

**Библиотека ОВЕН
функциональных блоков
управления и регулирования
PID_Reg2**

Руководство пользователя

Содержание

Введение	3
Словарь терминов и условных сокращений	3
Термины.....	3
Сокращения.....	3
1. Установка дополнительных библиотек для проекта	3
2. Состав библиотеки PID_Reg2.....	6
2.1. ФБ регуляторов	6
2.1.1. Функциональный блок регулятора с АНР для двухпозиционных ИМ (APID_PWM)	6
2.1.2. Функциональный блок регулятора с АНР для трехпозиционного ИМ без датчика положения (APID_VALVE)	7
2.1.3. Функциональный блок регулятора с АНР для трехпозиционного ИМ с датчиком положения (APID_POS_VALVE)	9
2.2. Управление исполнительными механизмами	10
2.2.1. Функциональный блок управления 3-х позиционным ИМ с датчиком положения (VALVE_POS_DY)	10
2.2.2. Функциональный блок управления 3-х позиционным ИМ без датчика положения (VALVE_NO_POS_DY).....	11
2.3. ФБ автонастройки регуляторов.....	12
2.3.1. Блок автонастройки двухпозиционного ИМ (W1_ANR)	12
2.3.2. Блок автонастройки трехпозиционного ИМ (W2_ANR)	14
2.4. ПИД-регулятор.....	16
2.4.1. Функциональный блок адаптивного ПИД-регулятора с быстрым выходом на уставку (DSP_A_PID).....	17
3. Примеры использования функциональных блоков.....	19

Введение

Компанией ОВЕН поставляется бесплатная библиотека функциональных блоков (программ), для регулирования и для управления различными исполнительными механизмами. Эта библиотека предназначена для контроллеров ОВЕН ПЛК и не может быть использована для контроллеров других производителей. Библиотека поставляется на диске, входящем в комплект поставки ОВЕН ПЛК, в файле **PID_Reg2.lib**.

Словарь терминов и условных сокращений

Термины

Исполнительный механизм двухпозиционный имеет два положения «вкл.» и «выкл.». Для управления таким ИМ используется один выходной элемент. В качестве 2-х позиционного ИМ используют ТЭНы, отсечные клапаны, форсунки, электродвигатели, а также ИМ, управляемые унифицированными сигналами тока (4...20 мА) или напряжения (0...10 В), в том числе задвижки с аналоговым управлением.

Исполнительный механизм трехпозиционный – управляется сигналами типа «больше/меньше/стоп». Для управления таким ИМ используются два выходных элемента: один дает команду на открытие (или «больше»), другой – на закрытие (или «меньше»). В качестве 3-х позиционного ИМ используют 3-х позиционные задвижки, поворотные клапаны, шторы, жалюзи.

Сокращения

АНР – автоматическая настройка регулятора или автонастройка

БВУ – быстрый выход на уставку

ИМ – исполнительный механизм

ПНР – предварительная настройка регулятора

ФБ – функциональный блок

0 и **1** (при описании значений переменных типа **BOOL**) – используемое для сокращения текста обозначение. Надписи "0" соответствует значение False переменной, "1" соответствует значение "True".

1. Установка дополнительных библиотек для проекта

В системе CoDeSys все файлы библиотек функциональных блоков имеют расширение ***.lib** (**Library**) и находятся в папке **Library**. Она расположена по месту размещения основной программы на диске компьютера (чаще всего место имеет путь C:\Program Files\3S Software\CoDeSys V2.3\Library). По умолчанию доступен только стандартный набор библиотек. Дополнительные библиотеки добавляются пользователем по мере необходимости, в папку к уже имеющимся библиотекам.

Новые библиотеки подключают с помощью Менеджера библиотек (**Library Manager**). Менеджер библиотек открывают из главного меню CoDeSys командами **Window** ► **Library Manager** или через менеджера проекта (закладка **Resources**) открывают папку **Library Manager** (рис. 1.1). На рисунке в средней верхней части окна показан список установленных библиотек.

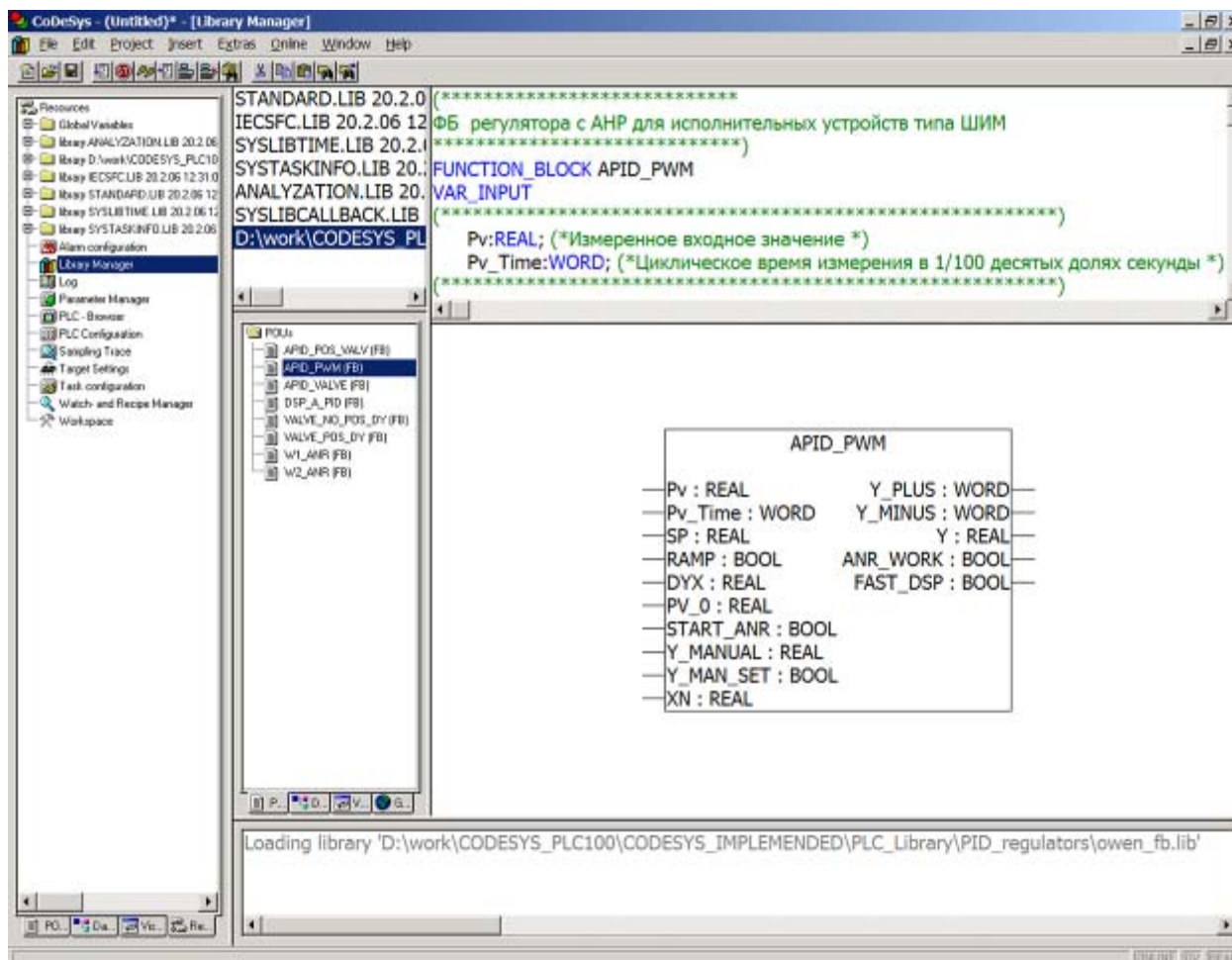


Рис. 1.1. Окно закладки ресурсов (Resources) с открытой папкой Library Manager

Установка дополнительных библиотек производится последовательным выбором в главном меню команд: **Insert** ► **Additional Library** ► . Далее в окне папки **Library** (рис. 1.2) следует выделить файл с именем нужной библиотеки и выбрать команду **Открыть**. Дополнительная библиотека установлена.

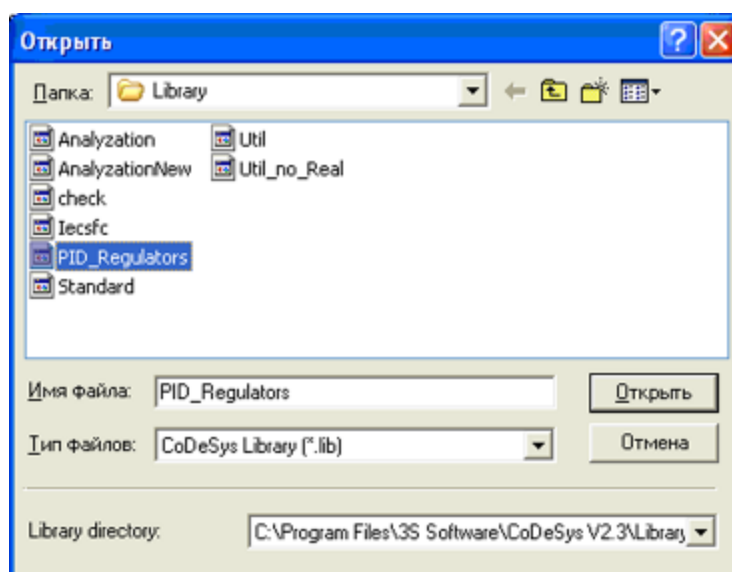


Рис. 1.2. Окно для выбора подключаемой дополнительной библиотеки к проекту

Для просмотра состава и свойств функциональных блоков, выбрать необходимую библиотеку. Откроется окно с перечнем блоков (рис. 1.1 справа) и краткой информации о них.

Удаление выделенной библиотеки производится из контекстного меню командой **Delete** или из главного меню командой **Edit ► Delete**.

Примечание. В функциональных блоках, разработанных для контроллеров фирмы ОВЕН, режим симуляции (Simulation Mode) не предусмотрен. Отладка программы в режиме визуализации должна производиться при подключенном контроллере, функциональные блоки при этом работают только в самом контроллере.

2. Состав библиотеки PID_Reg2

2.1. ФБ регуляторов

2.1.1. Функциональный блок регулятора с АНР для двухпозиционных ИМ (APID_PWM и APID_PWM_W2)

Алгоритм предназначен для управления инерционными процессами в системах с двухпозиционными исполнительными механизмами.

В алгоритме заложены режимы: АВТОНАСТРОЙКА, РЕГУЛИРОВАНИЕ и РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ (ручное управление мощностью управляющего сигнала регулятора). Сначала выполняется автонастройка, а затем происходит переключение в режим РЕГУЛИРОВАНИЕ. В процессе регулирования производится автоподстройка коэффициентов регулятора.

В блоке APID_PWM происходит автонастройка по одному колебанию (рис 2.1), в блоке APID_PWM_W2 по двум колебаниям (рис 2.14).

Если при запуске регулятора коэффициенты автонастройки были определены ранее и считаны из области Retain или установлены пользователем, то переключение в режим РЕГУЛИРОВАНИЕ происходит сразу после запуска.

В APID_PWM объединены два функциональных блока: W1_ANR и DSP_A_PID (см. ниже), в APID_PWM_W2 объединены два функциональных блока: W2_ANR и DSP_A_PID (см. ниже).

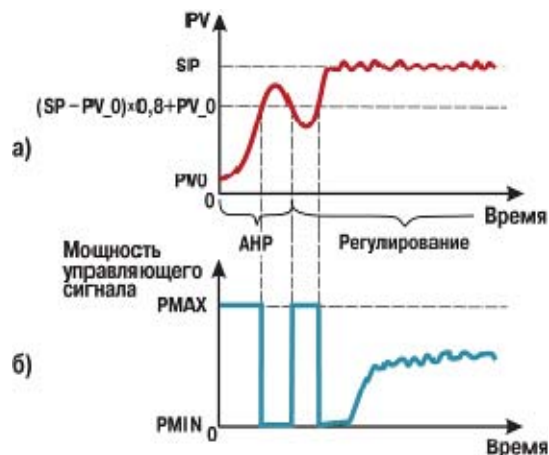


Рис. 2. 1. Графики изменения значения регулируемого параметра (а), мощности управляющего сигнала (б)

Входные параметры

Pv:REAL – текущее значение регулируемого параметра.

PV_TIME:WORD – время замера регулируемого параметра, 1/100 С.

Примечание. **Pv_Time** = **Circular time** (циклическое время) (см. на диске, входящем в комплект поставки, файл «PLC_Configuration_OWEN», раздел «Модуль аналогового входа»).

SP:REAL – уставка регулятора.

RAMP:BOOL – разрешение быстрого выхода на уставку, возможные значения: **0** – БВУ запрещён или **1** – БВУ разрешён.

DYX:REAL – порог включения режима быстрого выхода на уставку, задает величину изменения пользователем уставки, при превышении которой происходит автоматическое включение БВУ (если пользователь изменил уставку на величину, превышающую порог, то БВУ автоматически включится)

Примечание. Рекомендуемое значение при регулировании температуры – 10°C, для других регулируемых параметров – 10 % диапазона регулирования параметра.

PV_0:REAL – начальное значение регулируемого параметра или значение регулируемого параметра при нулевой мощности управляющего сигнала.

START_ANR:BOOL – запуск АНР, возможные значения: 0 или 1.

Примечания. 1. Запуск АНР происходит в момент изменения значения параметра с 0 на 1.

2. После завершения АНР значение параметра остаётся равным 1 и нет необходимости устанавливать значение параметра равное 0.

Для следующего запуска АНР необходимо сначала установить 0, затем вновь 1.

3. Остановка АНР происходит при установлении значения 0 и имеет смысл только в процессе АНР.

Y_MANUAL:REAL – мощность управляющего сигнала в режиме РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ, в диапазоне от PMIN...PMAX.

Y_MAN_SET:BOOL – режим РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ, возможные значения: **0** – выключен и **1** – включен.

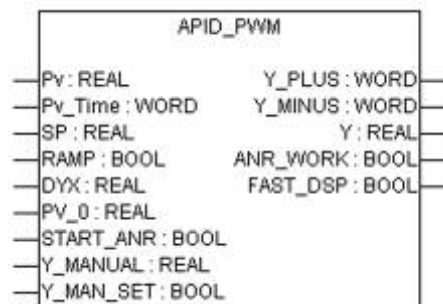


Рис. 2.2. Структурная схема ФБ APID_PWM

Примечание. Для безударного переключения из режима РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ в режим РЕГУЛИРОВАНИЕ дождитесь стабилизации мощности управляющего сигнала, поддерживающего заданное значение регулируемого параметра. После этого режим РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ можно выключить.

XN:REAL; -- Зона нечувствительности (в единицах измерения регулируемой величины). Если разность PV и SP, взятая по модулю меньше зоны нечувствительности, то изменение выходного сигнала не производится.

PMAX:REAL – максимальная мощность управляющего сигнала, возможные значения: –1...1.

PMIN:REAL – минимальная мощность управляющего сигнала, возможные значения: –1...1.

Выходные параметры

Y_PLUS:WORD – мощность управляющего сигнала в диапазоне 0...65535 для нагревателя.

Y_MINUS:WORD – мощность управляющего сигнала в диапазоне 65535...0 для холодильника.

Примечание. Значения Y_PLUS и Y_MINUS можно передавать на дискретный выход ПЛК, используя модуль PLC_Configuration PWM, для чего Y_PLUS приведён к значениям 0...65535, а Y_MINUS к значениям 65535...0.

Y:REAL – мощность управляющего сигнала в диапазоне – 1...1.

ANR_WORK:BOOL – признак выполнения АНР, возможные значения: **0** – АНР завершена, **1** – АНР выполняется.

FAST_DSP:BOOL – признак работы в режиме быстрого выхода на уставку, возможные значения: **0** – БВУ не выполняется, **1** – БВУ выполняется.

2.1.2. Функциональный блок регулятора с АНР для трехпозиционного ИМ без датчика положения (APID_VALVE)

Алгоритм предназначен для управления трехпозиционным исполнительным механизмом без датчика положения.

При регулировании учитывается инерционность работы реального исполнительного механизма, что позволяет повысить точность регулирования при минимальном износе оборудования.

Если при первом запуске регулятора коэффициенты автонастройки пользователем установлены, то переключение в режим РЕГУЛИРОВАНИЕ происходит сразу после запуска.

В APID_VALVE объединены функциональные блоки: W2_ANR, DSP_A_PID и VALVE_NO_POS_DY (см. ниже).

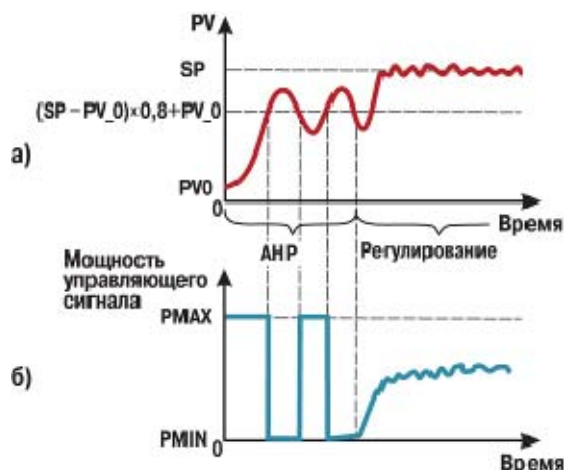
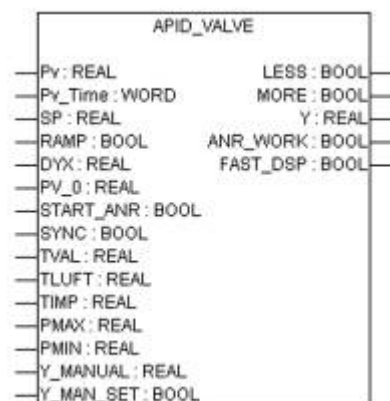


Рис. 2.3. Графики изменения значения регулируемого параметра (а), мощности управляющего сигнала (б),

Входные параметры

Pv:REAL – текущее значение регулируемого параметра



Pv_Time:WORD – время замера регулируемого параметра.
1/100 С.

Примечание. **Pv_Time** = **Circular time** (циклическое время) (см. на диске, входящем в комплект поставки, файл «PLC_Configuration_OWEN», раздел «Модуль аналогового входа»).

SP:REAL – уставка регулятора;

RAMP:BOOL – разрешение быстрого выхода на уставку, возможные значения: 1 – включен или 0 – выключен.

DYX:REAL – порог включения режима быстрого выхода на уставку, задает величину изменения пользователем уставки, при превышении которой происходит автоматическое включение БВУ (если пользователь изменил уставку на величину, превышающую порог, то БВУ автоматически включится).

Примечание. Рекомендуемое значение при регулировании температуры – 10°C, для других регулируемых параметров – 10 % диапазона регулирования параметра.

PV_0:REAL – начальное значение регулируемого параметра или значение параметра при нулевой мощности управляющего сигнала.

START_ANR:BOOL – запуск АНР, возможные значения: 0 или 1.

Примечания. 1. Запуск АНР происходит в момент изменения значения параметра с 0 на 1.

2. После завершения АНР значение параметра остаётся равным 1 и нет необходимости устанавливать значение параметра равное 0.

Для следующего запуска АНР необходимо сначала установить 0, затем вновь 1.

3. Остановка АНР происходит при установлении значения 0 и имеет смысл только в процессе АНР.

SYNC:BOOL – установка положения задвижки через вход PV. При установке значения True положение задвижки (в диапазоне от 0 до 1) считывается из входа PV и сохраняется во внутренней переменной ФБ.

TVAL:REAL – время полного хода исполнительного механизма, в секундах.

TLUFT:REAL – время выборки люфта исполнительного механизма, в секундах.

TIMP:REAL – минимальная длительность импульса управляющего сигнала, в секундах.

PMAX:REAL – максимальная мощность управляющего сигнала, возможные значения: –1...1.

PMIN:REAL – минимальная мощность управляющего сигнала, возможные значения: –1...1.

Примечание. При отсутствии физических ограничителей на ИМ (например, концевиков) рекомендуется устанавливать: для «холодильника» **PMIN** = –1, **PMAX** = 0, для «нагревателя» **PMIN** = 0, **PMAX** = 1. При наличии физических ограничителей на ИМ рекомендуется устанавливать значения **PMIN** и **PMAX**, соответствующие крайним возможным положениям ИМ.

Y_MANUAL:REAL – приращение мощности управляющего сигнала в режиме РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ к значению мощности, который был при включении ручного управления, возможные значения: –1...1.

Y_MAN_SET:BOOL – режим РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ, возможные значения: 0 – выключен и 1 – включен.

Примечание. При выключении режима РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ (**Y_MAN_SET** = 0) происходит безударный переход в режим РЕГУЛИРОВАНИЕ, т.е. выдаваемая регулятором мощность управляющего сигнала будет направлена на достижение заданной уставки.

XN:REAL; -- Зона нечувствительности (в единицах измерения регулируемой величины). Если разность PV и SP, взятая по модулю меньше зоны нечувствительности, то выдача управляющих сигналов не производится.

Выходные параметры

LESS:BOOL – сигнал на закрытие, возможные значения: 0 – выключено, 1 – включено.

MORE:BOOL – сигнал на открытие, возможные значения: 0 – выключено, 1 – включено.

Y:REAL – мощность управляющего сигнала в диапазоне **PMIN** ... **PMAX**.

ANR_WORK:BOOL – признак выполнения АНР, возможные значения: 0 – АНР не выполняется, 1 – АНР выполняется.

FAST_DSP:BOOL – признак режима быстрого выхода на уставку, возможные значения: 0 – БВУ не выполняется, 1 – БВУ выполняется.

Рис. 2.4. Структурная схема функционального блока APID_VALVE

2.1.3. Функциональный блок регулятора с АНР для трехпозиционного ИМ с датчиком положения (APID_POS_VALVE)

Функциональный блок APID_POS_VALVE – алгоритм, предназначенный для управления трёхпозиционным исполнительным механизмом с датчиком положения. В алгоритме заложены режимы: АВТОНАСТРОЙКА, РЕГУЛИРОВАНИЕ и РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ (ручное управление мощностью управляющего сигнала регулятора). Сначала запускается автонастройка, а затем происходит переключение в режим РЕГУЛИРОВАНИЕ.

Если при первом запуске регулятора коэффициенты автонастройки пользователем установлены, то переключение в режим РЕГУЛИРОВАНИЕ происходит сразу после запуска.

В APID_POS_VALVE объединены функциональные блоки: W2_ANR, DSP_A_PID и VALVE_POS_DY (см. ниже).

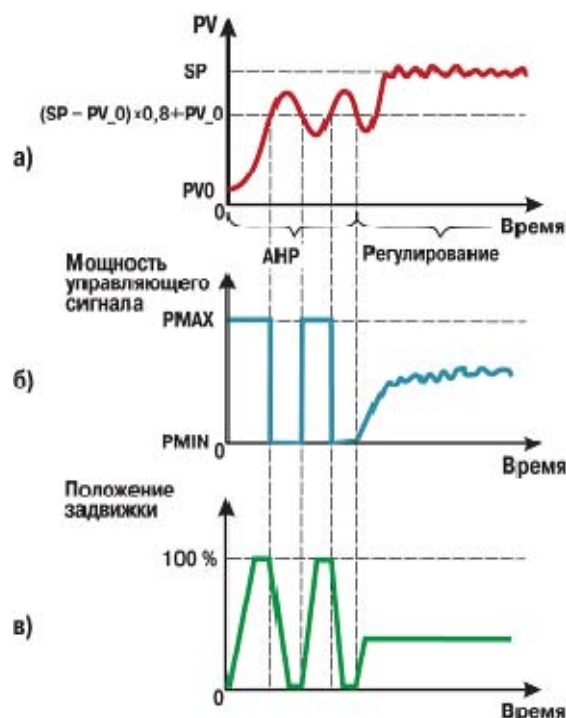


Рис. 2.5. Графики изменения значения регулируемого параметра (а), мощности управляющего сигнала (б) и положения задвижки (в)

Входные параметры

Pv:REAL – текущее значение регулируемого параметра.

PV_TIME:WORD – время замера регулируемого параметра, 1/100 С.

Примечание. **Pv_Time = Circular time** (циклическое время) (см. на диске, входящем в комплект поставки, файл «PLC_Configuration_OWEN», раздел «Модуль аналогового входа»).

SP:REAL – уставка регулятора.

RAMP:BOOL – разрешение быстрого выхода на уставку, возможные значения: **0** – БВУ запрещён или **1** – БВУ разрешён.

PV_0:REAL – начальное значение регулируемого параметра при нулевой мощности управляющего сигнала.

START_ANR:BOOL – запуск АНР, возможные значения: **0** или **1**.

Примечания. 1. Запуск АНР происходит в момент изменения значения параметра с **0** на **1**.

2. После завершения АНР значение параметра остаётся равным **1** и нет необходимости устанавливать значение параметра равное **0**. Для следующего запуска АНР необходимо сначала установить **0**, затем вновь **1**.

3. Остановка АНР происходит при установлении значения **0** и имеет смысл только в процессе АНР.

SM:REAL – положение ИМ с датчика положения, возможные значения в диапазоне 0...1.

DYX:REAL – порог включения режима быстрого выхода на уставку, задает величину изменения пользователем уставки, при превышении которой происходит автоматическое включение БВУ (если пользователь изменил уставку на величину, превышающую порог, то БВУ автоматически включится).

Примечание. Рекомендуемое значение при регулировании температуры – 10°C, для других регулируемых параметров – 10 % диапазона регулирования параметра.

TVAL:REAL – время полного хода исполнительного механизма, в секундах.

TLUFT:REAL – время выборки люфта исполнительного механизма, в секундах.

TIMP:REAL – минимальная длительность импульса управляющего сигнала, в секундах.

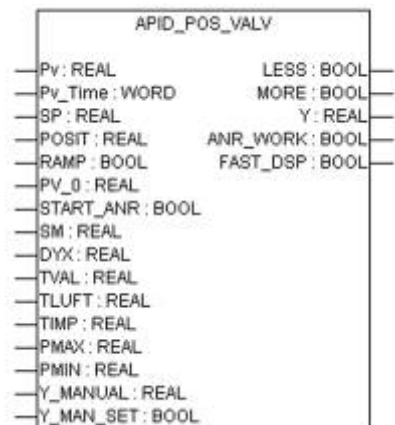


Рис. 2.6. Структурная схема ФБ APID_POS_VALVE

P_{MAX}:REAL – максимальная мощность управляющего сигнала, возможные значения: –1...1.

P_{MIN}:REAL – минимальная мощность управляющего сигнала, возможные значения: –1...1.

Примечание. При отсутствии физических ограничителей на ИМ (например, концевики) рекомендуется устанавливать для «холодильника» **P_{MIN}** = –1, **P_{MAX}** = 0, для «нагревателя» **P_{MIN}** = 0, **P_{MAX}** = 1. При наличии физических ограничителей на ИМ рекомендуется устанавливать значения **P_{MIN}** и **P_{MAX}**, соответствующие крайним возможным положениям ИМ.

Y_{MANUAL}:REAL – мощность управляющего сигнала в режиме РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ, возможные значения: –1...1.

Y_{MAN_SET}:BOOL – режим РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ, возможные значения: 0 – выключен и 1 – включен.

Примечание. При выключении режима РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ (**Y_{MAN_SET}** = 0) происходит безударный переход в режим РЕГУЛИРОВАНИЕ, т.е. выдаваемая регулятором мощность будет направлена на достижение заданной уставки.

Выходные параметры

LESS:BOOL – сигнал на закрытие, возможные значения: 0 – выключено, 1 – включено.

MORE:BOOL – сигнал на открытие, возможные значения: 0 – выключено, 1 – включено.

Y:REAL – значение мощности управляющего сигнала в диапазоне – 1...1.

ANR_{WORK}:BOOL – признак выполнения АНР, возможные значения: 0 – АНР завершена, 1 – АНР выполняется;

FAST_{DSP}:BOOL – признак режима быстрого выхода на уставку, возможные значения: 0 – БВУ не выполняется, 1 – БВУ выполняется.

2.2. Управление исполнительными механизмами

В данном разделе описаны ФБ, входящие в состав некоторых регуляторов, описанных в п. 2.1. Применение этих ФБ позволяет создавать более гибкие системы, когда готовые ФБ регуляторов не подходят.

2.2.1. Функциональный блок управления 3-х позиционным ИМ с датчиком положения (VALVE_POS_DY)

Алгоритм предназначен для работы с трехпозиционным ИМ с датчиком положения, управляемым дискретным сигналом на открытие или на закрытие.

Примечание. Функциональный блок VALVE_POS_DY используется только совместно с DSP_A_PID.

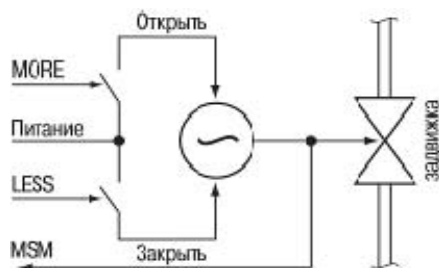


Рис. 2.7. Схема управления работой задвижки с датчиком положения

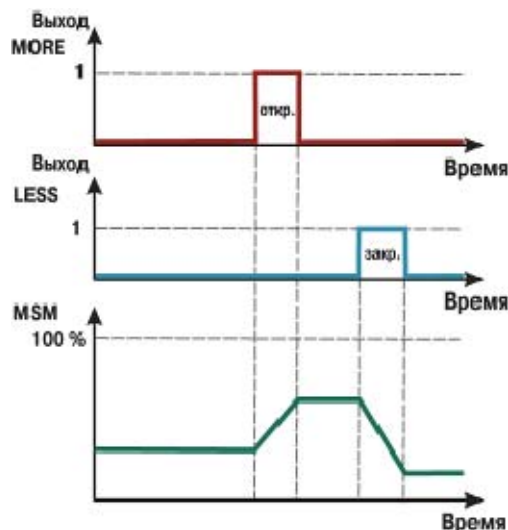


Рис. 2.8. Положение задвижки в зависимости от состояния выходов

Входные параметры

MSM:REAL – показания датчика положения, диапазон значений 0...1.

YREG:REAL – входная мощность (суммарное приращение мощности управляющего сигнала на текущий момент).

TSM:REAL – время полного хода ИМ, в секундах.

TLUFT:REAL – время выборки люфта, в секундах.

TIMPS:REAL – минимальная длительность импульса управляющего сигнала, в секундах.

DTIME:REAL – интервал времени между вызовами ФБ, в секундах.

PMAX:REAL – максимальная мощность управляющего сигнала, возможные значения: -1...1.

PMIN:REAL – минимальная мощность управляющего сигнала, возможные значения: -1...1.

Примечание. При отсутствии физических ограничителей на ИМ (например, концевиков) рекомендуется устанавливать для «холодильника» **PMIN** = -1, **PMAX** = 0, для «нагревателя» **PMIN** = 0, **PMAX** = 1. При наличии физических ограничителей на ИМ рекомендуется устанавливать значения **PMIN** и **PMAX**, соответствующие крайним возможным положениям ИМ.

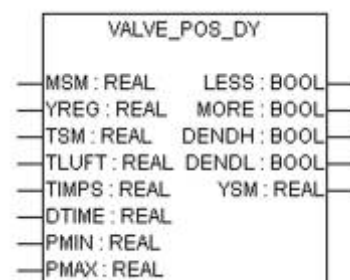


Рис. 2.9. Структурная схема ФБ VALVE_POS_DY

Выходные параметры

LESS:BOOL – сигнал на закрытие, возможные значения: **0** – выключено, **1** – включено.

MORE:BOOL – сигнал на открытие, возможные значения: **0** – выключено, **1** – включено.

DENDH:BOOL – признак полного открытия задвижки (задвижка на упоре), возможные значения: **0** – неполное открытие, **1** – максимальное открытие.

DENDL:BOOL – признак полного закрытия задвижки (задвижка на упоре), возможные значения: **0** – неполное закрытие, **1** – максимальное закрытие.

YSM:REAL – не используется.

2.2.2. Функциональный блок управления 3-х позиционным ИМ без датчика положения (VALVE_NO_POS_DY)

Алгоритм предназначен для работы с трехпозиционным ИМ без датчика положения, управляемым дискретным сигналом на открытие или на закрытие и с двухпозиционным ИМ (только задвижка, управляемая аналоговым сигналом).

Примечание. Функциональный блок VALVE_NO_POS_DY используется только совместно с DSP_A_PID.



Рис. 2.10. Схемы управления задвижкой: а) дискретным сигналом, б) аналоговым сигналом

Входные параметры

YREG:REAL – входная мощность (суммарное приращение мощности управляющего сигнала на текущий момент).

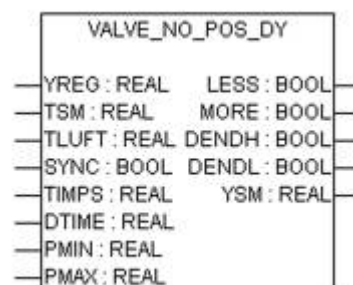
TSM:REAL – время полного хода ИМ, в секундах.

TLUFT:REAL – время выборки люфта, в секундах (только для 3-х позиционного ИМ).

SYNC:BOOL – синхронизация начального положения, возможные значения: **0** – выключено, **1** – включено (только для 3-х позиционного ИМ).

TIMPS:REAL – минимальная длительность импульса управляющего сигнала, в секундах (только для 3-х позиционного ИМ).

DTIME:REAL – интервал времени между вызовами ФБ, в



секундах.

PMAX:REAL – максимальная мощность управляющего сигнала, возможные значения: $-1 \dots 1$.

PMIN:REAL – минимальная мощность управляющего сигнала, возможные значения: $-1 \dots 1$.

Примечание. При отсутствии физических ограничителей на ИМ (например, концевиков) рекомендуется устанавливать: для «холодильника» **PMIN** = -1 , **PMAX** = 0 , для «нагревателя» **PMIN** = 0 , **PMAX** = 1 . При наличии физических ограничителей на ИМ рекомендуется устанавливать значения **PMIN** и **PMAX**, соответствующие крайним возможным положениям ИМ.

Выходные параметры

LESS:BOOL – сигнал на закрытие, возможные значения: **0** – выключено, **1** – включено (только для 3-х позиционного ИМ).

MORE:BOOL – сигнал на открытие, возможные значения: **0** – выключено, **1** – включено (только для 3-х позиционного ИМ).

DENDH:BOOL – признак полного открытия задвижки (задвижка на упоре), возможные значения: **0** – неполное открытие, **1** – максимальное открытие.

DENDL:BOOL – признак полного закрытия задвижки (задвижка на упоре), возможные значения: **0** – неполное закрытие, **1** – максимальное закрытие.

YSM:REAL – расчетное положение ИМ, возможные значения в диапазоне $0 \dots 1$ (только для 2-х позиционного ИМ).

2.3. ФБ автонастройки регуляторов

В данном разделе описаны ФБ, входящие в состав регуляторов, описанных в п. 2.1. Применение этих ФБ позволяет создавать более гибкие системы, когда готовые ФБ регуляторов не подходят.

2.3.1. Блок автонастройки двухпозиционного ИМ (W1_ANR)

С помощью W1_ANR производится автонастройка ПИД-регулятора для работы с двухпозиционными ИМ. При данном алгоритме автонастройки мощность управляющего сигнала изменяется так, что изменение значения регулируемого параметра выглядит на графике как одно колебание около уставки (рис. 2.6).

На основании полученной зависимости значения регулируемого параметра от мощности управляющего сигнала регулятор вычисляет коэффициенты для ПИД-регулятора и статическую характеристику объекта (рис. 2.8). Вычисленные значения могут использоваться как для работы простых ПИД-регуляторов, так и для работы ФБ **DSP_A_PID** (см. п. 2.4).

Входные параметры

PV:REAL – текущее значение регулируемого параметра.

PV_TIME:WORD – время замера регулируемого параметра, $1/100$ С.

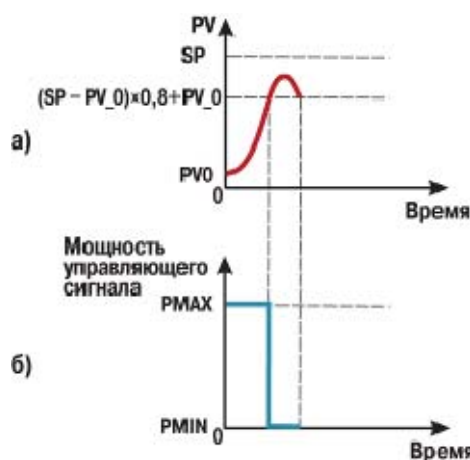


Рис. 2.11. Графики изменения значения регулируемого параметра (а), мощности управляющего сигнала (б)

Примечание. **Pv_Time = Circular time** (циклическое время) (см. на диске, входящем в комплект поставки, файл «PLC_Configuration_OWEN», раздел «Модуль аналогового входа»).

SP:REAL – значение уставки.

Примечание. АНР производится на значении $(SP - PV_0) \times 0,8 + PV_0$.

PMAX:REAL – максимальная мощность управляющего сигнала в диапазоне $-1 \dots 1$.

PMIN:REAL – минимальная мощность управляющего сигнала в диапазоне $-1 \dots 1$.

START_Y:REAL – Значение мощности при старте АНР, от -1 до 1 , соответствует текущему УСТАНОВИВШЕМУСЯ значению PV сигнала при запуске АНР.

Примечание. Значение **START_Y** соответствует мощности управляющего сигнала, необходимого для поддержания значения **SP**.

START:BOOL – запуск АНР, возможные значения 0 или 1 .

Примечания. 1. Запуск АНР происходит в момент изменения значения параметра с 0 на 1 .

2. После завершения АНР значение параметра остаётся равным 1 и нет необходимости устанавливать его равным 0 .

Для следующего запуска АНР необходимо сначала установить 0 , затем -1 .

3. Остановка АНР происходит при установлении значения 0 и имеет смысл только в процессе АНР.

PV_0:REAL – начальное значение регулируемого параметра или значение регулируемого параметра при нулевой мощности управляющего сигнала.

Выходные параметры

COMPLETE: BOOL – признак выполнения АНР, возможные значения: 0 – АНР завершена, 1 – АНР выполняется.

YRE:REAL – мощность управляющего сигнала в диапазоне $PMIN \dots PMAX$.

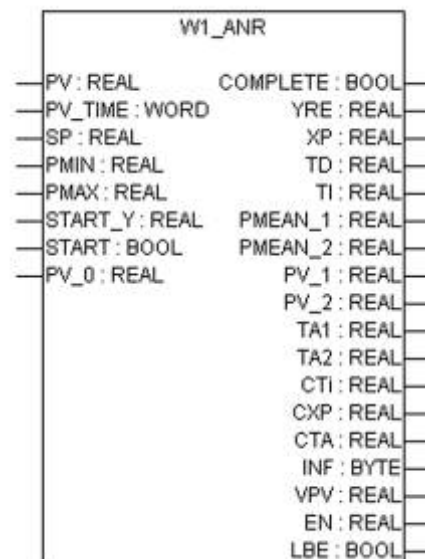


Рис. 2.12. Структурная схема функционального блока W1_ANR

Коэффициенты ПИД-регулятора, рассчитываемые при АНР

XP:REAL – пропорциональный коэффициент ПИД-регулятора.

TD:REAL – дифференциальный коэффициент ПИД-регулятора.

TI:REAL – интегральный коэффициент ПИД-регулятора.

Данные статической модели объекта, рассчитываемые при АНР

PV_1:REAL – промежуточная точка статической характеристики объекта, равная $(SP - PV_0) \times 0,8 + PV_0$.

PV_2:REAL – значение уставки, для которой проводилась АНР.

PMEAN_1, PMEAN_2:REAL – мощность управляющего сигнала, соответствующая **PV_1** и **PV_2**.

TA1, TA2:REAL – рассчитанные значения постоянной времени $T1$ для модели объекта II порядка.

CTi, CXP, CTA, EN:REAL – коэффициенты, характеризующие объект.

INF:BYTE – рекомендуемое значение постоянной времени фильтра (интервал времени, в течение которого сигнал достигает $0,63$ результата измерения), в секундах.

VPV:REAL – максимально возможная скорость изменения значения регулируемого параметра, ед изм **PV**/с.

LBE:BOOL – Ошибка обратной связи, возможные значения 0 – работа в штатном режиме и 1 – ошибка.

Примечания. 1. Ошибкой обратной связи считается: для «охладителя» если при подаче **PMIN** значение **PV** увеличивается, для «нагревателя» если при подаче **PMAX** значение **PV** уменьшается.

2. При ошибке обратной связи (**LBE** = 1) **YRE** = **START_Y**.

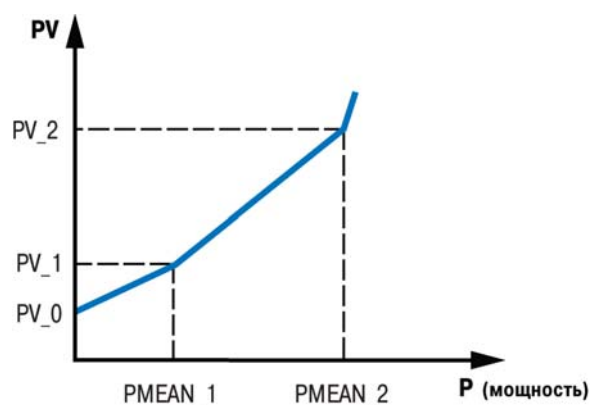


Рис. 2.13. Статическая характеристика объекта

2.3.2. Блок автонастройки трехпозиционного ИМ (W2_ANR)

С помощью W2_ANR производится автонастройка ПИД-регулятора для работы с трёхпозиционным ИМ. При данном алгоритме автонастройки мощность управляющего сигнала изменяется так, что изменение значения регулируемого параметра выглядит на графике как два колебания около уставки (рис. 2.9).

В процессе АНР регулятор вычисляет коэффициенты для ПИД-регулятора и статическую характеристику объекта. Вычисленные значения используются как для работы ПИД-регуляторов, так и для работы DSP_A_PID (см. п. 2.4.1).

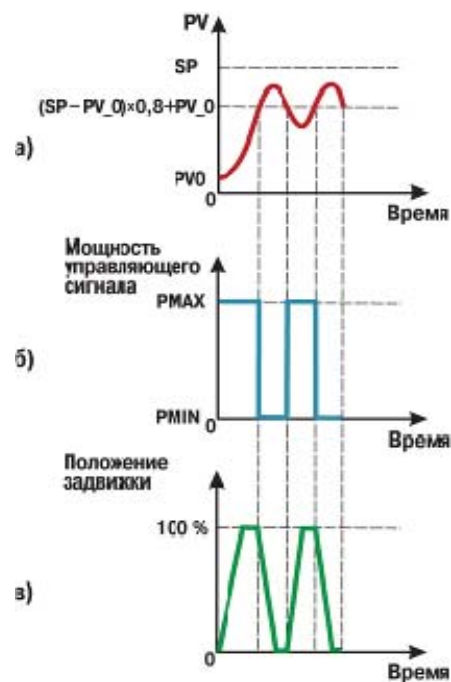


Рис. 2.14. Графики изменения значения регулируемого параметра (а), мощности управляющего сигнала (б), положения задвижки (в)

Входные параметры

PV:REAL – значение регулируемого параметра.

PV_TIME:WORD – время замера регулируемого параметра, 1/100 С.

Примечание. **Pv_Time** = **Circular time** (циклическое время) (см. на диске, входящем в комплект поставки, файл «PLC_Configuration_OWEN», раздел «Модуль аналогового входа»).

SP:REAL – уставка для АНР.

PMAX:REAL – максимальная мощность управляющего сигнала, возможные значения: $-1 \dots 1$.

PMIN:REAL – минимальная мощность управляющего сигнала, возможные значения: $-1 \dots 1$.

Примечание. При отсутствии физических ограничителей на ИМ (например, концевиков) рекомендуется устанавливать: для «холодильника» **PMIN** = -1 , **PMAX** = 0, для «нагревателя» **PMIN** = 0, **PMAX** = 1. При наличии физических ограничителей на ИМ рекомендуется устанавливать значения **PMIN** и **PMAX**, соответствующие крайним возможным положениям ИМ.

START_Y:REAL – выходная мощность управляющего сигнала при запуске АНР.

Примечание. Значение **START_Y** соответствует мощности управляющего сигнала, необходимой для точного поддержания заданного значения **SP**.

START:BOOL – запуск АНР, возможные значения 0 или 1.

Примечания. 1. Запуск АНР происходит в момент изменения значения параметра с 0 на 1.

2. После завершения АНР значение параметра остаётся равным 1 и нет необходимости устанавливать значение параметра равное 0.

Для следующего запуска АНР необходимо сначала установить 0, затем – 1.

3. Остановка АНР происходит при установлении значения 0 и имеет смысл только в процессе АНР.

PORL:REAL – максимальное приращение мощности управляющего сигнала, которое может воспринять ИМ (задвижка), обычно устанавливается равным единице, делённой на время хода задвижки (в секундах).

PV_0:REAL – начальное значение регулируемого параметра или значение регулируемого параметра при нулевой мощности управляющего сигнала.

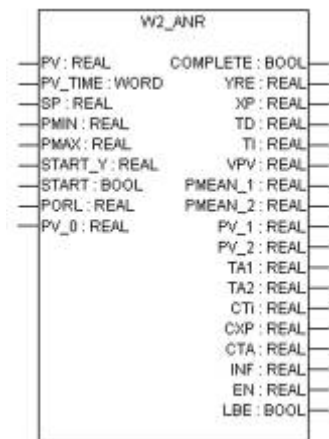


Рис. 2.15. Структурная схема функционального блока W2_ANR

Выходные параметры

COMPLETE: BOOL – признак выполнения АНР, возможные значения: 0 – АНР завершена, 1 – АНР выполняется.

YRE:REAL – мощность управляющего сигнала в диапазоне PMIN...PMAH.

Коэффициенты ПИД-регулятора, рассчитываемые при АНР

XP:REAL – пропорциональный коэффициент ПИД-регулятора.

TD:REAL – дифференциальный коэффициент ПИД-регулятора.

TI:REAL – интегральный коэффициент ПИД-регулятора.

VPV:REAL – максимально возможная скорость изменения значения регулируемого параметра, в (ед.изм. PV)/с.

Данные статической модели объекта, рассчитываемые при АНР

PV_1:REAL – промежуточная точка статической характеристики объекта, равная $(SP - PV_0) \times 0,8 + PV_0$. **PV_2:REAL** – значение уставки, для которой проводилась АНР.

PMEAN_1, PMEAN_2:REAL – мощность управляющего сигнала, соответствующая PV_1 и PV_2.

TA1, TA2:REAL – рассчитанные значения постоянной времени T1 для модели объекта II порядка.

CTi, CXP, CTA, EN:REAL – коэффициенты, характеризующие объект.

INF:REAL – рекомендуемое значение постоянной времени фильтра (интервал времени, в течение которого сигнал достигает 0,63 результата измерения), в секундах.

LBE:BOOL – Ошибка обратной связи, возможные значения: 0 – работа в штатном режиме, 1 – ошибка.

Примечания. 1. Ошибкой обратной связи считается: для «охладителя» если при подаче PMIN значение PV увеличивается, для «нагревателя» если при подаче PMAH значение PV уменьшается.

2. При ошибке обратной связи (**LBE** = 1) **YRE** = **START_Y**.

2.4. ПИД-регулятор

ПИД-регулирование

Пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) регулятор используется в системах автоматики для поддержания с высокой точностью нужных параметров. Он выдает выходной сигнал, направленный на уменьшение отклонения текущего значения регулируемого параметра от уставки (задания).

В общем случае работа универсального ПИД-регулятора для выходного сигнала (Y_i) может быть описана уравнением:

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

где

- X_p – полоса пропорциональности;
- E_i – разность между уставкой и текущим значением T_i регулируемого параметра, или рассогласование;
- E_i – разность значений между двумя соседними результатами измерения E_i и E_{i-1} ;
- $t_{изм}$ – интервал времени между двумя соседними измерениями T_i и T_{i-1} ;
- Φ – постоянная дифференцирования;
- Φ – постоянная интегрирования;
- $\sum_{i=0}^n E_i$ – накопленная в i -й момент времени сумма рассогласований (интегральная сумма).

Формула содержит три суммируемых составляющие:

пропорциональную $\left(\frac{E_i}{X_p} \right)$, которая зависит от рассогласования E_i и отвечает за реакцию на

мгновенную ошибку регулирования;

дифференциальную $\left(\frac{\tau_d \Delta E_i}{X_p \Delta t_{изм}} \right)$, которая зависит от скорости изменения рассогласования

$E_i / t_{изм}$ и позволяет улучшить качество переходного процесса;

интегральную $\left(\frac{1}{X_p \tau_{и}} \sum_{i=0}^n E_i \Delta t_{изм} \right)$, которая содержит в себе накопленную ошибку

регулирования и позволяет добиться максимальной скорости достижения уставки и поддерживать значение регулируемого параметра после выхода на уставку.

Следует учитывать, что поскольку опрос производится циклически, результаты измерения, которые использует регулятор для вычисления, изменяются не плавно и фактически представленные ниже графики должны иметь ступенчатую форму. При увеличении $t_{изм}$, эти ступеньки будут хорошо видны в режиме визуализации работы системы.

Быстрый выход на уставку

При большой разнице между начальным значением регулируемого параметра и уставкой включается быстрый выход на уставку. Быстрый выход на уставку обеспечивает выход на заданное значение с максимальной скоростью и минимальным «перерегулированием».

При быстром выходе на уставку на выходе регулятора сначала устанавливается максимальная мощность управляющего сигнала. Далее, по достижении регулируемым параметром некоторого значения (вычисляемого регулятором и обеспечивающего выход на уставку без перерегулирования), мощность управляющего сигнала уменьшается, а затем, после замедления роста регулируемого параметра, регулятор переходит к ПИД-регулированию.

Для работы регулятора в режиме быстрого выхода на уставку используется статическая характеристика объекта (см. рис. 2.8), которая вычисляется при АНР или опытным путём.

2.4.1. Функциональный блок адаптивного ПИД-регулятора с быстрым выходом на уставку (DSP_A_PID)

Функциональный блок DSP_A_PID – алгоритм, предназначенный для управления двухпозиционными и трёхпозиционными исполнительными механизмами. В алгоритме заложены режимы: РЕГУЛИРОВАНИЕ и РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ (ручное управление мощностью управляющего сигнала регулятора). В начале процесса регулирования при данном алгоритме осуществляется быстрый выход на уставку, а затем переключение на ПИД-регулирование.

Дополнительно в процессе работы ФБ может осуществлять подстройку коэффициентов ПИД-регулятора, т.е. адаптироваться к изменению параметров объекта.

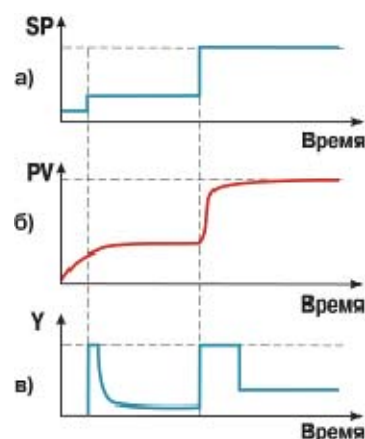


Рис. 2.16. Графики изменения уставки (а), значения регулируемого параметра (б), мощности управляющего сигнала (в) при быстром выходе на уставку

Входные параметры

Pv:REAL – текущее значение регулируемого параметра.

PV_TIME:WORD – время замера регулируемого параметра, 1/100 С.

Примечание. **Pv_Time** = **Circular time** (циклическое время) (см. на диске, входящем в комплект поставки, файл «PLC_Configuration_OWEN», раздел «Модуль аналогового входа»).

SP:REAL – уставка регулятора.

DYX:REAL – порог включения режима быстрого выхода на уставку, задает величину изменения пользователем уставки, при превышении которой происходит автоматическое включение БВУ (если пользователь изменил уставку на величину, превышающую порог, то БВУ автоматически включится).

RAMP:BOOL – разрешение быстрого выхода на уставку, возможные значения: 1 – включен, 0 – выключен.

EN_STAT:BOOL – подстройка статической характеристики объекта, возможные значения 1 (или **TRUE**) – подстройка разрешена и 0 (или **FALSE**) – запрещена.

Примечание. 1. Подстройка используется только для двухпозиционного ИМ. При использовании трехпозиционного ИМ подстройка нецелесообразна, поэтому в таком случае устанавливают значение 0 (или **FALSE**).

2. При **EN_STAT** равном 1 значения параметров, которые подстраиваются в процессе работы, можно сохранить.

Restart:BOOL – сброс регулятора в начальное состояние. Установить значение 1 (или **TRUE**).

Примечания: 1. Параметр используется при начальном старте и при изменении характеристик объекта регулирования. 2. После сброса интегральная составляющая принимает значение **Y_MANUAL**).

CTi:REAL – коэффициент, характеризующий объект.

CXP:REAL – коэффициент, характеризующий объект.

CTA:REAL – коэффициент, характеризующий объект.

EN:REAL – коэффициент, характеризующий объект.

INF:BYTE – значение постоянной времени фильтра (интервал времени, в течение которого сигнал достигает 0,63 результата измерения), в секундах.

Примечание. Значения параметров **CTi**, **CXP**, **CTA**, **EN**, **INF** вычисляются в процессе АНР.

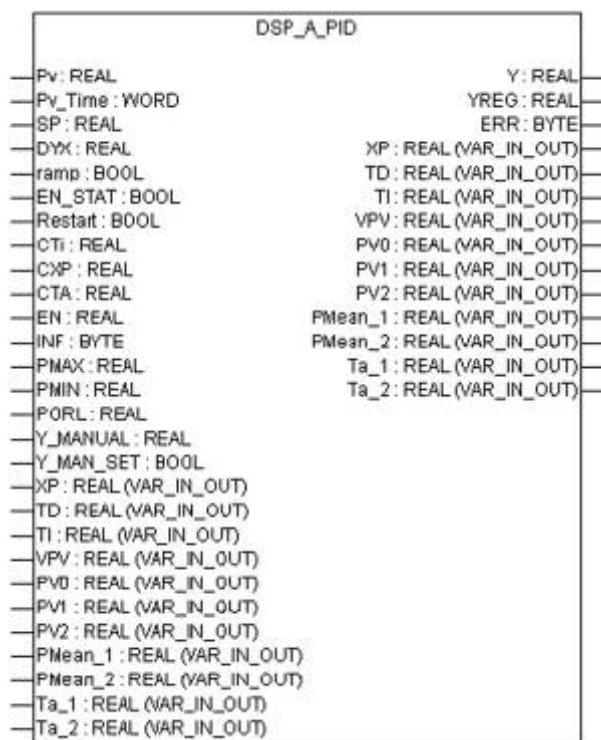


Рис. 2.17. Структурная схема функционального блока DSP_A_PID

P_{MAX}:REAL – максимальная мощность управляющего сигнала в диапазоне –1...1.

P_{MIN}:REAL – минимальная мощность управляющего сигнала в диапазоне –1...1.

Примечание. При отсутствии физических ограничителей на ИМ (например, концевики) рекомендуется устанавливать для «холодильника» **P_{MIN}** = –1, **P_{MAX}** = 0, для «нагревателя» **P_{MIN}** = 0, **P_{MAX}** = 1. При наличии физических ограничителей на ИМ рекомендуется устанавливать значения **P_{MIN}** и **P_{MAX}**, соответствующие крайним возможным положениям ИМ.

P_{ORL}:REAL – максимальное приращение выходной мощности управляющего сигнала, которое может воспринять трехпозиционный ИМ, в общем случае устанавливается равным единице, делённой на время полного хода ИМ (в секундах).

Y_{MANUAL}:REAL – мощность управляющего сигнала в режиме РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ.

Y_{MAN_SET}:BOOL – режим РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ, возможные значения: 0 – выключен и 1 – включен.

Примечание. При выключении режима РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ (**Y_{MAN_SET}** = 0) происходит безударный переход в режим РЕГУЛИРОВАНИЕ, т.е. выдаваемая регулятором мощность будет направлена на достижение заданной уставки.

X_N:REAL -- Зона нечувствительности (в единицах регулируемой величины).

X_P:REAL – пропорциональный коэффициент ПИД-регулятора.

T_D:REAL – дифференциальный коэффициент ПИД-регулятора.

T_I:REAL – интегральный коэффициент ПИД-регулятора.

V_{PV}:REAL – максимально возможная скорость изменения значения регулируемого параметра, размерность (ед. PV)/с.

Примечание. Перед первым запуском регулятора значения параметров **X_P**, **T_D**, **T_I** устанавливаются равными вычисленным по формуле (1).

Данные статической модели объекта

P_{V0} – начальное значение регулируемого параметра или значение регулируемого параметра при нулевой мощности управляющего сигнала

P_{v1} – значение регулируемого параметра в точке 1 статической характеристики объекта.

P_{v2} – значение регулируемого параметра в точке 2 статической характеристики объекта.

P_{Mean_1}, **P_{Mean_2}**:REAL – мощность управляющего сигнала, соответствующая **P_{v1}** и **P_{v2}**.

T_{a_1}, **T_{a_2}**:REAL – рассчитанные значения постоянной времени T1 для модели объекта II порядка.

Выходные параметры

Y:REAL – мощность управляющего сигнала для двухпозиционного ИМ.

Y_{REG}:REAL – мощность управляющего сигнала для трехпозиционного ИМ.

ERR:BYTE – тип ошибки:

0 – отсутствует;

1 – некорректное значение PV;

2 – ошибка обратной связи.

Примечание. При наличии ошибки мощность управляющего сигнала (**Y**) поддерживается на неизменном уровне.

X_P, **T_D**, **T_I**, **V_{PV}**, **P_{V0}**, **P_{v1}**, **P_{v2}**, **P_{Mean_1}**, **P_{Mean_2}**, **T_{a_1}**, **T_{a_2}** – см. входные параметры.

Примечание. Данные выходные параметры могут изменяться (перерасчитываются) по сравнению с аналогичными входными, если используется функция подстройки **ramp** = 1 и **EN_STAT** = 1.

3. Примеры использования функциональных блоков

Пример 1

Задача. В печи необходимо поддерживать определённую температуру.

Комплектация системы. ПЛК150.У-L, термосопротивление, ТЭН или печь.

Порядок настройки системы

1. Соберите систему в соответствии со схемой на рис. 3.1

Примечание. ПЛК150.У-L можно заменить любым ОВЕН ПЛК с аналоговым входом.

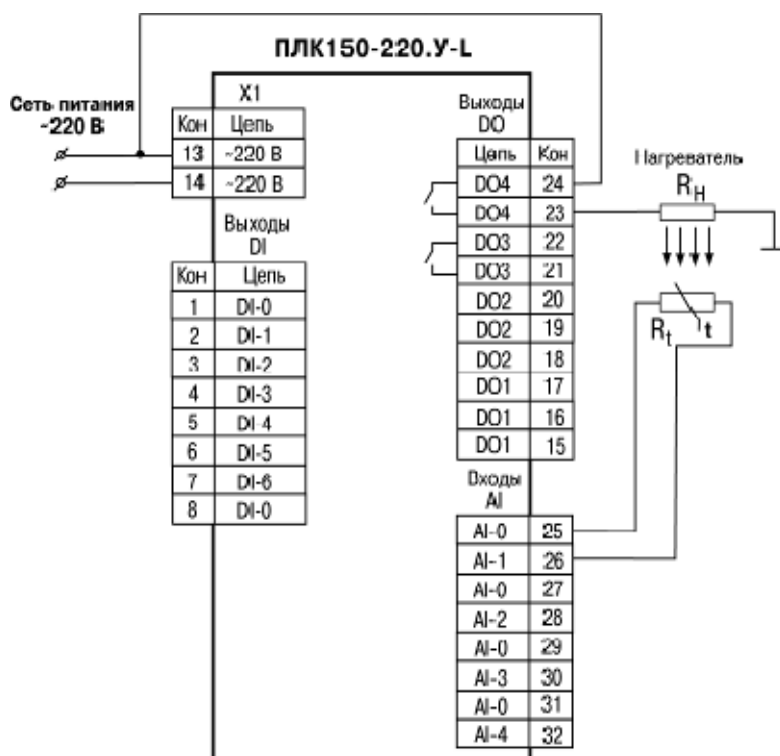


Рис. 3.1. Схема подключения элементов системы

2. Создайте новый проект в Codesys, для этого:

– запустите Codesys ► **File New**

– в окне **Target Settings** выберите из списка используемый в системе контроллер, например **PLC150.U-L**, нажмите OK (Рис. 3.2)

– в окне **Язык POU** выберите **FBD** ► **Type of POU: program**, нажмите OK.

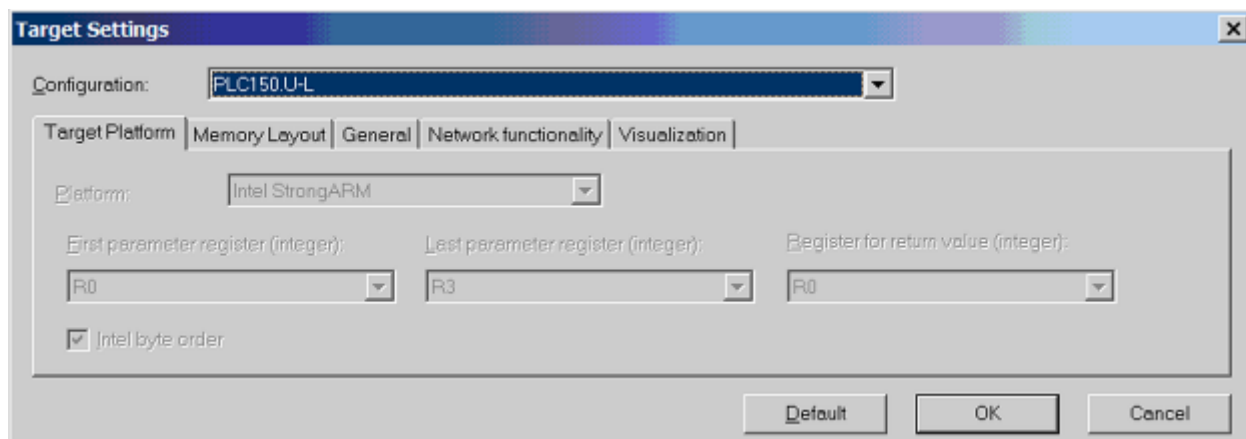


Рис. 3.2. Окно Target Settings. Выбор контроллера

3. Добавьте Библиотеки функциональных блоков, для этого:

– скопируйте библиотеку PID_Reg2 с диска, входящего в комплект поставки ПЛК. Если она уже есть, то выберите **Заменить**. Закройте вкладку.

Примечание. По умолчанию все библиотеки находятся в папке C:/program file 3S Software/ Codesys 3.2/ V2.3 Library.

– во вкладке **Resources** двойным щелчком мыши откройте **Library Manager**

– щелчком мыши на средней верхней части окна со списком установленных библиотек открыть контекстное меню **Additional Library** выберите, библиотеку **PID_Reg2.lib**. (рис. 3.3)

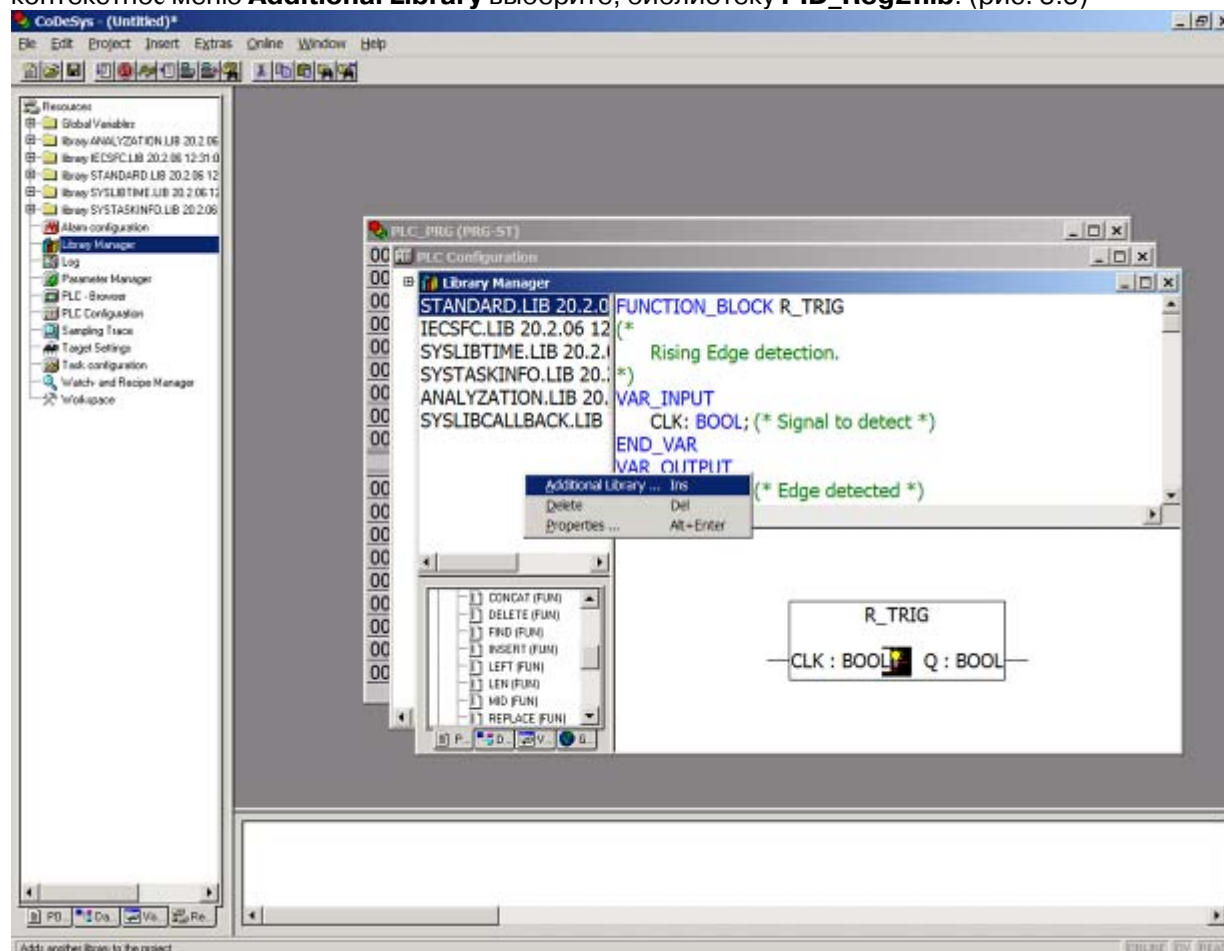


Рис. 3.3. Контекстное меню Additional Library, выбор библиотеки

4. Настройте входы-выходы ПЛК в окне PLC-Configuration

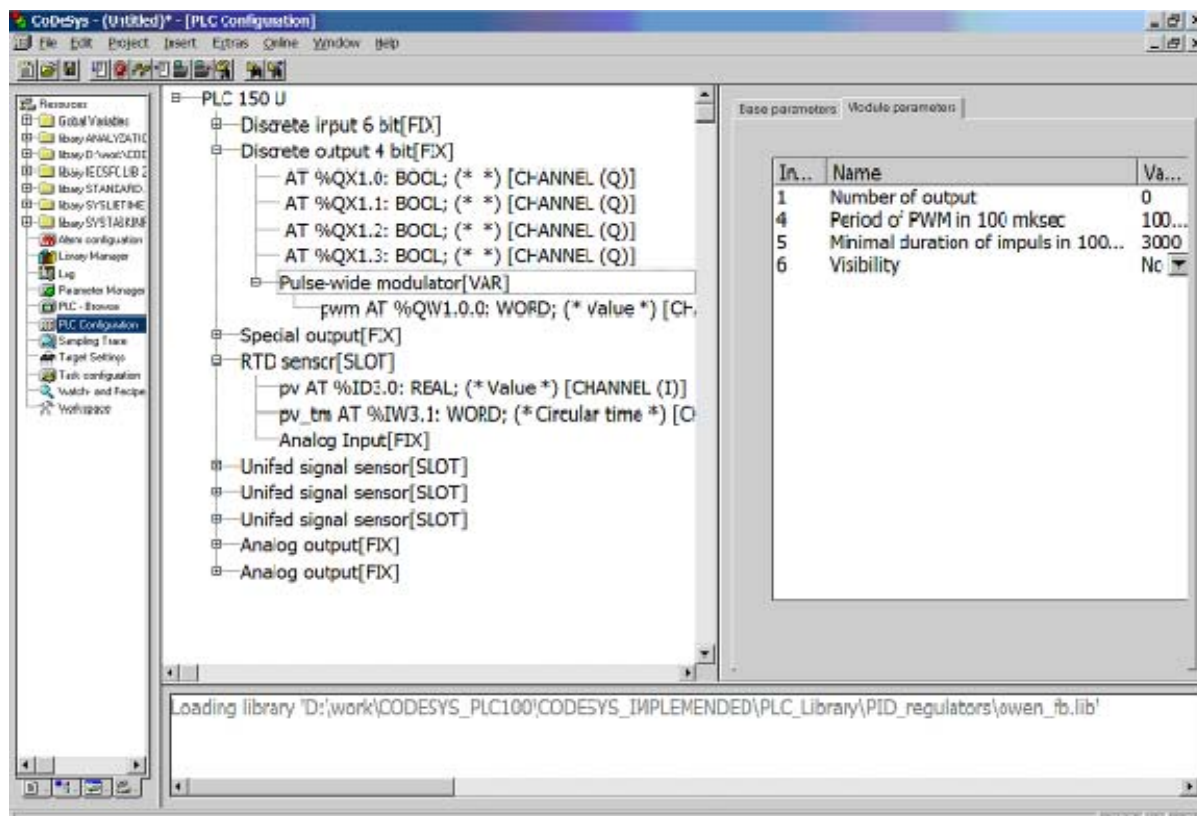


Рис. 3.4. Окно настройки входов-выходов ПЛК

Примечание: Для контроллеров других модификаций вид окна настройки может отличаться, см документ "Конфигурирование области ввода/вывода" (PLC_Configuration) для конкретного контроллера.

5. Выберите функциональный блок из библиотеки PID_Reg2, для этого:

Щелчком правой кнопки мыши в нижней части окна **PLC_PRG (PRG-FBD)** выберите **box**. (рис. 3.5). Нажмите F2, в окне Input assistant выберите ФБ APID_PWM, нажмите OK.

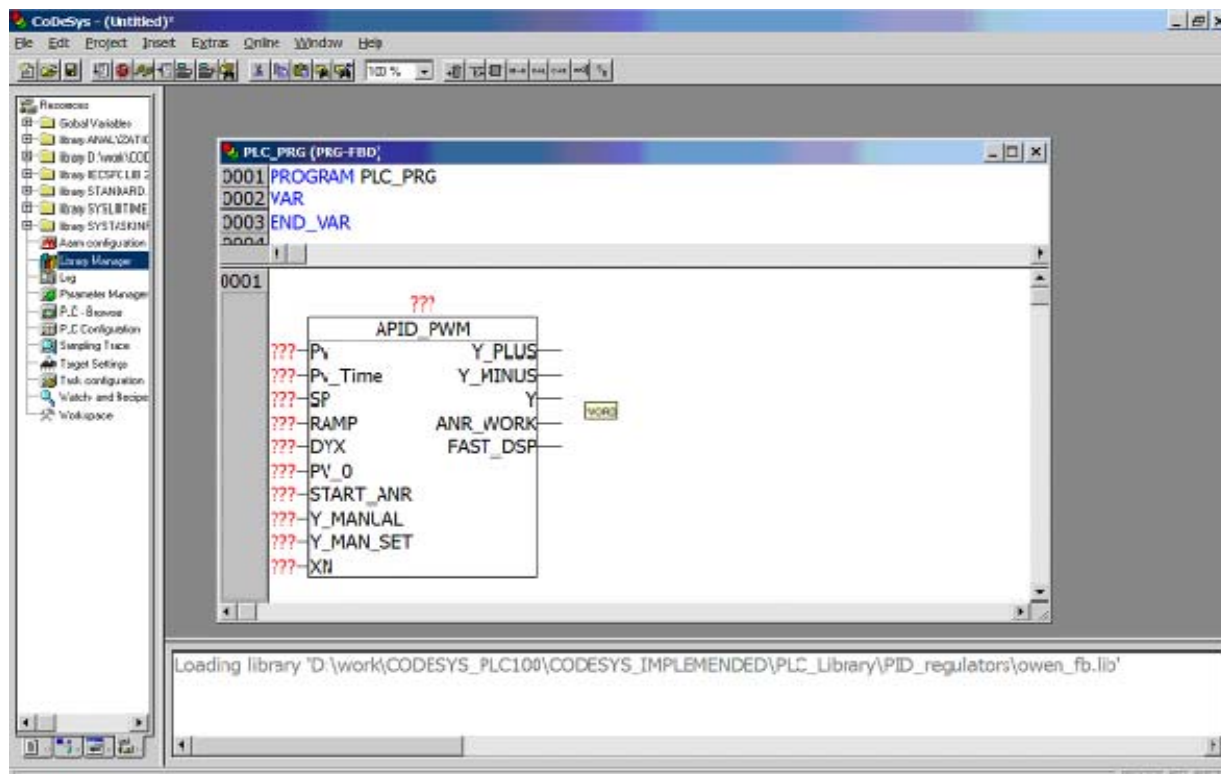


Рис. 3.5. Окно PLC_PRG, выбор функционального блока

6. Настройте ФБ, для этого:

- дайте имя выбранному ФБ,
- «привяжите» ФБ к измерителю (ПЛК150.U-L), т.е. введите названия соответствующих переменных напротив входов Pv, Pv_time (см. рис. 3.4).
- задайте остальные входные и выходные параметры ФБ (рис. 3.6).

Система готова к работе.

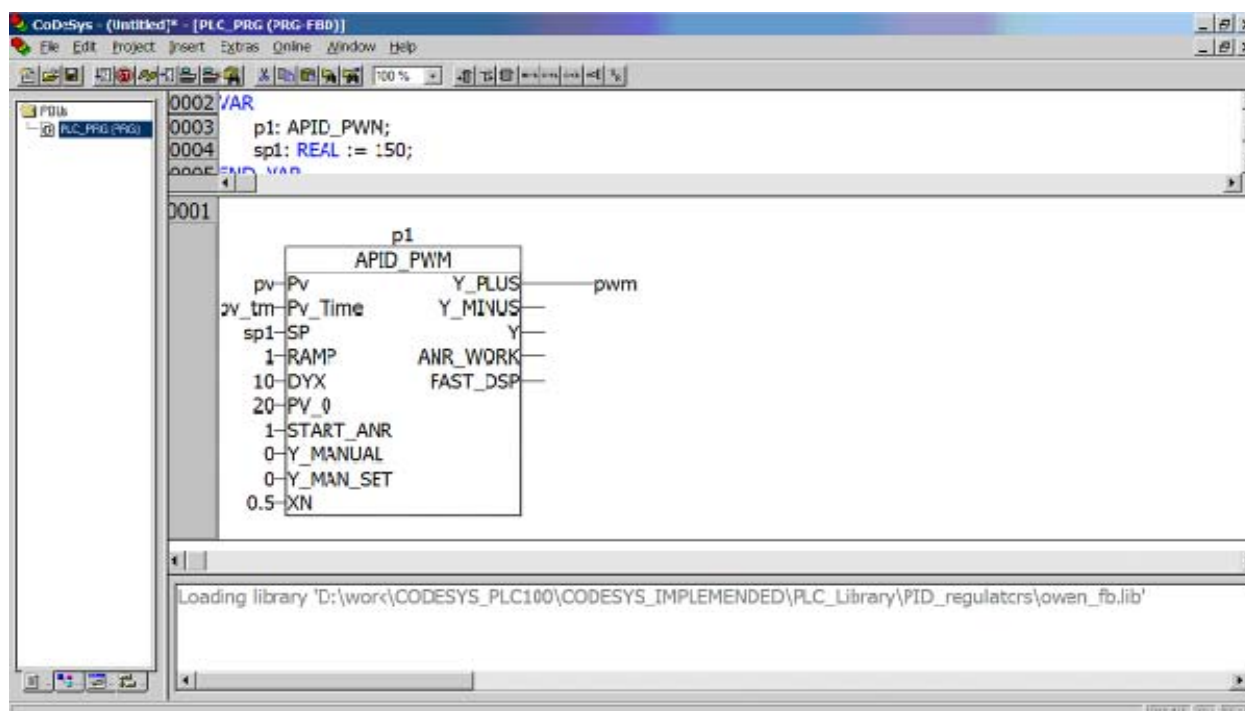


Рис. 3.6. Окно задания параметров функционального блока

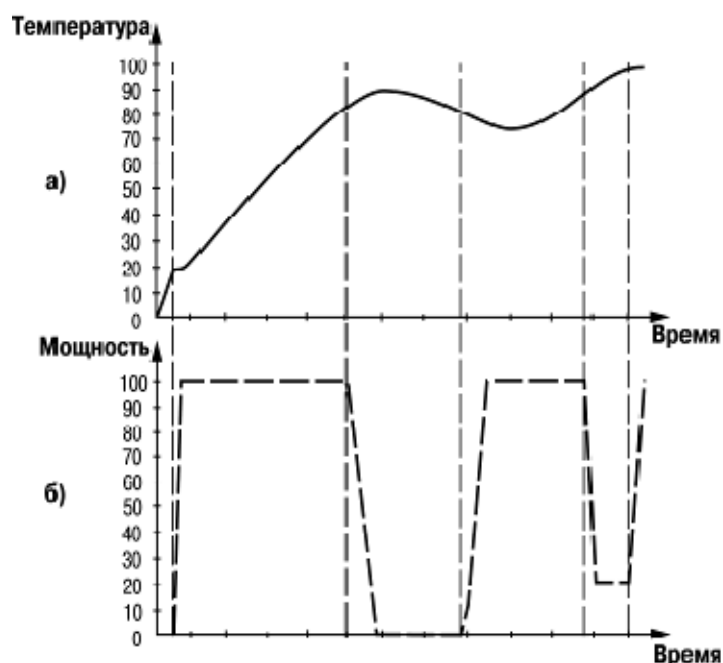


Рис. 3.7. Графики изменения значения регулируемого параметра (а), мощности управляющего сигнала (б)

Пример 2

Задача. Регулирование температуры обратной воды в зависимости от температуры наружного воздуха.

Комплектация системы. ПЛК150.У-Л, два термосопротивления для измерения температуры наружного воздуха и температуры обратной воды, задвижка.

Порядок настройки системы

1. Соберите систему в соответствии со схемой на рис. 3.1

Примечание. ПЛК150.У-Л можно заменить любым ОВЕН ПЛК, с аналоговым входом.

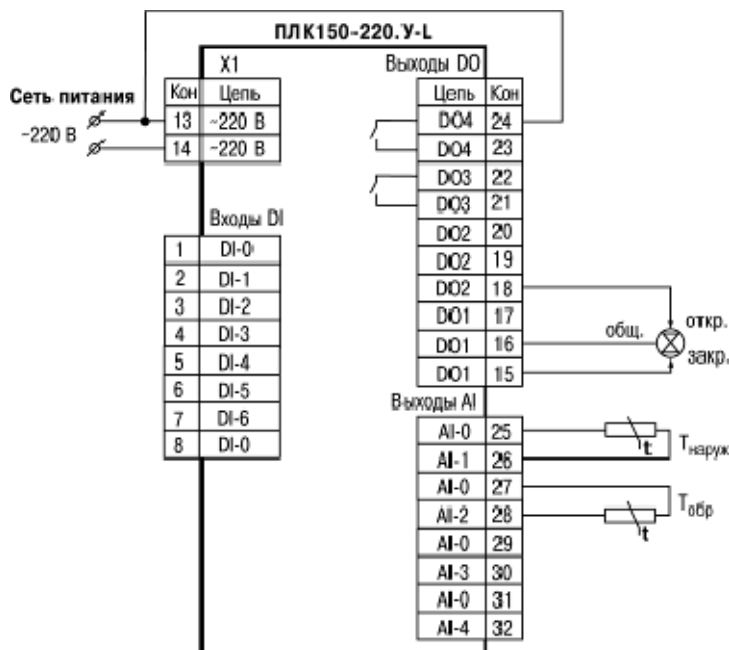


Рис. 3.8. Схема подключения элементов системы

2. Создайте новый проект в Codesys аналогично описанию в п.2 в Примере 1.

3. Добавьте Библиотеки функциональных блоков аналогично описанию в п.3 в Примере 1.

4. Настройте входы-выходы ПЛК в окне PLC-Configuration (рис. 3.9)

При настройке входов-выходов ПЛК для данной системы необходимо учесть, что будут использоваться два дискретных выхода ПЛК для управления задвижкой (в папке **Discrete output** переменные **kzr1_less** и **kzr2_more**), два измерительных входа: для измерения температуры наружного воздуха (в первой папке **RTD sensor** переменная **t_ext**) и температуры обратной воды (во второй папке **RTD sensor** переменная **t_backw**. При измерении температуры обратной воды время замера необходимо фиксировать **t_backw_tm**.

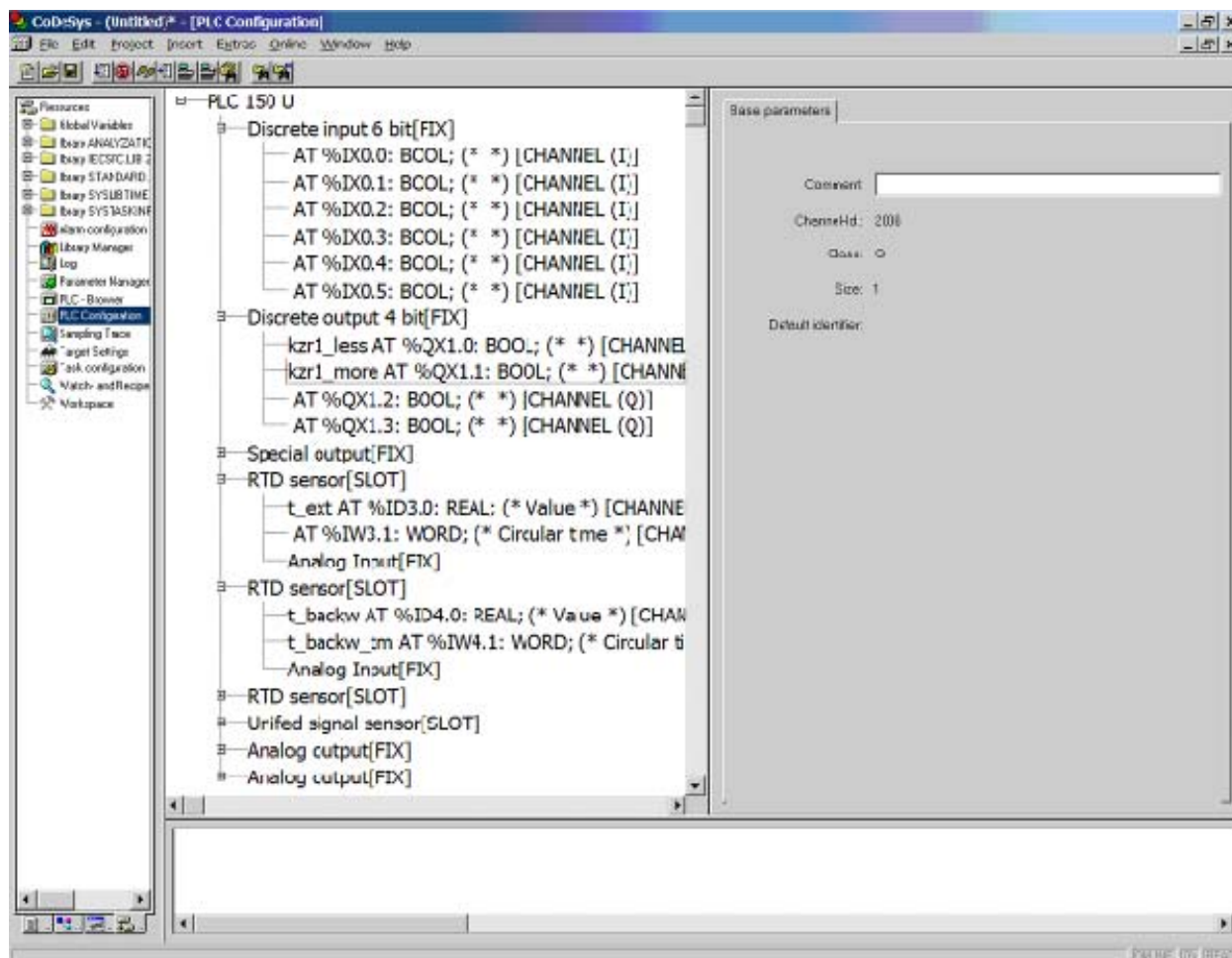


Рис. 3.9. Окно настройки входов-выходов ПЛК

Примечание: Для контроллеров других модификаций вид окна настройки может отличаться, см документ "Конфигурирование области ввода/вывода" (PLC_Configuration) для конкретного контроллера.

5. Выберите функциональный блок из библиотеки PID_Reg2 (рис. 3.10) аналогично описанию в п.5 в Примере 1. ФБ установите в сеть 0002. Для данной системы следует выбрать функциональный блок APID_VALVE.

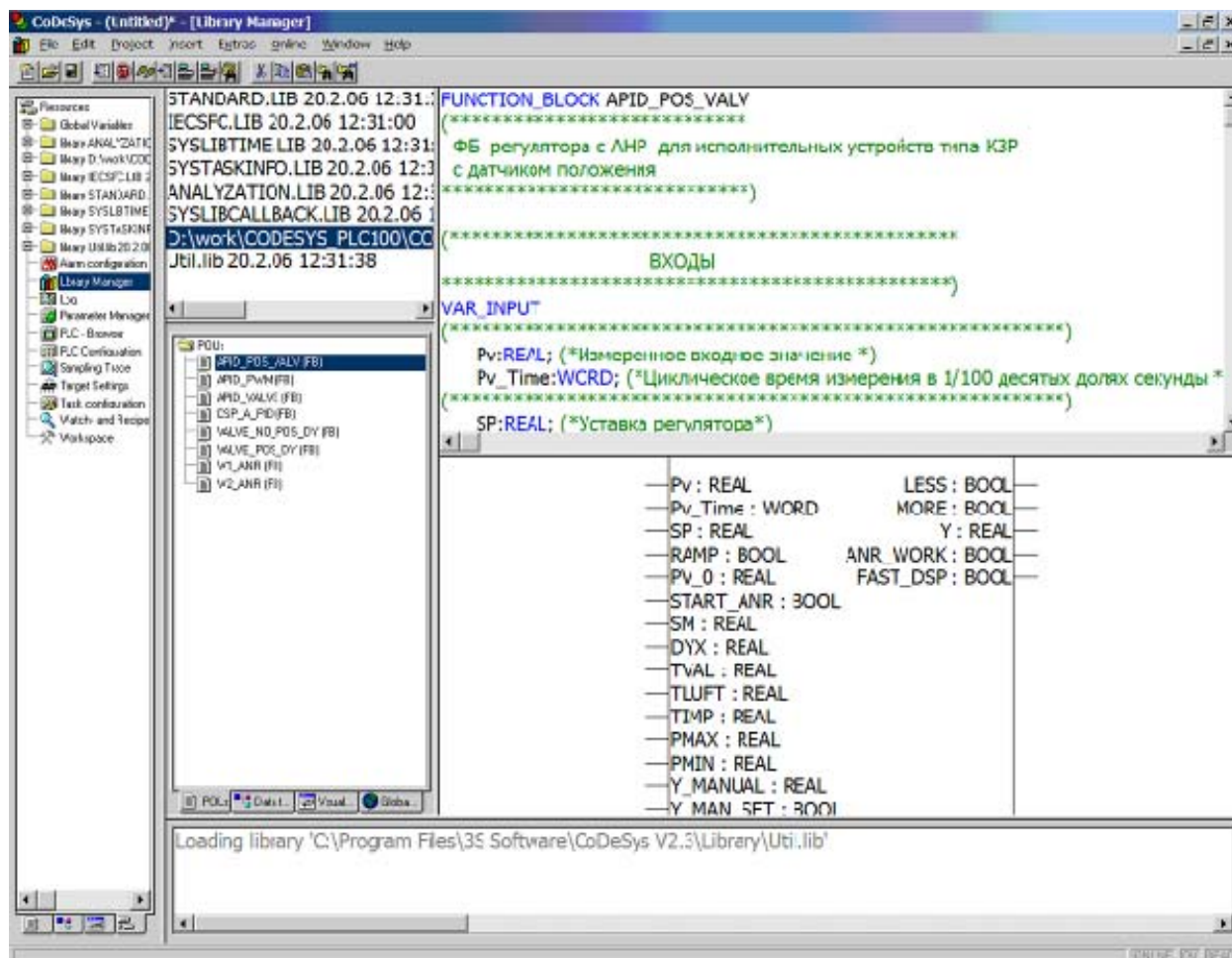


Рис. 3.10. Окно установки функционального блока в сеть 0002

6. Разработайте программу для ПЛК

Данная программа для ПЛК состоит из двух сетей.

В сети 0001 вычисляется уставка температуры обратной воды. Вычисление производится с помощью стандартных функциональных блоков (блок умножения и блок суммы), которые надо добавить в сеть 0001, и в соответствующие места ввести коэффициенты, названия переменной, используемой в вычислении (t_{ext}), и результат (sp_back_w).

В сети 0002 установлен ФБ APID_VALVE (см. п. 5 этого раздела).

Для настройки ФБ:

- дайте имя выбранному ФБ;
- «привяжите» входы ФБ к измерителю (ПЛК150.U-L), т.е. напротив входов Pv, Pv_time и SP введите соответственно названия переменных t_backw , t_backw_tm и sp_back_w , а выходы – к КЗР.
- задайте остальные входные и выходные параметры ФБ (см. рис. 3.11 (сеть 0002)).

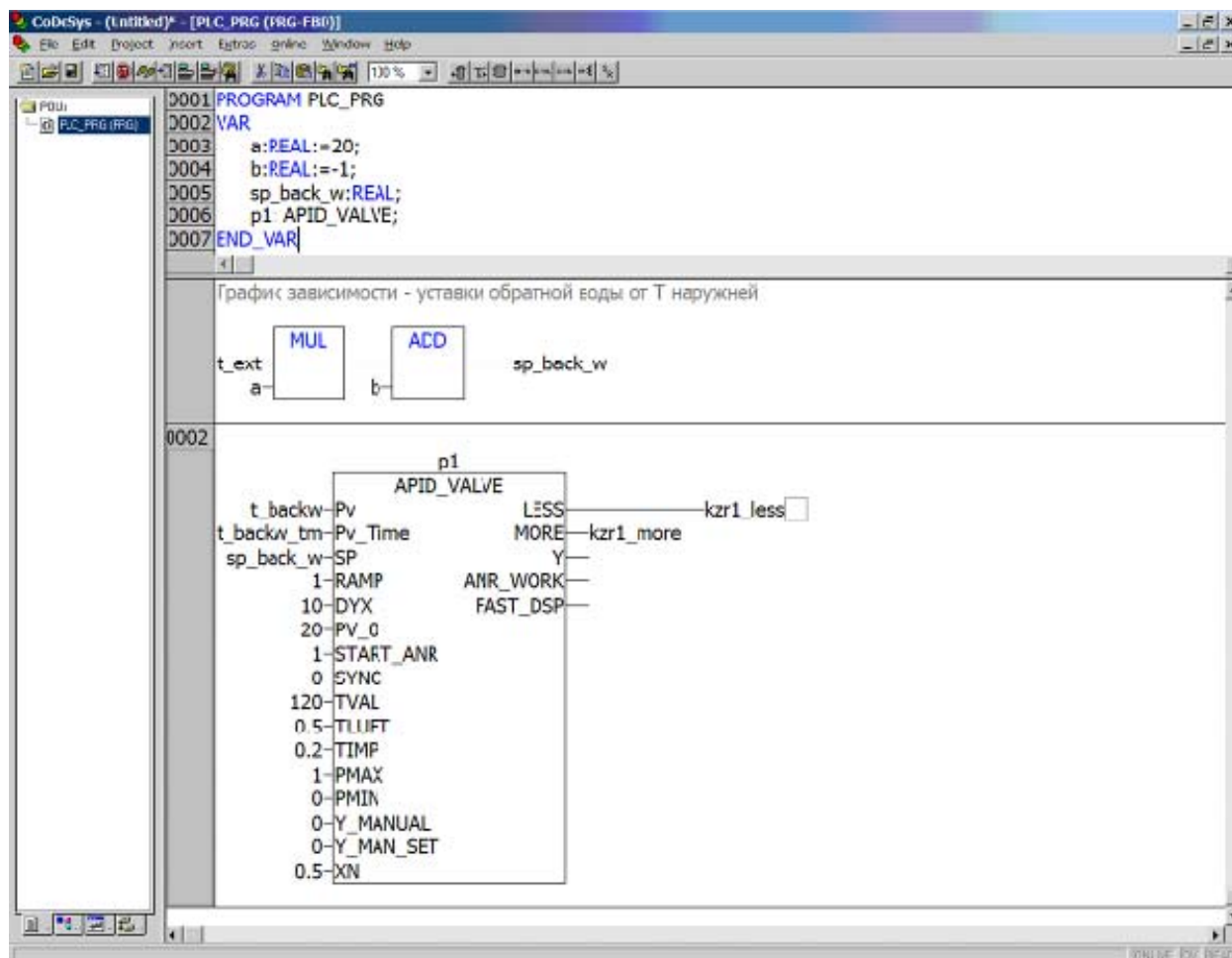


Рис. 3.11. Окно с программой ПЛК