

**Описание по работе с примером использования ПИД-регулятора с автонастройкой для управления 3-позиционным исполнительным механизмом**

Общие положения

Данный документ является инструкцией по использованию функционального блока ПИД-регулятора с автонастройкой для управления 3-позиционным исполнительного механизма (ИМ) с датчиком положения.

ПИД-регулятор реализован в качестве функционального блока **APID\_POS\_VALV** из библиотеки **CmpOwenPidRegs**.

Объект управления

В качестве имитации объекта управления используется математическая модель, реализованная на языках стандарта МЭК 61131-3 в контроллере-симуляторе.

Контроллер-симулятор: **ПЛК154-220.У-М[[1]](#footnote-1)**

Контроллер-регулятор: **ПЛК210-01**

В реальном применении вместо контроллера-симулятора используется конкретный объект управления, включающий в себя датчики для измерения значения контролируемого параметра объекта и определения положения ИМ. В данном случае должен использоваться 3-позиционный ИМ.

Схема стенда приведена на рисунке 1.

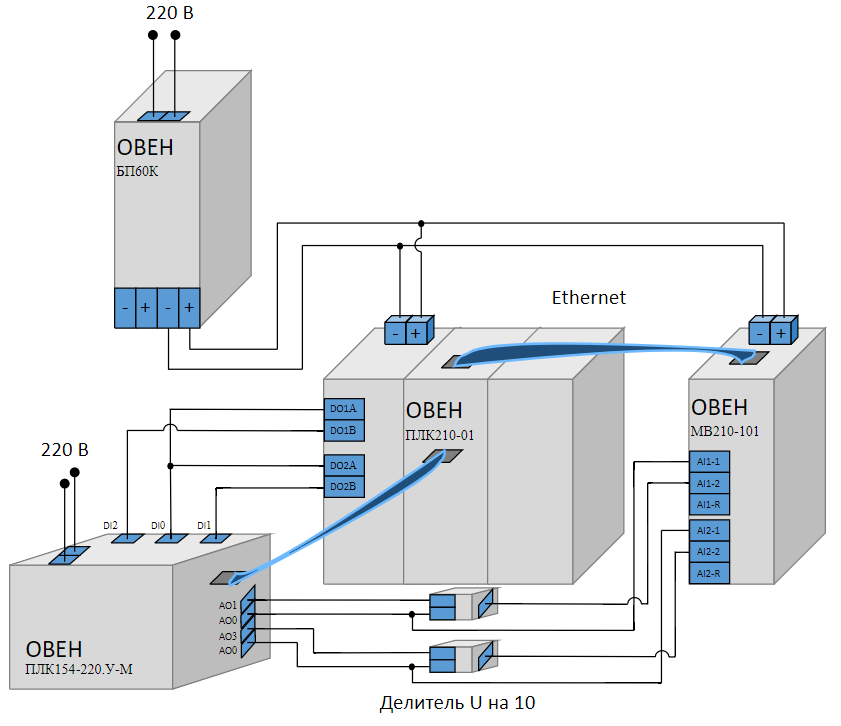


Рисунок 1. Схема стенда

Состав оборудования стенда и описание его подключения приведено в таблице 1.

Таблица 1.

|  |  |
| --- | --- |
| Прибор | Описание подключения |
| ОВЕН БП60К | Блок питания обеспечивает постоянное напряжение 0..24 В для ПЛК210-01 и МВ210-101. |
| ОВЕН ПЛК154-220.У-М | Контроллер-симулятор. Реализует математическую модель объекта управления с 3-позиционным ИМ. Вход DI1 принимает сигнал на закрытие задвижки (3-позиционного ИМ), а вход DI2 на открытие. Аналоговый выход AO1 передает измеренное значение параметра объекта (*PV*), а аналоговый выход AO3 – значение текущего положения задвижки (*SM*). |
| ОВЕН ПЛК210-01 | Контроллер-регулятор. Реализует регулирование объекта управления с 3-позиционным ИМ по средствам ПИД-регулятора с автонастройкой.  Выход DO1 передает сигнал на открытие задвижки (*More*), а выход DO2 – на закрытие (*Less*). |
| ОВЕН МВ210-101 | Модуль аналогового ввода служит для передачи в контроллер-регулятор значений с аналоговых выходов контроллера-симулятора. Вход AI1 подключен к выходу AO1 ПЛК154, а AI2 к AO3. |

С ВЭ1 (выходного элемента) ПЛК154 выдаётся сигнал в виде напряжения 0…10 В на вход модуля аналогового ввода МВ210-101, передающего данные значения в контроллер-регулятор ПЛК210-01.

Для корректной работы нужно задать в модуле тип датчика – унифицированный датчик по напряжению U 0…10 В с диапазонами 0…100 или U 0…1 В с диапазонами 0…100 и делителем напряжения.

Если в настройках модуля выбран унифицированный датчик по напряжению U 0…1 (как это сделано в данном примере, так как модуль МВ210-101 поддерживает только тип датчика U 0…1 В), то нужно использовать делитель напряжения с коэффициентом деления на 10, чтобы преобразовать уровень напряжения 0…10 В (диапазон ВЭ1 ПЛК154) в 0…1 В.

Для подключения датчика, измеряющего значение регулируемого параметра объекта, используются клеммы AO0 и AO1 ПЛК154 и клеммы AI1-1 и AI1-2 МВ210-101. Схема подключения приведена на рисунке 2.



Рисунок 2. Подключение ВЭ1 ПЛК154 к измерительному входу модуля аналогово ввода

Для подключения датчика положения задвижки данный вход модуля также настраивается как унифицированный датчик по напряжению. В данном случае используются клеммы AO0 и AO3 ПЛК154 и клеммы AI2-1 и AI2-2 МВ210-101. Схема подключения с использованием унифицированного датчика по напряжению U 0…1 В и, соответственно, делителем напряжения приведена на рисунке 3.



Рисунок 3. Подключение ВЭ3 ПЛК154 к измерительному входу модуля аналогово ввода

Для проверки работы системы с сервомотором с использованием дискретных ВЭ необходимо ВЭ, отвечающий за открытие задвижки (DO1), подключить к дискретному входу 2 контроллера ПЛК154, а ВЭ, отвечающий за закрытие задвижки (DO2) подключить к дискретному входу 1 ПЛК154. Схема подключения приведена на рисунке 4.

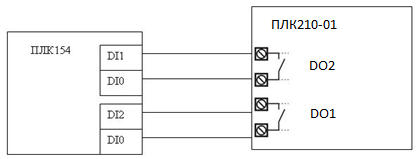


Рисунок 4. Подключение ВЭ ПЛК210 к дискретным входам ПЛК154 для проверки работы регулятора в режиме «дискретной задвижки»

Описание функционала и программной реализации примера

Внешний вид экрана web-визуализации проекта в момент завершения процесса автонастройки приведен на рисунке 5.

Далее приводится описание последовательности действий при работе с примером, а также описание их программной реализации.

**Для избежания неадекватных процессов и негативных последствий в системе регулирования все переходы между режимами работы ПИД-регулятора должны производиться только из установившегося состояния.**

После запуска проекта ФБ ПИД-регулятора находится в состоянии **INIT\_STATE** (инициализация ПИД-регулятора). Пользователь может запустить режим автонастройки, перейти в ручной режим управления или запустить непосредственно режим регулирования с заданными коэффициентами.

Режим автонастройки (**START\_PNR**) запускается только из режима регулирования (**WORK\_PID**), поэтому необходимо записать нулевые коэффициенты ПИД-регулятора (перейти в режим **START\_PID**), задать параметры автонастройки (**SP, Мощ. max**), включить разрешение на запуск автонастройки при пуске ФБ ПИД-регулятора (**Старт АНР**). В данном случае после включения ФБ в программе ПЛК в первом цикле контроллера ФБ ПИД-регулятора перейдет в режим регулирования (**WORK\_PID**), со всеми установленными параметрами, кроме **SP**, чтобы не началась выработка регулирующих воздействий. Во втором цикле контроллера произойдет автоматический пуск автонастройки одновременно с записью уставки регулятора (**SP**). Данная последовательность действий обеспечивает работу ПИД-регулятора в режиме автонастройки с заданной мощностью (**Мощ. max**). По окончании процесса автонастройки ФБ рассчитает оптимальные коэффициенты ПИД-регулятора и автоматически перейдет в режим регулирования (**WORK\_PID**) с уставкой, заданной перед стартом автонастройки. Практически во всех случаях требуется проводить автонастройку из определенного состояния системы (определенная степень открытия задвижки); для этого необходимо предварительно перейти в ручной режим управления и перевести объект в требуемое состояние. После перевода объекта в данное состояние необходимо обязательно выполнить сброс ФБ (кнопка **Сброс ПИД**). ФБ ПИД-регулятора перейдет в состояние **INIT\_STATE.** Дальнейшая последовательность действий по проведению автонастройки аналогична рассмотренной выше.

Переход в ручной режим управления возможен напрямую из начального состояния ФБ ПИД-регулятора (**INIT\_STATE**), а также из любого другого режима работы. После перехода в ручной режим (путем передачи значения **TRUE** на вход ФБ **Y\_MAN\_SET**) необходимо включение ФБ в программе ПЛК.

Для управления технологическим процессом в ручном режиме необходимо задать требуемую мощность, которую регулятор передаст на 3-х позиционный ИМ. Программная реализация записи мощности в ФБ ПИД-регулятора заключается в следующем: при нажатии кнопки **Запись** в блоке ручного управления происходит передача заданного значения мощности на вход ФБ **DY\_MANUAL** на один цикл контроллера, а в следующем цикле на вход ФБ **DY\_MANUAL** передается значение 0. Данный порядок действий необходим для отработки ПИД-регулятором заданного значения мощности (если во втором цикле контроллера не выполнить сброс входа ФБ **DY\_MANUAL** в 0, то с каждым следующим циклом контроллера мощность в ручном режиме работы будет накапливаться).

Также необходимо проконтролировать, что подаваемая мощность может быть физически отработана ИМ (*пример: если при полностью открытой задвижке подать мощность 0.5, то никаких управляющих воздействий от ПИД-регулятора к задвижке поступать не будет, так как на выходе ФБ будет сигнал о достижении максимального открытия*). Для открытия ИМ мощность подается со знаком плюс, для закрытия – со знаком минус (пример: 0.5 / -0.5). Если требуется прекратить передачу управляющего воздействия от ПИД-регулятора к ИМ (остановить ИМ) необходимо подать мощность с обратным знаком, равную предыдущей поданной мощности.

Для перехода в ручной режим из режима регулирования необходимо предварительно дождаться установившегося состояния, т.е. отсутствия регулирующих воздействий на выходе регулятора (на визуализации загорится лампа: **Вкл. – ОК!**). Данное условие обеспечивает моментальную реакцию регулятора на изменение мощности, подаваемой на вход **DY\_MANUAL**. ***В противном случае регулятор будет продолжать отрабатывать предыдущее воздействие.***

При переходе из ручного режима в режим регулирования для безударного переключения предусмотрена автоматическая запись текущего значения регулируемой величины (**PV**) в уставку ПИД-регулятора (**SP**).

В данном проекте предусмотрена возможность прекращения автонастройки путем перехода в ручной режим управления. Таким образом, если во время выполнения автонастройки включить ручной режим работы (присвоить значение **TRUE** на вход ФБ **Y\_MAN\_SET**), то регулятор переведет задвижку в ее исходное положение (положение перед пуском автонастройки) и автонастройка будет прекращена. Такая возможность необходима при внештатном запуске автонастройки.

Программная реализация данного перехода аналогична записи мощности в ручном режиме управления. В данном случае в момент переключения режимов записываемая мощность, равная максимальной мощности автонастройки (**Мощ. max**), взятой с обратным знаком относительно текущего движения ИМ. Например: если **Мощ. max = 30%,** в момент переключения режимов происходит закрытие ИМ, то на вход **DY\_MANUAL** передается значение -0.3 на один цикл контроллера со сбросом в 0 в следующем цикле.

**Важно!** Необходимо предусмотреть задержку, равную 2-м изменениям параметра, передаваемого на вход **PV\_TIME** *(Циклическое время обновления входа PV в сотых долях секунды)* перед включением функционального блока ПИД-регулятора (**в режиме регулирования**) при старте проекта после перезагрузки контроллера. Таким образом, необходимо дождаться, пока значение на входе **PV\_TIME** изменится минимум 2 раза. Схема, иллюстрирующая данный процесс, представлена в таблице 2.

Таблица 2.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Значение на входе PV\_TIME | Фиксация изменения | Количество изменений |
| 0 | Нет | 0 |
| 123 | Да | 1 |
| 231 | Да | 2 |

В противном случае (если ФБ ПИД-регулятора запускается в первом цикле контроллера) возможна ситуация, когда блок регулятора не успеет получить на вход параметры от объекта управления (**PV, SM**), в результате чего процесс регулирования не будет возобновлен. В данной ситуации также возможно «зависание» ФБ ПИД-регулятора.

При перезагрузке контроллера в режиме автонастройки или ручном режиме в примере предусмотрено отключение и сброс ФБ ПИД-регулятора после его запуска.

**Сценарии работы с примером**

1. *Запуск режима автонастройки после загрузки проекта в контроллер*:
   1. Установить нулевые параметры ПИД-регулятора;
   2. Нажать кнопку: **Записать параметры**;
   3. Задать **SP** и максимальную мощность при автонастройке (**Мощ. max**);
   4. Включить кнопку: **Старт АНР**;
   5. Включить кнопку: **Вкл/Выкл** (Регулирование).
2. *Переход в ручной режим управления после загрузки проекта в контроллер:*
   1. Включить кнопку: **Вкл/Выкл** (Ручное управление);
   2. Включить кнопку: **Вкл/Выкл** (Регулирование);
   3. Задать требуемую мощность в ручном режиме регулирования;
   4. Нажать кнопку: **Запись**.
3. *Выход из ручного режима работы:*
   1. Выключить кнопку: **Вкл/Выкл** (Регулирование);
   2. Выключить кнопку: **Вкл/Выкл** (Ручное управление);
4. *Запуск режима автонастройки после выхода из ручного режима работы:*
   1. Нажать кнопку: **Сброс ПИД**;
   2. Установить нулевые параметры ПИД-регулятора;
   3. Нажать кнопку: **Записать параметры**;
   4. Задать **SP** и Максимальную мощность при автонастройке (**Мощ. max**);
   5. Включить кнопку: **Старт АНР**;
   6. Включить кнопку: **Вкл/Выкл** (Регулирование).
5. *Запуск режима регулирования после загрузки проекта в контроллер*:
   1. Установить параметры ПИД-регулятора;
   2. Нажать кнопку: **Записать параметры**;
   3. Задать **SP**;
   4. Нажать кнопку: **Записать SP**;
   5. Включить кнопку: **Вкл/Выкл** (Регулирование).
6. *Запуск режима регулирования при выходе из ручного режима работы*:
   1. Установить параметры ПИД-регулятора;
   2. Нажать кнопку: **Записать параметры**;
   3. Выключить кнопку: **Вкл/Выкл** (Ручное управление).

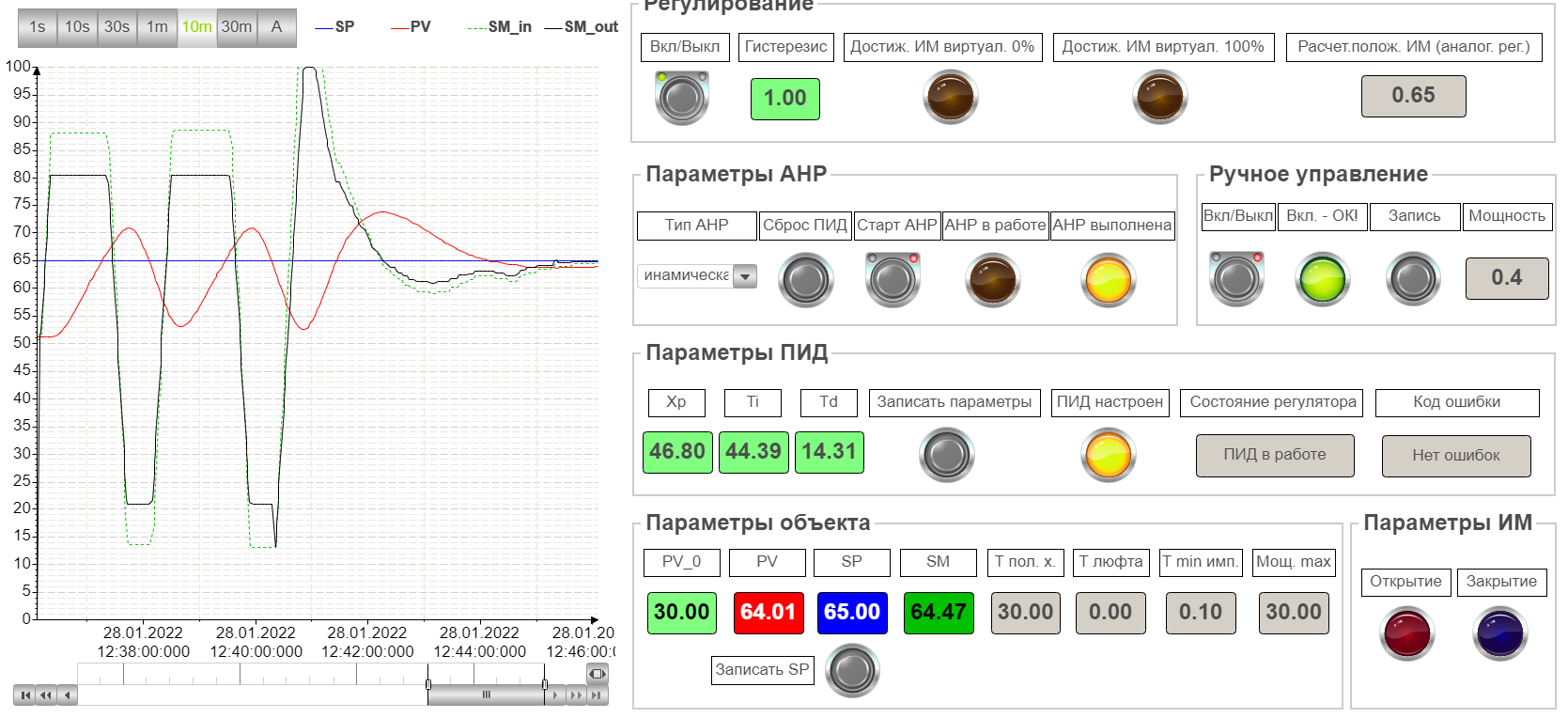


Рисунок 5. Web-визуализация проекта в момент завершения автонастройки

**Примечание:** на рисунке есть расхождение входного и выходного значения SM – это связано с погрешностью, которую вносит делитель напряжения

1. Проект для контроллера-симулятора не входит в архив примера, так как является интеллектуальной собственностью его создателей [↑](#footnote-ref-1)