

## Лекция 15

### PID – регулирование.

**Основное применение и цель регулирования. PID-алгоритм. P-контроллер I-контроллер D-контроллер. Дискретная форма PID уравнения. PID регулятор в Wizard. Параметры Таблицы контура регулирования Расчёт контура PID – регулирования. Структура программы. PID Auto-Tuning (Автоматическая настройка).** Автоматическая настройка по методу *Åström & Hägglund*. Авто-гистерезис и авто-отклонение. Auto-Tune последовательность. PID Tuning Control Panel. Графическое поведение контура регулирования.

1. PID – алгоритмы
2. Методы тюнинга

1. Что делает PID контроллер?
2. Простейшая дигитальная имплементация PID контроллера.
3. Специальные проблемы в реализации имплементации (интегральное насыщение, дифференциальный шум и др.).
4. Предпосылки для настройки

Основное применение регуляторов предназначено для измерения и регулирования: расхода, уровня, давления, температуры и других неэлектрических величин, преобразованных в электрические сигналы (напряжения, постоянного тока или активного сопротивления). Преобразование осуществляется посредством передачи регулирующего параметра через аналогово-цифровой модуль и другие блоки, присоединённые непосредственно к контроллеру. **Качество регулирования определено в стандартах ISO9000.**

### PID регулирование в системах с PLC.

Аббревиатура: Proportional Integral Derivative (PID) Instruction: PID Control, PID Equation, PID Instruction.

PID и PI достаточны для многих процессов. Практически все PID-функции имеют возможность настройки. Простейшая система с замкнутым контуром имеет 2 важнейшие компоненты – процесс и контроллер, отражающие взаимоотношения между входами и выходами (рис.1).

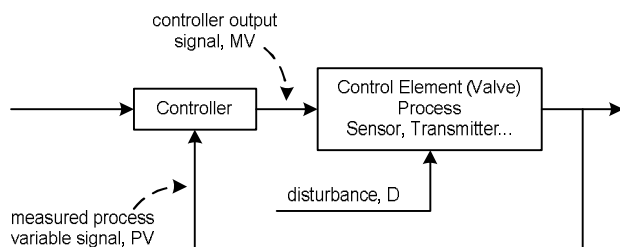


Рис.1 Система с замкнутым контуром

### Процесс

Процесс имеет 1 вход (manipulated variable, MV). Эта величина влияет на процесс через исполнительный механизм – вентиль или мотор.

Выход процесса - process variable (PV) Эта величина измеряется сенсором.

Исполнительный элемент и сенсор - это обязательные блоки модуля, называемого «процесс». Желаемая величина процесса, уставка (SP), разность  $(SP - PV)$  = ошибка.

### Контроллер - (PLC) регулятор

Главная цель (PLC) регулятора – это автоматическое управление и отсутствие постоянного наблюдения оператора. Основная задача регуляторов - осуществлять регулирующее воздействие с минимальной погрешностью.

Аналоговый вход PID контроллера (называемый «измерение» или «переменная процесса» или "Process Variable" или "PV").

Аналоговый выход (чаще просто выход) состоит из пропорциональной (P), интегральной (I) и дифференциальной (D) составляющих.

**Работа PID контроллера** - установить выход на таком уровне, чтобы не было разности между (PV) и (SP).

Когда есть "process upset", - это означает, что PV **ИЛИ** SP быстро меняются - PID контроллер должен быстро изменить выход, чтобы быстро получить переменную процесса PV, снова равной уставке.

Если PID контроллер поддерживает PV = SP, хороший PID контроллер не должен изменять выход. Мы хотим, чтобы выход не менялся, был постоянным. Если клапан (мотор или другой исполнительный элемент) постоянно меняется, вместо того, чтобы находиться в постоянном положении, то это может вызвать износ этого элемента!



Итак, есть 2 противоречащие цели. **Быстрый ответ (быстрое изменение выхода), когда есть рассогласование в процессе "process upset", но медленный ответ (постоянный выход), когда PV = SP близко.**

Управляемые системы имеют очень различные (time response). Есть системы, которые отвечают быстро, медленно и системы со свойствами накопления (с памятью). Для каждой из этих систем обработка изменения выхода контроллера должна происходить различным путём. По этой причине есть разные типы управляющих воздействий PLC-регулятора.

Регуляторы выполняют преобразование управляющего сигнала  $CV(t)$ , соответствующими математическими операциями, требуемым по условиям работы системы регулирования. К типовым требуемым операциям относятся следующие: пропорциональное, интегральное, пропорционально-интегральное, пропорционально-дифференциальное, пропорционально-дифференциально-интегральное регулирование.

PLC регулятор в системах с замкнутым контуром управления сравнивает (SP) и (PV), вычисляет отклонение и затем рассчитывает и обрабатывает выходное управляющее воздействие.

Выход PLC - управляющее воздействие (MV), это путь, которым PLC уводит управляемую величину от отклонения системы. Есть 2 категории.

1. Контроллер непрерывного действия
2. Дискретного действия.

1. Выходная величина этого контроллера меняется непрерывно в зависимости от отклонения системы – PID управление.
2. Выходная переменная этого типа может только изменяться шагами (on-off контроллер).

PID контроллер подходит для более, чем 80% всех установленных систем с ОС на производстве. PID часто используется вместе с логикой, последовательными функциями, функциональными блоками для построения автоматизированных систем в энергетике, транспорте.

PLC – PID выход состоит из 3 слагаемых: пропорциональной, интегральной и дифференциальной.

#### **PID-алгоритм.**

В установленном режиме PID-регулятор воздействует на выходную величину так, чтобы свести ошибку регулирования ( $e$ ) к нулю. Ошибка регулирования представляет собой разность между заданным значением SP (setpoint) и значением переменной процесса (фактическим значением) – PV (process variable). Принцип PID-регулятора основывается на уравнении, представляющем регулирующее воздействие CV(control variable) как сумму **пропорциональной, интегральной и дифференциальной** составляющих.

$$CV(t) = K_p \cdot e + K_p \int_0^t e dt + CV_{initial} + K_p \cdot \frac{de}{dt},$$

Где

$e$  – ошибка регулирования (разность между заданным значением и фактическим значением)

$K_p$  - коэффициент усиления

$CV(t)$  - регулирующее воздействие в зависимости от времени

$CV_{initial}$  - начальное значение регулирующего воздействия.

#### **P-контроллер.**

Выход контроллера P пропорционален отклонению, т.е. он есть, если есть отклонение (SP-PV). Если отклонение системы большое, то управляющее воздействие должно быть большой. Т.к управляющее воздействие пропорционально отклонению системы, то управляющее воздействие присутствует, если только есть отклонение системы. По этой причине P-выход не может использоваться в одиночку, чтобы свести разницу к нулю.

**I-контроллер** Интегральная составляющая выхода добавляет время к выходному воздействию. Например, если разница постоянно присутствует, величина управляющего воздействия продолжает расти, т.к. она зависит от суммы времён. Наоборот, если величина управляющего воздействия растёт, то величина отклонения падает. Процесс продолжается, пока разница не станет равной нулю. Интегральная составляющая используется, чтобы предотвратить постоянное присутствие этой разницы.

#### **D-контроллер.**

Дифференциальная составляющая оценивает скорость изменения отклонения системы. Она ещё называется дифференцированием разности. Если скорость изменения отклонения увеличивается быстро, управляющее воздействие будет большим. Величина управляющего воздействия должна быть только, когда есть изменение отклонения во времени (т.е. время дифференцирования д.б. маленьким).

#### **Дискретная форма PID уравнения.**

Чтобы использовать эту функцию в контроллере, непрерывная функция должна быть преобразована в дискретную форму путём периодического съёма значения ошибки регулирования с последующим расчётом регулирующего воздействия.

Аналоговый сигнал преобразуется в цифровой. После вычисления управляющего воздействия в микропроцессоре PLC цифровой величина преобразуется обратно в аналоговую.

Для решения проблем PID регулирования в PLC имеется несколько возможностей. В STEP 7:

- 1) PID регулирование содержит простейшие алгоритмы, стандартные функциональные блоки.
- 2) Standart PID-control в Wizard.

#### **Простейший алгоритм PID регулятора. Стандартные функциональные блоки**

В цифровом виде находится интегральная сумма всех составляющих:

$$PID\_CV_N = K_P \cdot e_N + K_I \cdot \sum_1^N e_i + CV_{initial} + K_D \cdot (e_N - e_{N-1}), \quad i = 1 \dots N,$$

где

$PID\_CV_N$  - вычисляемое регулирующее воздействие в дискретный момент времени N.

$K_P$  - коэффициент усиления

$e_N$  - значение ошибки регулирования в дискретный момент времени N

$e_{N-1}$  - предыдущее значение ошибки регулирования в дискретный момент времени N-1

$K_I$  - коэффициент пропорциональности интегральной составляющей

$K_D$  - коэффициент пропорциональности дифференциальной составляющей

$CV_{initial}$  - начальное значение регулирующего воздействия.

- Пропорциональная составляющая является только функцией текущего отсчёта.
- Интегральная составляющая представляет собой функцию всех ошибок регулирования от первого отсчёта до текущего.
- Дифференциальная составляющая является функцией текущего и предыдущего отсчёта.

PLC вычисляет регулирующее воздействие каждый раз, когда производится измерение значения ошибки регулирования. Эти вычисления начинаются при первом замере. Поэтому должны храниться только предыдущее значение ошибки регулирования и предыдущее значение интегральной составляющей и, таким образом, уравнение можно упростить:

$$PID\_CV_N = K_P \cdot e_N + K_I \cdot e_N + CV_{initial} + K_D \cdot (e_N - e_{N-1}),$$

PLC использует для описания пропорциональной, интегральной и дифференциальной составляющей следующие формулы:

**P:**  $P\_CV_N = K_P \cdot (SP_N - PV_N)$  - значение пропорциональной составляющей регулирующего воздействия в дискретный момент времени N.

**I:**  $I\_CV_N = K_P \cdot T_S / T_I \cdot (SP_N - PV_N) + I\_CV_{N-1}$  - значение интегральной составляющей регулирующего воздействия в дискретный момент времени N.

**D:**  $D\_CV_N = K_P \cdot T_D / T_S \cdot ((SP_N - PV_N) - (SP_{N-1} - PV_{N-1}))$ , - значение дифференциальной составляющей регулирующего воздействия в дискретный момент времени N.

Если  $SP_N = SP_{N-1}$ , то

$D\_CV_N = K_P \cdot T_D / T_S \cdot (PV_N - PV_{N-1})$  - значение дифференциальной составляющей регулирующего воздействия в дискретный момент времени N. (\*)

**Пропорциональная** составляющая является произведением коэффициента усиления  $K_P$ , задающего точность вычисления регулирующего воздействия, и ошибки, представляющей собой разность между заданным значением и значением переменной процесса в данный дискретный момент времени.

**Интегральная** составляющая  $I\_CV_N$  пропорциональна сумме ошибок регулирования по времени.

$I\_CV_{N-1}$  - значение интегральной составляющей регулирующего воздействия в дискретный момент времени N-1 (называемое также интегральной суммой или смещением). Смещение представляет собой текущую сумму всех предыдущих значений интегральной составляющей. Начальное значение интегральной суммы обычно устанавливается равным  $CV_{initial}$  - начальному значению регулирующего воздействия перед первым вычислением регулирующего воздействия.

**Дифференциальная** составляющая  $D\_CV_N$  - пропорциональна изменению ошибки регулирования. Чтобы при изменениях заданного значения избежать скачков в регулирующем воздействии из-за влияния производной, в уравнении принимается, что заданное значение является константой  $SP_N = SP_{N-1}$ . Поэтому вычисляется изменение переменной процесса, а не ошибки регулирования. (\*). Для вычисления следующего значения дифференциальной составляющей должно запоминаться фактическое значение, а не ошибка регулирования. В момент первого съема данных  $PV_{N-1}$  инициализируется значением  $PV_N$ .

В используемых PLC уравнениях для составляющих:

$K_P$  - коэффициент усиления

$SP_N$  - заданное значение в дискретный момент времени N.

$PV_N$  - значение переменной процесса в данный дискретный момент времени.

$SP_{N-1}$  - заданное значение в дискретный момент времени N-1

$PV_{N-1}$  - значение переменной процесса в дискретный момент времени N-1

$T_S$  - интервал съёма данных в контуре регулирования. Это период времени, в течение которого регулятор вычисляет новое значение регулирующего воздействия

$T_I$  - время издрома контура регулирования

$T_D$  - время упреждения (предварения) контура регулирования или постоянная времени дифференцирующего звена.

Итак, для PID-регулятора

$$PID\_CV_N = P\_CV_N + I\_CV_N + D\_CV_N$$

Можно выбрать нужный тип регулятора, устанавливая постоянные параметры на определённое значение.

- Если не нужно воздействие по интегралу, то есть нет интегральной составляющей в PID-вычислениях, то нужно задать бесконечную величину для времени воздействия по интегралу. При отсутствии воздействия по интегралу интегральная составляющая не будет равна нулю из-за начального значения интегральной суммы.
- Если не нужно воздействие по производной, то есть нет дифференциальной составляющей в PID-вычислениях, то нужно задать значение 0,0 для времени воздействия по производной.
- Если не нужно пропорциональное воздействие, то есть нет пропорциональной составляющей в PID-вычислениях, то нужно задать 0,0 для коэффициента усиления. Так как коэффициент усиления является множителем в уравнениях для интегральной и дифференциальной составляющих, то при вычислении их в качестве коэффициента усиления используется 1,0.

Алгоритм регулятора выполняется в момент каждой выборки. Программа включает:

- Ввод опорного значения (аналоговый вход)
- Ввод измерения
- Вычисление ошибки управления
- Считывание параметров настройки регулятора.

Общие проблемы:

- Определение интервала выборки
- Ограничение управляющего сигнала
- Интегральное насыщение
- Плавный переход от ручного управления к автоматическому.

В SIMATIC S7200 **операция PID – регулятор** рассчитывает контур PID – регулирования для заданного контура регулирования LOOP с помощью информации о входных величинах и конфигурации в параметре TABLE.

Операция имеет два операнда: TABLE - содержит начальный адрес таблицы контура регулирования и LOOP - содержит номер контура регулирования, который является константой. Диапазон – от 0 до 7. В программе разрешается использовать максимум 8 операций PID.

Если две и более PID-операций используют одинаковый номер контура регулирования (даже если адреса таблиц различны), то вычисления для PID-регуляторов влияют друг на друга и результат непредсказуем.

Адреса этих переменных можно видеть в Symbol Table-> Wizard->PIDx\_SYM (Таблица символов-> Wizard -> PIDx\_SYM):

Таблица контура регулирования хранит 9 параметров для управления контура регулирования:

1. Текущее значение переменной процесса (фактическое значение)
2. Предыдущее значение переменной процесса (фактическое значение)
3. Заданное значение
4. Регулирующее воздействие
5. Коэффициент усиления

6. Интервал съёма данных
7. Время воздействия по интегралу (сброс)
8. Время воздействия по производной
9. Интегральную сумму (смещение)

### Пример

```

PID0_D_Counter VW80
PID0_D_Time VD24 Derivative Time
PID0_I_Time VD20 Integral Time
PID0_SampleTime VD16 Sample Time
PID0_Gain VD12 Loop Gain
PID0_Output VD8 Calculated, Normalized Loop Output
PID0_SP VD4 Normalized Process Setpoint
PID0_PV VD0 Normalized Process Variable
PID0_Table VB0 Loop Table Starting address for PID 0

```

Здесь PID0\_SP (VD4) - уставка PID.

Чтобы PID-вычисления могли производиться с желаемым интервалом выборки данных, операция PID должна выполняться:

- а) в программе обработки прерываний, управляемых временем;
- в) в главной программе со скоростью, управляемой таймером.

Частота выборки данных должна вводиться в качестве входа операции PID через таблицу контура регулирования.

### PID-регулирование. Структура программы.

Программа PID состоит из:

- основного блока программ OB1,
- подпрограмм и
- программ обработки прерываний.

Пример структуры программы приведён на рисунке 2, 3,4. Эта программа с помощью прерывания, управляемого временем, считывает значения аналогового входа каждые 100 мс.

Основная программа OB 1 выполняется однократно в каждом цикле.

Подпрограммы выполняются только тогда, когда они вызываются или основной программой или программой обработки прерываний или другой подпрограммой. Подпрограмму удобно использовать, если необходимо многократно вычислять математическое выражение.

Программы обработки прерываний реагируют на определённые прерывающие события и исполняются, когда возникают прерывающие события. Прежде чем программа обработки прерываний может быть вызвана, нужно установить соответствие между прерывающим событием и сегментом программы, который нужно выполнить, когда это событие происходит.

Для организации связи между прерывающим событием (показывает номер прерывающего события) и сегментом программы (задаваемым номером программы обработки прерывания) должна быть команда назначения прерывания (ATCH). Этой командой прерывание автоматически разблокируется. Управляемое временем прерывание «0» - SMB34, управляемое временем прерывание «1» - SMB35.

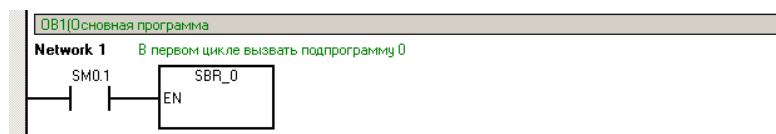


Рис. 2 Основная программа. (OB1)

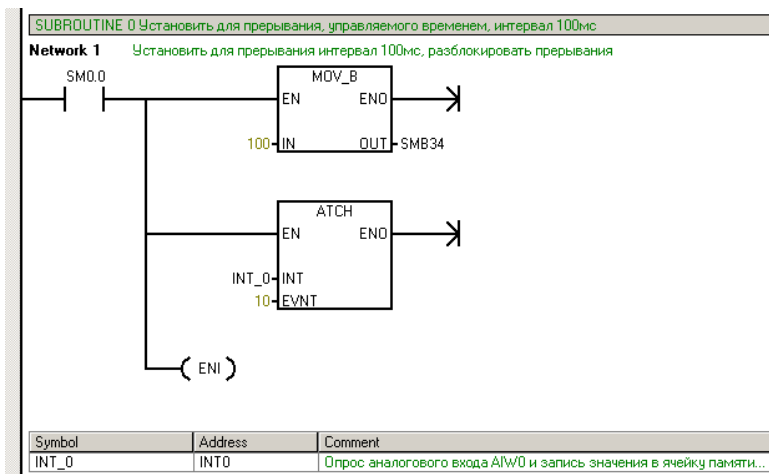


Рис. 3 Подпрограмма 0.

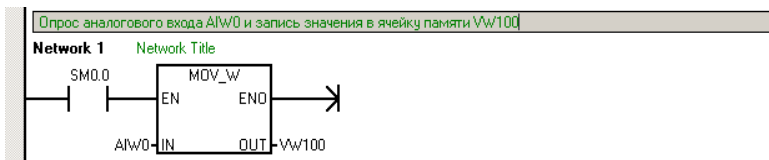


Рис. 4 Подпрограмма прерываний 0.

### Специальный случай. Интегральное действие.

Когда используется интегральная часть, значение интегральной суммы обновляется с PID вычислениями. Обновлённая интегральная сумма используется как входная величина для следующего PID расчёта. Если вычисленная уставка контура выходит из диапазона 0.0 и 1.0, то интегральная сумма изменяется по определённому уравнению.

Как только интегральная сумма изменяется, ответ (реакция) системы улучшается, когда уставка снова в разрешаемом диапазоне. Можно изменить величину интегральной суммы для того, чтобы влиять на специфические ситуации в различных ситуациях через интегральную сумму, но только она д.б. реальным числом в пределах от 0,0 до 1,0.



**Необходимо определить корректную уставку изменением интегральной суммы только в контуре с чисто пропорциональным поведением (без интеграла и дифференциала).**

В таких контурах интегральная сумма (смещение) определяется равной 0,5. Затем уставка рассчитывается и загружается. В STEP 7 Micro/Win добавляется специальный network с командой MOVE.

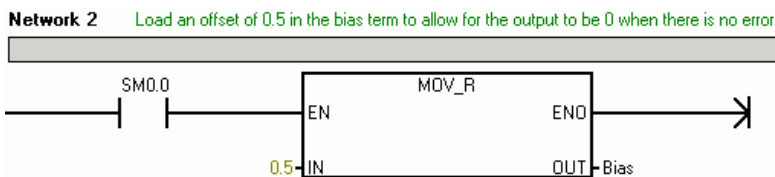


Рис. 5 Предустановка интегральной суммы 0.5

### PID Auto-Tuning (Автоматическая настройка)

Способность системы к изменению состояния характеризуется временной константой. Технические системы могут обладать существенно различными временными константами:

- Температура: очень медленная

- Расход (поток): медленная
- Скорость вращения: относительно быстрая
- Освещённость: очень быстрая

### **Автоматическая настройка по методу *Åström & Hägglund***

Автоматическая настройка параметров регулятора (метод релейной обратной связи *Åström & Hägglund*) с помощью встроенной функции PID Control Panel.

Функция автоматической настройки вычисляет предлагаемые значения настройки (близкие к оптимальным) для коэффициента усиления, времени воздействия по интегралу (сброса) и времени воздействия по производной (темпа). Кроме того, возможно выбрать настройку для быстрой, средней, медленной и очень медленной реакции регулятора.

С помощью панели управления настройкой PID (Рис.6) возможно инициировать процесс автоматической настройки, прервать этот процесс и наблюдать результаты в графической форме. Панель управления отображает все ошибочные состояния и предупреждения, которые могут быть сгенерированы. Она позволяет также применить коэффициент усиления, время воздействия по интегралу и время воздействия по производной, рассчитанные функцией автоматической настройки.

Алгоритм автоматической настройки, используемый в S7-200, основан на методе, называемом релейной обратной связью - OC(relay feedback), предложенном К. Й. Острёмом (*Åström*) и Т. Хеглундом (*Hägglund*) в 1984 году.

Цель PID Auto-Tuner-a – определить набор настраиваемых параметров, который производит разумную аппроксимацию для оптимизации данного контура.

Принцип релейной обратной связи состоит в генерировании небольших, но непрерывных колебаний в устойчивом процессе. На основе наблюдаемых периода колебаний и изменений амплитуды регулируемых переменных процесса (PV) определяются предельная частота и предельный коэффициент усиления процесса (коэффициент пропорциональности). Затем, используя эти величины, функция автоматической настройки (PID Auto-Tune) предлагает значения для настройки коэффициента усиления, времен воздействия по интегралу (reset) и по производной (времени дифференцирования (скорости)).

Предлагаемые значения зависят от выбора скорости реакции регулятора от переходного процесса.

В зависимости от процесса

- Быстрая реакция может привести к перерегулированию и соответствует в этом случае настройке со слабым затуханием.
- Средняя скорость реакции может находиться на границе возникновения перерегулирования и соответствует настройке с критически затуханием.
- Медленная реакция, возможно, не приведет к возникновению перерегулирования и соответствует настройке с сильным демпфированием.
- Очень медленная реакция, возможно, не приведет к возникновению перерегулирования и соответствует настройке с очень сильным демпфированием.

Кроме предложения значений настройки, функция автоматической настройки может автоматически определять значения для гистерезиса и пиковых значений отклонения регулируемой величины. Эти параметры используются для уменьшения влияния помех в процессе и ограничивают амплитуду непрерывных колебаний, генерируемых функцией автоматической настройки.

Функция автоматической настройки может определять предлагаемые значения настройки для P-, PI-, PD- и PID-регуляторов как прямого, так и обратного действия.

### **Настройка параметров ПИД-регулятора**

Расчет параметров по формулам не может дать оптимальной настройки регуляторов, поскольку аналитически полученные результаты основываются на сильно упрощенных моделях объекта. В частности в них не учитывается всегда присутствующая нелинейность типа «ограничение» для управляющего воздействия, так



называемое интегральное насыщение. Кроме того, модели используют параметры идентифицированные с некоторой прогрешностью. Поэтому после расчета параметров регулятора желательно сделать его настройку. Настройка выполняется на основе правил, полученных из опыта, теоретического анализа и численных экспериментов. Они сводятся к следующему:

- A. Увеличение коэффициента пропорциональности увеличивает быстродействие и снижает запас устойчивости,
- B. С уменьшением интегральной составляющей (увеличением времени интегрирования) ошибка регулирования с течением времени уменьшается быстрее,
- C. Уменьшение постоянной интегрирования уменьшает запас устойчивости,
- D. Увеличение дифференциальной составляющей (уменьшение времени дифференцирования) увеличивает запас устойчивости.

Настройка параметров регулирования без знания характеристик объекта.

#### **ПИ - регулятор (сигнал управления $P = Low$ )**

- Установить желаемую заданную величину и в ручном режиме установить рассогласование регулирования на ноль.
- Переключиться на автоматический режим.
- Медленно увеличивать  $K$ , пока регулирующий контур через малые изменения заданной величины не начнет клониться к колебаниям.
- Незначительно уменьшать  $K$ , пока колебания не будут устранены.
- Уменьшать  $T_i$  до тех пор, пока регулирующий контур снова не начнет клониться к колебаниям.
- Медленно увеличивать  $T_i$  до тех пор, пока уклон к колебаниям не будет устранен.

#### **ПИД - регулятор (сигнал управления $P = Low$ )**

- Установить желаемую заданную величину и в ручном режиме установить рассогласование регулирования на ноль.
- Переключиться на автоматический режим.
- Медленно увеличивать  $K$ , пока регулирующий контур через малые изменения заданной величины не начнет клониться к колебаниям.
- Переключить  $T_d$  с OFF на 1 сек.
- Увеличивать  $T_d$  до тех пор, пока колебания не будут устранены.
- Медленно увеличивать  $K_r$  до тех пор, пока снова не появятся колебания.
- Повторять установки в соответствии с двумя предыдущими шагами до тех пор, пока колебания уже не могут быть устранены.
- Незначительно уменьшать  $T_i$  и  $K$ , пока колебания не прекратятся.
- Уменьшать  $T_i$  до тех пор, пока регулирующий контур снова не начнет клониться к колебаниям.
- Медленно увеличивать  $T_i$  до тех пор, пока уклон к колебаниям не будет устранен.

#### **Расширение таблицы контура регулирования при использовании PID Tuning.**

PID инструкция определяет таблицу контура регулирования, которая содержит параметры Контура. Эта таблица в оригинале содержит 36 байтов. При добавлении PID Tuning-a таблица расширяется и становится 80 байтов. Если использовать PID Tuning Control Panel, вся связь с таблицей контура регулирования делается на Control Panel.

#### **Предпосылки для настройки.**

Контур, который надо настраивать с помощью PID Auto-Tuner-a, должен быть в автоматическом режиме. Выход контура должен управляться выполнением PID инструкции.



**PID Auto-Tune покажет ошибку, если контур находится в ручном режиме.**

Перед инициализацией PID Auto-Tune процесс должен быть переведён в стабильное состояние, которое означает, что PV достигло уставки (или для P контура постоянной разницы между PV и SP), и что выход не меняется беспорядочно.

В идеале выходная величина контура должна быть в центре (посередине) управляемого диапазона, когда начинается PID Auto - Tuning. Процедура PID Auto- Tuning вносит колебание в процессе, делая маленькие шаговые изменения выхода контура.

### PID автонастройки и PID-панель управления (PID Auto-Tune and PID Tuning Control Panel).

Один или все (8 шт) контуров регулирования могут быть отрегулированы в то же самое время. PID Auto-Tune рассчитывает предполагаемые (оптимальные) параметры для коэффициента пропорциональности, времени интегрирования (reset), времени дифференцирования (скорости). Ещё можно выбрать настройку для быстрого, среднего, медленного и очень медленного переходного процесса.

PID Tuning Control Panel показывает графически поведение контура регулирования. Эта панель может:

- Инициализировать процесс настройки (Auto-Tune последовательность).
- Отменить эту опцию,
- Визуализировать процесс настройки в графическом виде.
- Применять предполагаемые настройки или собственные настройки пользователя.

При использовании этой панели нужно осуществить связь между контроллером и Wizard-конфигурацией для введения соответствующего контура регулирования. Для визуализации PLC должен быть в режиме RUN (Рис. 6).

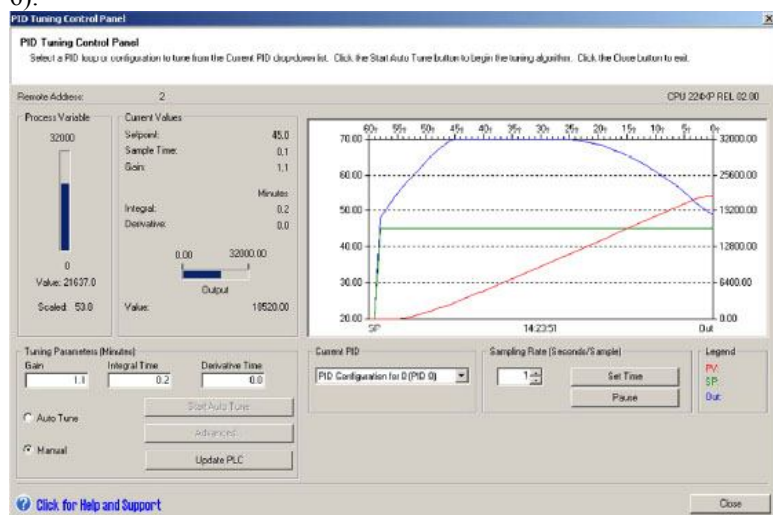


Рис 6. Панель управления Автонастройкой коэффициентов регулятора (PID Tuning Control Panel)

**Control Panel** имеет адрес PLC (удалённой станции) в левой верхней части дисплея (2). В правой верхней части дисплея показан тип PLC и номер версии.

Под область адреса PLC поле представления величины переменной процесса (PV) в нормализованном и ненормализованном виде.

Справа от неё область представления текущих величин. В этой области показаны величины **Setpoint**, **времени выборки (Sample Tme)**, **коэффициента пропорциональности (Gain)**, **времени интегрирования**, **времени дифференцирования**.

Величина выхода показывается по горизонтальной оси в цифровом виде. Справа от области текущей величины есть графический дисплей. Внутри этой области показаны параметры процесса - коэффициента пропорциональности, времени интегрирования, времени дифференцирования. Кнопка служит для показа текущих, предполагаемых или вручную установленных коэффициента пропорциональности, времени интегрирования, времени дифференцирования. Нажатием на эту кнопку можно посмотреть все три источника этих величин. Для изменения параметров кнопка должна быть в ручном режиме.

Кнопка Update PLC служит для передачи показываемых на дисплее величин в PLC в контур PID, который должен быть показан. Как только Auto-Tune последовательность запускается, кнопка Start- Auto-Tune переходит в Stop- Auto-Tune.

Прямо под графическим дисплеем есть область выбора текущего PID-контура, который желательно посмотреть на Control Panel. В области Sampling rate можно выбрать скорость выборки от 1 до 480 секунд на выборку. Можно редактировать эту опцию, используя кнопку Set Tune для изменения. Можно «заморозить» график, используя кнопку Pause. Кнопка Clear служит для очистки(правая кнопка мыши внутри графика).

#### **Алгоритм настройки регулятора.**

##### **Авто-гистерезис и авто-отклонение.**

Параметр гистерезис определяет выброс (+ или -) от уставки SP, который позволяет сделать это, не используя контроллер. Эта величина используется для минимизации шума в PV, для более точного определения частоты колебаний процесса.

Если выбрать автоматическое определение гистерезиса, то PID Auto- Tuning выполняет последовательность определения гистерезиса. Эта последовательность включает выборку PV за период времени и затем выполнение вычисления стандартного отклонения.

Чтобы иметь статистически полный набор шагов выборки, набор минимально в 100 шагов должен быть выполнен. Для контура с временем 200 мс выполнение 100 шагов требует 20с. Если 100 шагов выполняются за меньшее время, то гистерезис выполняется всё равно за 20с.

Когда все шаги выполнены, вычисляется стандартное отклонение для набора шагов. Величина гистерезиса = двум стандартным отклонениям. Рассчитанная величина гистерезиса записывается в таблицу контура в область ANYS. В течение вычисления гистерезиса PID - вычисления не производятся. Параметр отклонения определяется как желаемая амплитуда колебания PV. Чтобы эта величина выполнялась автоматически, отклонение вычисляется умножением величины гистерезиса на 4,5.

##### **Auto-Tune последовательность.**

Настройка начинается после определения гистерезиса и отклонения, когда начальный выходной шаг прикладывается к выходу контура. Это изменение выходной величины могут вызвать соответствующие изменения PV. Когда изменение выхода уводит далеко от центра, (превышает границу гистерезиса) Auto-Tuner показывает пересечение нулевой оси. После каждого пересечения 0 Auto-Tuner ведёт выход в противоположное направление. Auto-Tuner продолжает выборку PV и ждёт следующего пересечения 0. Всего требуется 12 пересечений. Амплитуды PV величин (пик ошибки) и скорость, с которой идут пересечения, зависит от динамики процесса. Когда настройка выполнена, новая величина выхода записывается в ASTEP область таблицы контура.

Auto-Tune последовательность, может быть с ошибкой, если время между пересечениями 0 превышает время интервала сторожевого таймера. Величина интервала сторожевого таймера 2 часа. Рис. 7 показывает поведение выхода и PV в течение Auto-Tune последовательности на прямом действии контура.

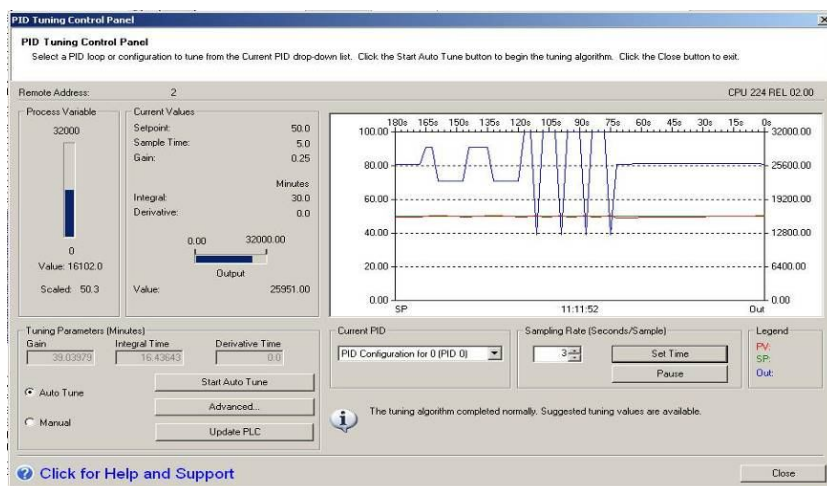


Рис. 7 Поведение выхода и PV в течение Auto-Tune последовательности

PID Tuning Control Panel используется для инициализации и мониторинга последовательности настройки. Известно, как Auto-Tuner включает выход, чтобы снизить колебания. Частота и амплитуда колебаний PV – показатель коэффициента пропорциональности и естественной частоты.

Основываясь на информации об этих величинах процесса в течение Auto-Tune процесса, вычисляются конечные величины. Из этих величин рассчитываются предположительные значения для коэффициента пропорциональности контура, времени интегрирования (reset), времени дифференцирования (скорости).

Тип контура определяет, какие величины считать. Если, например, контур PI, то Auto-Tuner не будет рассчитывать времени дифференцирования, оно должно быть 0.0 (нет дифференциального действия).

Когда Auto-Tune выполнено, выход контура возвращается в начальное состояние и выполняются PID-вычисления контура.