMARKET_AUMA_MATIC_pb_am1_ru.pdf)
18. Интеграция устройств Блок управления AC 01.2/ACExC 01.2 AUMA Riester GmbH & Co. KG; Германия; 2015. - 156 с.
19. Интеграция устройств по полевой шине. Блок управления AC 01.2/ACExC 01.2 Foundation Fieldbus; AUMA Riester GmbH & Co. KG; Германия; 2015-68 с.
20. Блок управления AC 01.2/ACExC 01.2 HART AUMA Riester GmbH & Co. KG; Германия; 2015 - 84 с.
21. Блок управления AC 01.2/ACExC 01.2 Modbus RTU AUMA Riester GmbH & Co. KG; Германия; 2015 - 128 с.

22. Блок управления AC 01.2/ACExC 01.2 Profibus DPAUMA Riester GmbH & Co. KG; Германия; 2015. - 100 с.
23. Пневмопривод. Fisher 657: <https://www.directindustry.com.ru/prod/fisher-regulators/product-14723-1876848.html>
24. Пневмопривод. Samson 3271: <http://www.samson.ru/catalog/actuators/linear-actuators/3271-pnevmaticheskii-privod-s-tarelchatoy-membranoy/>
25. Пневмопривод. Samson BR30a: <https://www.directindustry.com.ru/prod/samson/product-11609-2025281.html>
26. Пневмопривод NelesB1J. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.metso.com/ru/>
27. Пневмопривод. NelesB1C [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.metso.com/ru/>
28. Электропневматический преобразователь SMC ITV1000: <http://www.generator-kom.ru/images/pdf/itv.pdf>
29. Позиционеры фирмы Siemens. Обзор: [https://www.siemens-pro.ru/docs/kip/Positioners\\_Recorders\\_Regulators/Positioners/FI01\\_2011\\_RU\\_Kap06\\_pozitsionery.pdf](https://www.siemens-pro.ru/docs/kip/Positioners_Recorders_Regulators/Positioners/FI01_2011_RU_Kap06_pozitsionery.pdf)
30. Электропневматический позиционер Siemens SITRANSVP300 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.siemens-pro.ru/docs/kip/Positioners\\_Recorders\\_Regulators/Positioners/FI01\\_2011\\_RU\\_Kap06\\_pozitsionery.pdf](https://www.siemens-pro.ru/docs/kip/Positioners_Recorders_Regulators/Positioners/FI01_2011_RU_Kap06_pozitsionery.pdf)
31. Интеллектуальный клапанный контролер Neles ND9000 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.metso.com/ru/>
32. Фильтр-регулятор EIW200 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://smc138.valuehost.ru/c5/eiw200.pdf>
33. Усилитель давления SMC VBA10A [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://smc138.valuehost.ru/c5/vba.pdf>
34. Контроллер KP-500 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.zeim.ru/>
35. Системное руководство по программированию контроллеров SIMATIC S7-1200 в среде разработки TIA Portal. ООО SIEMENS. 2009 – 398 с.
36. Руководство по программированию S7-1200/ S7-1500. ООО SIEMENS. Подразделение SIMATIC. СПб. 2015 – 109 с.
37. Электронные ресурсы «Техническая поддержка Siemens Industry Online».
38. Руководство по STEP 7 в среде TIA Portal. Английский язык. SIEMENS. 2017 – 6880 с.
39. Программируемые контроллеры S7-1200». Техническая документация на контроллеры Simatic ООО SIEMENS. Подразделение SIMATIC. СПб. 2017 – 234 с.
40. Руководство по программированию и наладке S7-1200. Курс S7-MICRO2. ООО SIEMENS. Подразделение SIMATIC. СПб., 2013 – 369 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

#### Перечень нормативных документов, используемых при работе над курсовым проектом

1. ГОСТ 21.101-93. СПДС. Основные требования к проектной и рабочей документации.
  2. ГОСТ 21.110-95. СПДС. Правила выполнения спецификации оборудования, изделий и материалов.
  3. ГОСТ 21.208-20.13. СПДС. Автоматизация технологических процессов. Условные обозначения приборов и средств автоматизации в схемах.
  4. ГОСТ 2.103-68. ЕСКД. Стадии разработки. ГОСТ 2.104-68. ЕСКД. Основные надписи.
- Общие правила выполнения чертежей:
1. ГОСТ 2.109-73. ЕСКД. Основные требования к чертежам. ГОСТ 2.119-73. ЕСКД. Эскизный проект ГОСТ 2.120-73. ЕСКД. Технический проект.
  2. ГОСТ 2.301-68. ЕСКД. Форматы. ГОСТ 2.302-68. ЕСКД. Масштабы. ГОСТ 2.303-68. ЕСКД. Линии.
  3. ГОСТ 2.304-68. ЕСКД. Шрифты чертежные.
  4. ГОСТ 2.307-68. ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений.
  5. ГОСТ 2.701-84. ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
  6. ГОСТ 2.781-96. ЕСКД. Обозначения условные графические. Аппараты гидравлические и пневматические, устройства управления и приборы контрольно-измерительные.
  7. ГОСТ 2.793-79. ЕСКД. Обозначения условные графические. Элементы и устройства машин и аппаратов химических производств. Общие обозначения. Для текстовых документов на изделия всех отраслей промышленности и строительства:
1. ГОСТ 2.105-95. ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.
  2. ГОСТ 2.106-96. ЕСКД. Текстовые документы.
  3. ГОСТ 7.1-2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание.
  4. ГОСТ 8.417-81. Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы физических величин.

Титульный лист курсового проекта

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

---

**ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ**

Институт энергетики и автоматизации  
Кафедра автоматизации технологических процессов и производств

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

по дисциплине «Средства автоматизации и управления»

на тему:

**Тема курсового проекта (без кавычек)**

Выполнил

студент учебной группы №

---

*(фамилия, имя, отчество)*

Проверил

---

*(должность, фамилия, имя, отчество)*

**Санкт-Петербург  
2020**

Бланк задания на курсовой проект (Лицевая сторона)

Министерство науки и высшего образованию Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

Институт энергетики и автоматизации

Кафедра автоматизации технологических процессов и производств

**ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**  
по дисциплине: «Средства автоматизации и управления»

Студенту \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_

Тема проекта \_\_\_\_\_

---

Содержание пояснительной записки

Реферат.

Ведомость проекта.

Введение.

1. Описание объекта управления.
2. Требования к АСР.
3. Разработка структурной схемы АСР.
4. Выбор технических средств автоматизации АСР.
5. Разработка технической структуры АСР.
6. Конфигурирование контроллера АСР.
7. Разработка функциональной схемы регулятора АСР.

Выводы.

Литература

Приложение. Спецификация технических средств автоматизации.

Графический материал:

1. Техническая структура АСР. 1 чертеж, ф.А3.
2. Функциональная схема регулятора АСР. 1 чертеж, ф. А3.

Задание на курсовое проектирование выдано «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Срок представления курсового проекта к защите «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Руководитель \_\_\_\_\_  
подпись

Исполнитель \_\_\_\_\_  
подпись

## Бланк задания на курсовой проект (Обратная сторона)

### Требования к содержанию и оформлению пояснительной записки

Введение.

Реферат

Ведомость проекта

1. Описание объекта управления

Назначение, технические характеристики, технологическая схема и регламент, устройство и принцип действия.

2. Требования к АСР.

Требования к качеству управления, техническим средствам, автоматизации (ТСА), информационным и управляющим сигналам, функциям АСР, отображению и архивированию информации, электропитанию и надежности АСР.

3. Разработка структурной схемы АСР.

Разработать структурную схему АСР. Представить назначение АСР и её элементов. Описать работу АСР.

4. Выбор технических средств автоматизации АСР

Выбор ТСА выполнить на основе сравнительного анализа технико-экономических показателей сравниваемых средств. Необходимо представить не менее двух вариантов по каждому средству автоматизации с таблицей сравниваемых технических характеристик. Описать устройство и принцип действия выбранных ТСА

5. Разработка технической структуры АСР.

Разработать техническую структуру АСР и представить ее описание. В АСР должны быть предусмотрены режимы управления: автоматический, дистанционный и ручной.

6. Конфигурирование контроллера АСР

Выполнить конфигурирование аппаратной части и программного обеспечения контроллера. Описать алгоритмы программного обеспечения контроллера АСР.

7. Разработка функциональной схемы регулятора АСР.

Разработать функциональную схему регулятора и описать принцип его действия в режимах: автоматический, дистанционный и ручной.

Пояснительная записка и чертежи выполняются в соответствии с требованиями ЕСКД.

### Форма задания к курсовому проекту по дисциплине СА и У

| Структура АСР | Закон управления | Контроллер | Способ ввода задания | ИМ | РО | Примечание |
|---------------|------------------|------------|----------------------|----|----|------------|
|               |                  |            |                      |    |    |            |

Задание на КП состоит из 3 частей. Сначала выдается 1-я часть задания. После выполнения 1-й части (п.п.1-3) КП выдается 2-я часть задания. После выполнения 2-й части (п.п.4,5) КП выдается заключительная .- 3-я часть задания. Пример реферата.

Пример ведомости курсового проекта

### ВЕДОМОСТЬ ПРОЕКТА

| № доку-мента                                                                                                                        | Формат | Обозначение          | Наименование                                                          | Кол-во листов | Кол-во экз. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------|-------------|
| 1                                                                                                                                   | A4     | 150304. 98035. АКУ.1 | АСР давления пара. Ведомость проекта. ТЭЦ ТГК-1 Котёл БКЗ- 75-3,9 ГМА | 1             | 1           |
| 2                                                                                                                                   | A4     | 150304. 98035. АКУ.2 | Реферат                                                               | 1             | 1           |
| 3                                                                                                                                   | A4     | 150304. 98035. АКУ.3 | Пояснительная записка                                                 | 45            | 1           |
| 4                                                                                                                                   | A4     | 150304. 98035. АКУ.4 | Спецификация                                                          | 1             | 1           |
| 5                                                                                                                                   | A3     | 150304. 98035. АКУ.5 | Техническая структура АСР                                             | 1             | 1           |
| 6                                                                                                                                   | A3     | 150304. 98035. АКУ.6 | Функциональная схема регулятора                                       | 1             | 1           |
| 7                                                                                                                                   | 8      | 70                   | 64                                                                    | 8             | 8           |
|  <p>Основная надпись (штамп) – Приложение 9</p> |        |                      |                                                                       |               |             |

## Пример реферата

### РЕФЕРАТ

Проект 45 с., 12 рис., 5 табл., 12 источников, 2 прил.

ТЭЦ ТГК-1, КОТЕЛ БКЗ-75-3,9 ГМА, ПРОЕКТ АСР, РЕГУЛИРОВАНИЕ ДАВЛЕНИЯ ПАРА. КОНТРОЛЛЕР КРОСС КР-500.

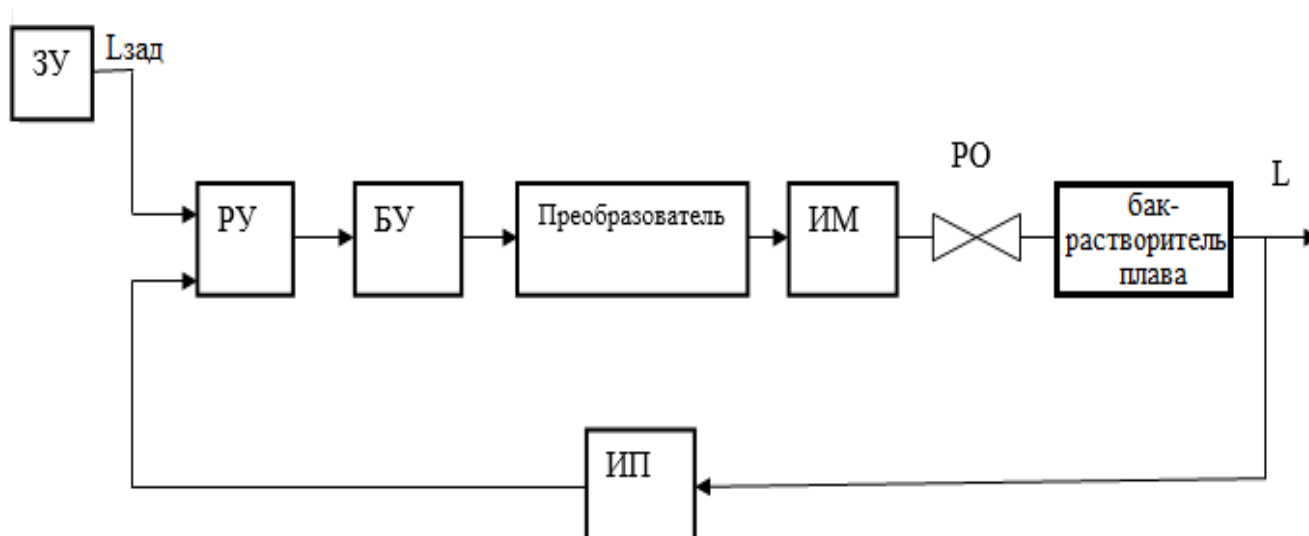
Объектом управления является котел БКЗ-75-3,9 ГМА ТЭЦ ТГК-1.

Цель работы – разработка АСР давления пара на основе современных средств автоматизации.

Выполнена техническая реализация АСР. Используются интеллектуальные средства автоматизации. Проведено конфигурирование контроллера.

## Приложение 6

### Структурная схема АСР уровня в баке растворителя плава



# Схемы блоков управления БРУ

Схема блока ручного управления пускателем:

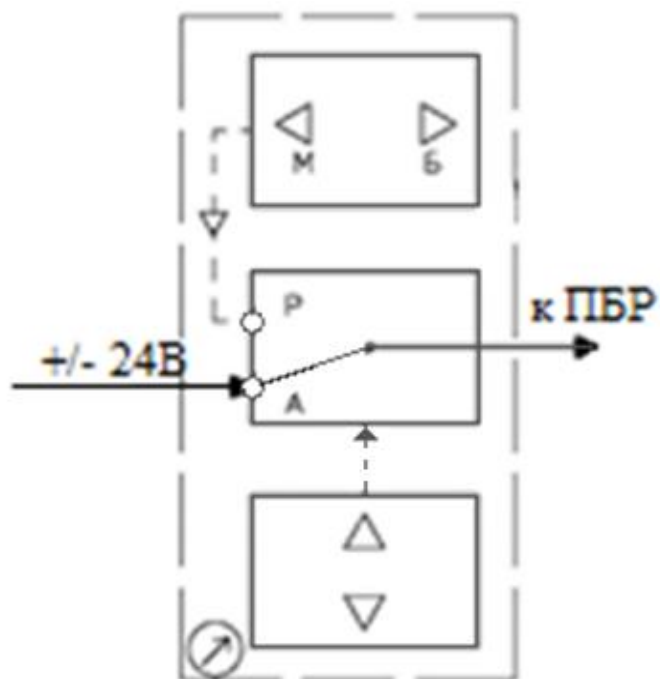
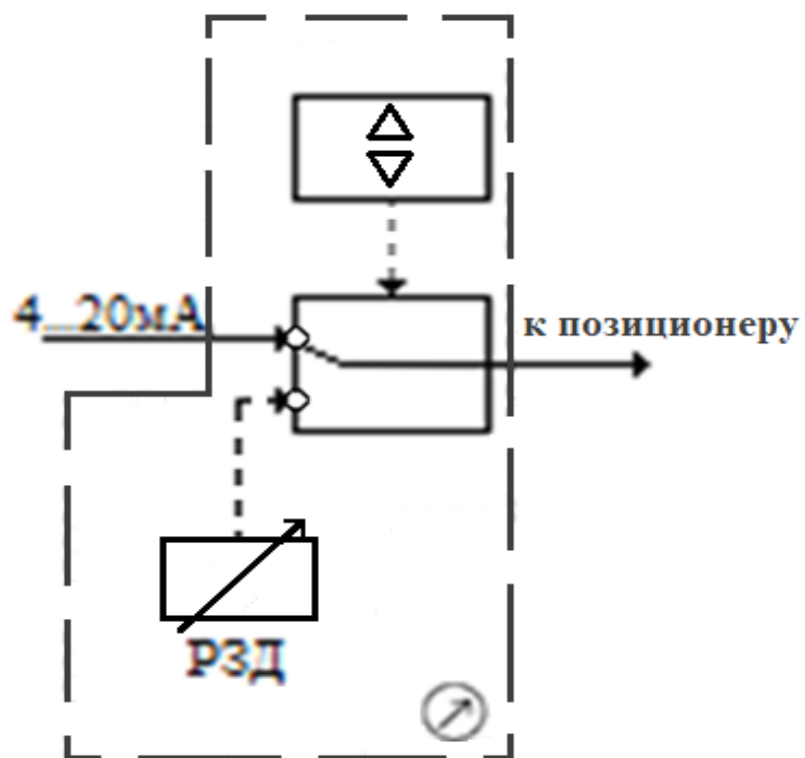
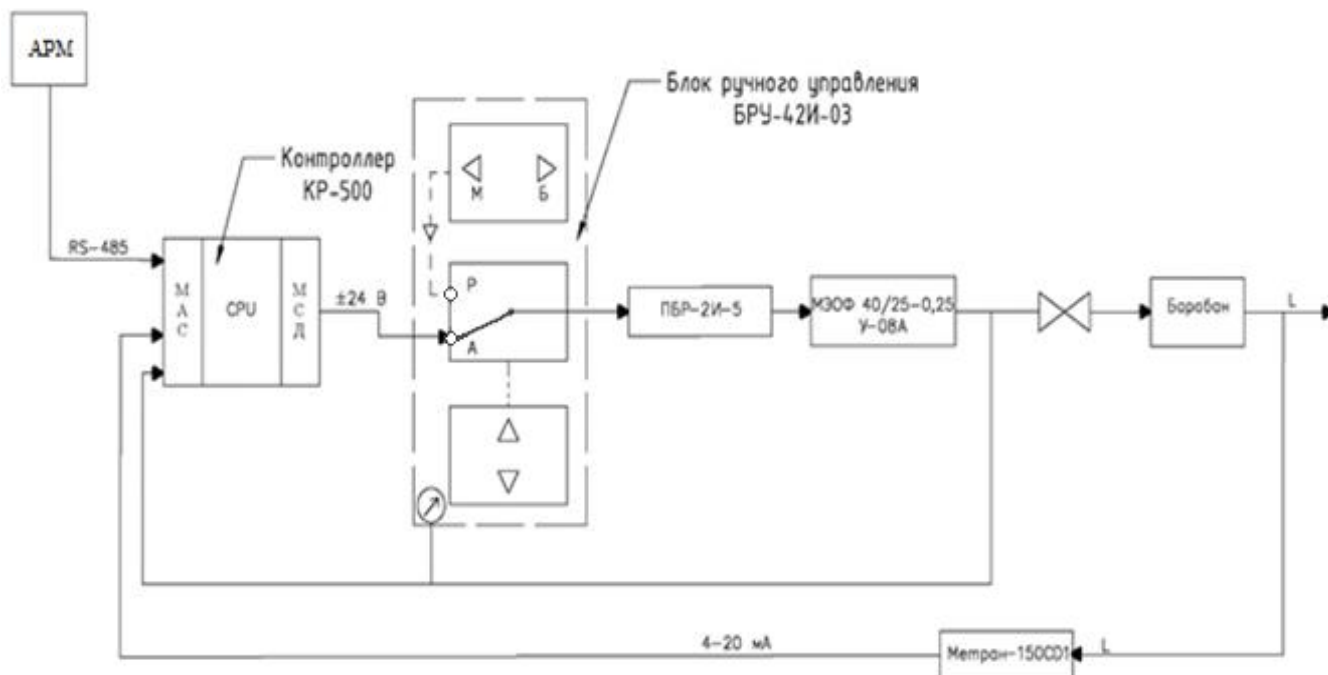


Схема блока ручного управления позиционером:



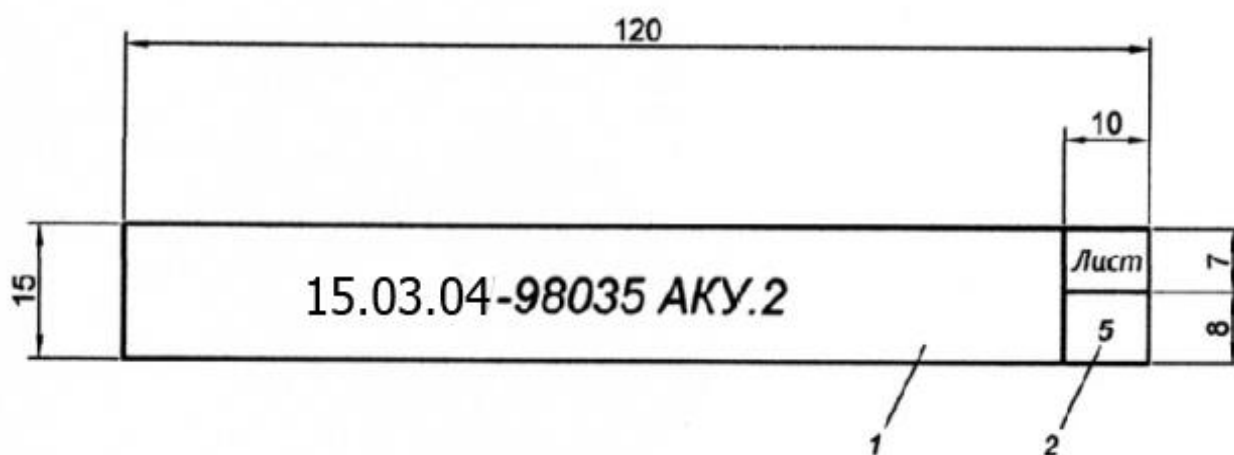
### Техническая структура АСР с электроприводом МЭОФ



### Пример основной надписи для текстовых документов (первый лист) по ГОСТ 21.101-93

|                                   |  |  |  |  |  |                                                          |      |        |  |
|-----------------------------------|--|--|--|--|--|----------------------------------------------------------|------|--------|--|
| 185                               |  |  |  |  |  |                                                          |      |        |  |
| 10   10   10   10   15   10       |  |  |  |  |  | 120                                                      |      |        |  |
|                                   |  |  |  |  |  | 15.03.04 -98035 АКУ.1                                    |      |        |  |
| Изм. Кол.уч. Лист Изм. Подп. Дата |  |  |  |  |  | АСР давления пара.<br>ТЭЦ ТГК-1<br>Котел БКЗ- 75-3,9 ГМА |      |        |  |
| Разраб.                           |  |  |  |  |  |                                                          |      |        |  |
| Пров.                             |  |  |  |  |  |                                                          |      |        |  |
| Н. Контр.                         |  |  |  |  |  |                                                          |      |        |  |
| Утверд.                           |  |  |  |  |  |                                                          |      |        |  |
|                                   |  |  |  |  |  | Стадия                                                   | Лист | Листов |  |
|                                   |  |  |  |  |  |                                                          | 1    | n      |  |
|                                   |  |  |  |  |  | 15                                                       | 15   | 20     |  |
|                                   |  |  |  |  |  | ВШТЭ АТП и П                                             |      |        |  |
|                                   |  |  |  |  |  | 50                                                       |      |        |  |

Пример основной надписи для текстовых документов (последующие листы)  
по ГОСТ 21.101-93



1 – обозначение документа

2 – порядковый номер листа

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ПРЕДИСЛОВИЕ .....                                                                                           | 3  |
| 1. ПЕРЕЧЕНЬ ВИДОВ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ .....                                                              | 4  |
| 2. СТАДИИ СОЗДАНИЯ АСР .....                                                                                | 4  |
| 3. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ .....                                                                         | 4  |
| 4. СОСТАВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА .....                                                                           | 4  |
| 5. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА .....                                                                       | 5  |
| 6. СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНОЙ ЧАСТИ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ.....                                                     | 7  |
| 6.1. Описание объекта управления .....                                                                      | 7  |
| 6.2. Требования к АСР .....                                                                                 | 8  |
| 6.3. Разработка структурной схемы АСР .....                                                                 | 8  |
| 6.4. Выбор технических средств автоматизации АСР .....                                                      | 10 |
| 6.5. Разработка технической структуры АСР .....                                                             | 63 |
| 6.6. Конфигурирование контроллера АСР .....                                                                 | 66 |
| 6.7. Разработка функциональной схемы регулятора.....                                                        | 82 |
| 7. ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА .....                                                                       | 83 |
| 7.1. Оформление текстовой части курсового проекта .....                                                     | 83 |
| 7.2. Оформление графической части курсового проекта .....                                                   | 85 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....                                                                               | 86 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ.....                                                                                             | 88 |
| Приложение 1. Перечень нормативных документов, используемых при работе над курсовым проектом .....          | 88 |
| Приложение 2. Титульный лист курсового проекта .....                                                        | 89 |
| Приложение 3. Бланк задания на курсовой проект.....                                                         | 90 |
| Приложение 4. Пример ведомости курсового проекта .....                                                      | 92 |
| Приложение 5. Пример реферата .....                                                                         | 93 |
| Приложение 6. Структурная схема одноконтурной АСР .....                                                     | 93 |
| Приложение 7. Схемы блоков управления БРУ .....                                                             | 94 |
| Приложение 8. Техническая структура АСР с электроприводом МЭО .....                                         | 95 |
| Приложение 9. Пример основной надписи для текстовых документов (первый лист) по ГОСТ 21.101-93 .....        | 95 |
| Приложение 10. Пример основной надписи для текстовых документов (последующие листы) по ГОСТ 21.101-93 ..... | 96 |

Учебное издание

Валерий Николаевич Суриков

# **ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ**

Учебно-методическое пособие по курсовому проектированию

Редактор и техн. редактор Л.Я. Титова

Темплан 2020 г., поз. 133

---

Подп. к печати 17.12.2020. Формат 60х84/16. Бумага тип. №1. Печать офсетная.  
Уч.-изд.л. 6,25. Усл.-печ.л. 6,25. Тираж 50 экз. Изд. № 133. Цена «С». Заказ

---

Ризограф Высшей школы технологии и энергетики Санкт-Петербургского  
государственного университета промышленных технологий и дизайна,  
198095, СПб., ул. Ивана Черных, 4.