

## SIMATIC

### "Standard PID-Control" (Стандартное ПИД-управление)

Руководство пользователя

Порядковый номер документа:  
6ES7830-2AA21-8BG0

#### Предисловие, содержание

Краткий обзор ПО "Standard PID-Control" (Стандартное ПИД-управление)	1
Разработка дискретных систем управления	2
Конфигурирование и запуск Standard PID-Control (Стандартное ПИД-управление)	3
Обработка сигналов в цепях уставки, переменной процесса и в функциях ПИД-регулятора	4
Регулятор непрерывного управления (PID_CP)	5
Регулятор пошагового управления (PID_ES)	6
Loop Scheduler (Планировщик циклов) и примеры конфигурации регуляторов	7
Технические данные и блок-схемы	8
Списки параметров Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление)	9
Утилита конфигурирования (Configuration Tool) для регуляторов на основе ПО "Standard PID Control" (Стандартное ПИД-управление)	10
Приложения	
Список литературы	A
Словарь терминов, предметный указатель	

## Правила безопасности

Это руководство содержит примечания, направленные на обеспечение личной безопасности, также как и на защиту изделий от повреждения. Эти примечания высвечены специальными символами, показанными ниже и выделены в соответствии со степенью важности следующими текстами:

### Опасность



Указывает на то, что смерть, серьезная травма или серьезное повреждение оборудования произойдет, если не принять соответствующих предосторожностей.

### Предупреждение



Указывает на то, что смерть, серьезная травма или серьезное повреждение оборудования могут произойти, если не принять соответствующих предосторожностей.

### Внимание



Указывает на то, что небольшая травма или повреждение оборудования могут произойти, если не принять соответствующих предосторожностей.

### Примечание

Привлекает Ваше внимание к частной важной информации по изделию, управлению изделием или к отдельной части документации.

## Квалификация персонала

К работам по установке изделия и его эксплуатации допускается обслуживающий персонал, имеющий соответствующую квалификацию. Квалифицированными могут быть признаны такие специалисты, которым разрешено выполнять пусконаладочные работы, устанавливать, и монтировать схемы, оборудование и системы в соответствии с установленными стандартами и правилами безопасности.

## Корректное использование

Примите во внимание следующее:

Данный прибор и его компоненты могут быть использованы для применения только в соответствии с описаниями в каталоге или технической документации, при этом совместно с ним могут применяться только такие изделия или компоненты других изготовителей, которые разрешены для применения или рекомендованы фирмой Siemens. Данное изделие может работать согласно ТУ, если оно транспортировалось, хранилось, монтировалось и устанавливалось правильным образом, а также, если работает и обслуживается в соответствии с рекомендациями изготовителя.

## Торговые марки

SIMATIC®, SIMATIC HMI® и SIMATIC NET® зарегистрированы как торговые марки SIEMENS AG. Третьи лица, использующие в данном документе другие торговые марки, нарушают права изготовителя.

### Copyright © Siemens AG 1998 Все права защищены

Воспроизведение, передача или использование этого документа или его содержания запрещено без письменного разрешения. Нарушившие запрет наносят ущерб. Все права, включая права на патент, полезную модель или конструкцию защищены.

Мы проверили содержание этого руководства на соответствие описаниям оборудования и программного обеспечения. Так как отклонений нельзя избежать полностью, мы не можем гарантировать полного соответствия. Однако, данные этого руководства регулярно пересматриваются и все необходимые исправления, включаются в последующие издания.

Приветствуются все предложения, улучшающие документ.

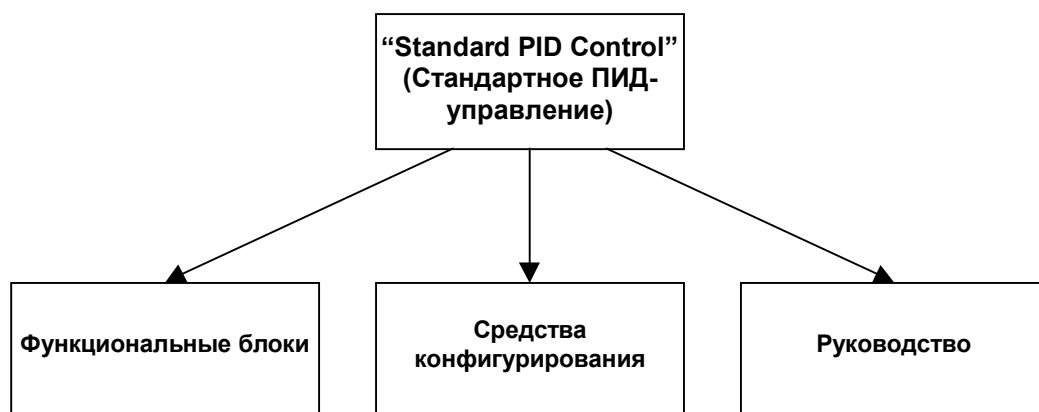
# Предисловие

## Цель данного руководства

Данное руководство поможет Вам выбрать, сконфигурировать и назначить параметры для блока регулятора для Вашей задачи управления.

Руководство познакомит Вас с функциями утилиты конфигурирования и даст пояснения по ее использованию.

## Руководство в составе пакета “Standard PID Control” (Стандартное ПИД-управление)



Программный продукт “Standard PID Control” (Стандартное ПИД-управление) включает в себя три отдельных части:

- программный продукт “Standard PID Controller FB” (Функциональные блоки для стандартного ПИД-управления), собственно состоящий из двух блоков управления (регуляторов) PID\_CP и PID\_ES;
- программный продукт “Standard PID Control Tool” (Утилита конфигурирования для блоков стандартного ПИД-управления), собственно состоящий из средств конфигурирования блоков управления;
- данное руководство, отдельный справочник, дающий информацию по первым двум частям (“Standard PID Controller FB” (Функциональные блоки для стандартного ПИД-управления) и “Standard PID Control Tool” (Утилита конфигурирования для блоков стандартного ПИД-управления)).

**Пакет программ  
“Standard PID Control”  
(Стандартное  
ПИД-управление)**

Пакет ПО “Standard PID Control” (Стандартное ПИД-управление) обеспечивает всестороннюю концепцию для осуществления функций управления с помощью программируемых логических контроллеров (PLC) SIMATIC S7.

Регулятор целиком программируется с полным набором значений функций и характеристик для обработки сигналов. Чтобы адаптировать регулятор к Вашему конкретному процессу, можно просто выбрать дополнительные функции, которые Вам требуются из полного набора функций. То есть при конфигурировании Вы тратите время и силы только на то, чтобы убрать ненужные Вам функции. При выполнении подобных задач Вам поможет утилита конфигурирования.

Так как конфигурирование сводится к выбору или, в некоторых случаях, к расширению основных функций, концепцию “Standard PID Control” (Стандартного ПИД-управления) легко усвоить.

Даже пользователи с ограниченным знанием систем управления будут в состоянии создать высококачественное средство управления.

**Содержание  
руководства**

1	В главе 1 содержится общий обзор “Standard PID-Control” (Стандартное ПИД-управление)
2	В главе 2 содержатся пояснения к структуре и функциям “Standard PID Control” (Стандартное ПИД-управление)
3	В главе 3 содержится информация по проектированию и запуску “Standard PID Control” (Стандартное ПИД-управление)
4	В главе 4 содержится информация по обработке сигналов в цепях уставки и переменной процесса системы управления
5	В главе 5 содержится информация по обработке сигналов для регулятора непрерывного управления
6	В главе 6 содержится информация по обработке сигналов для регулятора пошагового управления
7	В главе 7 содержится информация по работе с утилитой loop scheduler (планировщик цикла) и приводятся примеры различных структур регулятора
8	В главе 8 содержит технические данные и блок-схемы
9	В главе 9 содержит таблицы параметров для “Standard PID Control” (Стандартное ПИД-управление)
10	В главе 10 содержится общий обзор утилиты конфигурирования

**Назначение**

Этот справочник предназначен для:

- S7 - программистов
- программистов систем управления
- операторов
- обслуживающего персонала

**Соглашения,  
принятые  
при оформлении  
текста**

Чтобы упростить для Вас поиск нужной информации в справочном руководстве, были приняты некоторые соглашения:

- в начале каждого раздела дается краткий обзор его содержания;
- ссылки на дополнительную информацию, имеющую отношение к теме, обозначаются скобками: (см. главу x.y); ссылки на другие справочники и документацию обозначаются номерами в полях вида: / .../; эти номера относятся к заголовкам справочников, перечисленных в Приложении А;
- инструкции для пользователя отмечаются черными точками;
- последовательности действий пронумерованы или показаны в виде фиксированных шагов.
- альтернативные варианты действий или решений, которые должен выбрать пользователь, обозначены косой чертой.

**Дополнительная  
информация**

Этот справочник предназначен как основное справочное руководство, содержащее информацию по работе со стандартным регулятором. Вам может, однако, потребоваться более полная информации, которая находится в следующих источниках: /70 /, /71 /, /100 /, /101 /, /231 /, /232 /, /234 /, /352/.

**Обратная связь  
по документации**

Чтобы обеспечивать Вас и будущих пользователей S7-Graph оптимальным набором документации, мы хотели бы получить от Вас поддержку. Если у Вас есть вопросы, или замечания по данному руководству, пожалуйста, заполните форму для замечаний в конце документа и вышлите ее по соответствующему адресу. Пожалуйста также укажите Вашу персональную оценку.

**SIMATIC  
Учебный центр**

Чтобы познакомиться с программируемыми логическими контроллерами SIMATIC S7 Вы можете посетить соответствующие учебные курсы. Пожалуйста войдите в контакт с вашим региональным учебным центром или главным учебным центром в Нюрнберге (Германия) по адресу: D-90327 Nuernberg, Germany. Тел.: ++ 40 (0) 911/895 3154.

## Постоянно обновляемая информация

Специальная группа поддержки заказчиков SIMATIC обеспечивает Вас дополнительной информацией об изделиях SIMATIC с помощью интерактивной службы:

- Общая текущая информация может быть получена из:  
Интернета - <http://www.ad.siemens.de/simatic>
- Информация о современных изделиях в виде leaflets и downloads ("листочки" и "загрузки") может оказаться для Вас полезной и может быть получена:
  - <http://www.ad.siemens.de/simatic-cs>
  - с помощью **Bulletin Board System** (BBS) в Нюрнберге (SIMATIC Customer Support Mailbox) с номером +49 (911) 895-7100.

Для доступа к mailbox используйте модем до V.34 (28,8 Kbps)  
с параметрами: 8, N, 1, ANSI; или набор с помощью ISDN (x.75, 64 Kbps).



Nuremberg SIMATIC BASIC Hotline	Johnson City SIMATIC BASIC Hotline	Singapore SIMATIC BASIC Hotline
Местное время: Пнд - Птн 7 <sup>00</sup> -17 <sup>00</sup> Phone: +49 (180) 5050-222 Fax: +49 (180) 5050-223 E-Mail: techsupport@ad.siemens.de GMT: +1:00	Местное время: Пнд - Птн 8 <sup>00</sup> -17 <sup>00</sup> Phone: +1 423 461-2522 Fax: +1 423 461-2231 E-Mail: simatic.hotline@sea.siemens.com GMT: -5:00	Местное время: Пнд - Птн 8 <sup>30</sup> -17 <sup>30</sup> Phone: +65 740-7000 Fax: +65 740-7001 E-Mail: simatic.hotline@sae.siemens.com.sg GMT: +8:00
Nuremberg SIMATIC Authorization Hotline	SIMATIC Premium Hotline (fee based, only with SIMATIC Card)	
Местное время: Пнд - Птн 7 <sup>00</sup> -17 <sup>00</sup> Phone: +49 (911) 895-7200 Fax: +49 (911) 895-7201 E-Mail: authorization@nbgm.siemens.de GMT: +1:00	Местное время: Пнд - Птн 0 <sup>00</sup> -24 <sup>00</sup> Phone: +49 (911) 895-7777 Fax: +49 (911) 895-7001 GMT: +01:00	
Языки общения на "горячих линиях" SIMATIC: основные – немецкий и английский, на линиях авторизации дополнительные языки – французский, итальянский и испанский.		

## Содержание

	<b>Предисловие</b>	
<b>1</b>	<b>Краткий обзор Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление)</b>	<b>1–1</b>
1.1	Программные продукты на основе ПО "Standard PID Control" (Стандартное ПИД-управление)	1–2
1.2	Программный продукт "Standard PID Control" (Стандартное ПИД-управление)	1–5
1.3	Среда и область применения ПО "Standard PID Control" (Стандартное ПИД-управление)	1–8
1.4	Запуск	1–11
<b>2</b>	<b>Разработка дискретных систем управления</b>	<b>2–1</b>
2.1	Характеристики процесса и система управления	2–2
2.2	Идентификация характеристик процесса	2–6
2.3	Управление с предсказанием состояния	2–8
2.4	Многоконтурные регуляторы	2–9
2.5	Структура и режим работы Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление)	2–12
2.6	Схемы прохождения сигналов	2–17
<b>3</b>	<b>Конфигурирование и запуск Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление)</b>	<b>3–1</b>
3.1	Постановка задачи управления	3–2
3.2	Настройка "конфигурирования" проекта (Контрольный лист – Checklist )	3–9
3.3	Конфигурирование Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление)	3–11
3.4	Время дискретизации (Sampling Time) CYCLE	3–16
3.5	Как организуется вызов управления Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление)	3–18
3.6	Диапазон значений и адаптация сигналов (нормализация)	3–20

<b>4</b>	<b>Обработка сигналов в цепях уставки, переменной процесса и в функциях ПИД-регулятора</b>	<b>4–1</b>
4.1	Обработка сигналов в цепях уставки	4–2
4.1.1	Генератор сигнала уставки (SP_GEN)	4–2
4.1.2	Функция "Пила" (RMP_SOAK)	4–5
4.1.3	Нормализация внешней уставки (SP_NORM)	4–13
4.1.4	Вызов FC в цепях уставки (SPFC)	4–16
4.1.5	Ограничение скорости изменения уставки	4–18
4.1.6	Ограничение абсолютного значения уставки (SP_LIMIT)	4–20
4.1.7	Переключение уставки с использованием утилиты конфигурирования	4–22
4.2	Обработка сигнала в цепях переменной процесса	4–23
4.2.1	Нормализация сигнала переменной процесса	4–23
4.2.2	Демпфирование переменной процесса (LAG1ST)	4–25
4.2.3	Функция извлечения квадратного корня (SQRT)	4–27
4.2.4	Вызов FC в цепях переменной процесса	4–29
4.2.5	Контроль предельных значений переменной процесса (PV_ALARM)	4–31
4.2.6	Контроль скорости изменения значений переменной процесса (ROCALARM)	4–33
4.2.7	Переключение переменной процесса с использованием утилиты конфигурирования	4–35
4.3	Обработка сигнала ошибки (рассогласования)	4–36
4.3.1	Фильтрация сигнала с помощью DEADBAND функции (функции амплитудного фильтрования)	4–36
4.3.2	Контроль предельных значений сигнала ошибки (ER_ALARM)	4–38
4.4	Функции ПИД- (PID-) регулятора	4–40
4.5	Обработка сигналов в алгоритме ПИД-регулятора	4–48
4.5.1	Интегратор (INT)	4–48
4.5.2	Дифференциатор (DIF)	4–53
<b>5</b>	<b>Регулятор непрерывного управления (PID_CP)</b>	<b>5–1</b>
5.1	Функции управления ПИД-регулятора непрерывного действия	5–2
5.2	Обработка сигнала управляющей переменной	5–4
5.2.1	Режимы, влияющие на сигнал управляющей переменной	5–4
5.2.2	Генератор управляющего сигнала в ручном режиме (MAN_GEN)	5–6
5.2.3	Вызов FC в цепи управляющей переменной (LMNFC)	5–9
5.2.4	Ограничение скорости изменения сигнала управляющей (LMN_ROC)	5–11
5.2.5	Ограничение абсолютного значения управляющей переменной (LMNLIMIT)	5–13
5.2.6	Нормализация управляющей переменной к формату физической переменной (LMN_NORM)	5–15
5.2.7	Сигнал управляющей переменной в формате периферийных входов/выходов (CRP_OUT)	5–17
5.2.8	Обработка управляющей переменной утилитой конфигурирования	5–18
5.3	Регулятор непрерывного управления каскадного типа	5–19
5.4	Модуль генератора импульсов (PULSEGEN)	5–21



<b>6</b>	<b>Регулятор пошагового управления (PID_ES)</b>	<b>6–1</b>
6.1	Функции управления ПИД-регулятора пошагового действия	6–2
6.2	Обработка сигнала управляющей переменной регулятора пошагового управления с формированием сигнала позиционной обратной связи	6–5
6.2.1	Режимы регулятора пошагового управления	6–5
6.2.2	Воздействие на управляющую переменную с помощью утилиты конфигурирования	6–8
6.2.3	Ограничение абсолютного значения управляющей переменной (LMNLIMIT)	6–10
6.2.4	Обработка сигнала позиционной обратной связи (LMNR)	6–12
6.2.5	Формирование управляющих сигналов (QLMNUP/QLMNDN)	6–15
6.3	Обработка сигнала управляющей переменной регулятора пошагового управления без формирования сигнала позиционной обратной связи	6–19
6.4	Регуляторы пошагового действия в каскадной системе управления	6–23
<b>7</b>	<b>Loop Scheduler (Планировщик циклов) и примеры конфигурации регуляторов</b>	<b>7–1</b>
7.1	Loop scheduler (Планировщик циклов) (LP_SCHED)	7–2
7.2	Example1 (Пример1): Регулятор пошагового управления (в системе стабилизации заданного уровня) с моделью процесса	7–10
7.3	Example2 (Пример2): Регулятор непрерывного управления с моделью процесса	7–16
7.4	Example3 (Пример3): Многоконтурное пропорциональное управление	7–21
7.5	Example4 (Пример4): Смешанное управление	7–24
7.6	Example5 (Пример5): Каскадное управление	7–27
7.7	Example6 Pulsegen: (Пример6): Регулятор непрерывного управления с импульсными выходами и с моделью процесса	7–30
<b>8</b>	<b>Технические данные и блок-схемы</b>	<b>8–1</b>
8.1	Технические данные: функциональные блоки	8–2
8.2	Блок-схемы стандартных ПИД-регуляторов (Standard PID Control)	8–4
<b>9</b>	<b>Списки параметров Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление)</b>	<b>9–1</b>
9.1	Параметры функционального блока PID_CP	9–2
9.2	Параметры функционального блока PID_ES	9–10
9.3	Параметры функции LP_SCHED	9–18
<b>10</b>	<b>Утилита конфигурирования (Configuration Tool) для регуляторов на основе Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление)</b>	<b>10–1</b>
<b>A</b>	<b>Список литературы</b>	<b>Л–1</b>
	<b>Словарь терминов</b>	<b>С–1</b>
	<b>Предметный указатель</b>	<b>П–1</b>
	<b>Опросный лист</b>	<b>О–1</b>



# Краткий обзор ПО "Standard PID Control" (Стандартное ПИД-управление)

# 1

В данной главе рассматриваются следующие вопросы:

- Концепция стандартного ПИД-управления
- Пакет ПО "Standard PID Control"  
(Стандартное ПИД-управление)
- Среда и области применения данного приложения
- Вводные инструкции для запуска ПО (Getting Started)

## 1.1 Программное обеспечение "Standard PID Control" (Стандартное ПИД-управление)

### Концепция стандартного ПИД-управления

Программное обеспечение "Standard PID Control" (Стандартное ПИД-управление) собственно состоит из двух **функциональных блоков** (FB), которые содержат алгоритмы обработки входных сигналов и генерации сигналов управления для регуляторов непрерывного или пошагового управления. Такие алгоритмы обеспечиваются исключительно средствами ПО, в котором функциональные блоки и определяют функциональные возможности регулятора.

Функциональное поведение регулятора и характеристики каналов измерения и управления реализованы с помощью вычислительных алгоритмов в функциональных блоках. Данные для таких циклических вычислений сохраняются в специальных блоках данных для автоматического управления. Блок FB требуется только один раз для создания нескольких регуляторов.

Для каждого регулятора требуется **экземпляр DB**, определяющий специфику применения. При использовании утилиты "Standard PID Control Tool" (Инструмент для стандартного ПИД-управления), автоматически создается такой DB. То есть, при работе в окнах редактирования пользовательского интерфейса, конструкция конкретного регулятора приводится к определенной структуре и с конкретными значениями параметров. Экземпляр DB создается с помощью средств конфигурации.

Расчет согласно алгоритмам конкретного регулятора выполняется процессором системы автоматического управления S7 (AS) в определенные интервалы времени - интервалы дискретизации (sampling times). Результаты расчетов, значения входных и выходных переменных (т.е., уровни измеренных и управляющих сигналов), а также уровни сигналов (относительно пределов их допустимых значений) сохраняются в соответствующем экземпляре DB или пересылаются на периферийные устройства процесса.

В случаях, когда обработка данных для нескольких систем управления, должна выполняться периодически, но с различными интервалами, зависящими от инерционности соответствующих процессов, используется функция распределения вызовов регулятора – планировщик циклов (Loop Scheduler = LP\_SCHED), с помощью конфигурирования которой управление процессом структурируется и заметно упрощается. Кроме того, при таком режиме гарантируется равномерное использование ресурсов CPU.

## Обзор основных функций

Во многих задачах управления решающее значение имеет не только классический ПИД-регулятор как воздействующий фактор, но и алгоритмы обработки сигналов, набор и характеристики которых также должны отвечать определенным требованиям.

Структура регулятора, создаваемого с помощью пакета ПО "Standard PID Control" (Стандартное ПИД-управление), имеет в своем составе несколько функций, которые могут конфигурироваться по отдельности. Вдобавок к функции собственно регулятора с алгоритмами для ПИД-управления, в структуру управления включаются функции для адаптации величин уставок и переменных процесса, а также функции контроля над управляющими сигналами.

Функции "Display" и "Monitoring" ("Отображение" и "Мониторинг") также интегрированы в систему управления (эти две функции не показаны на схеме).

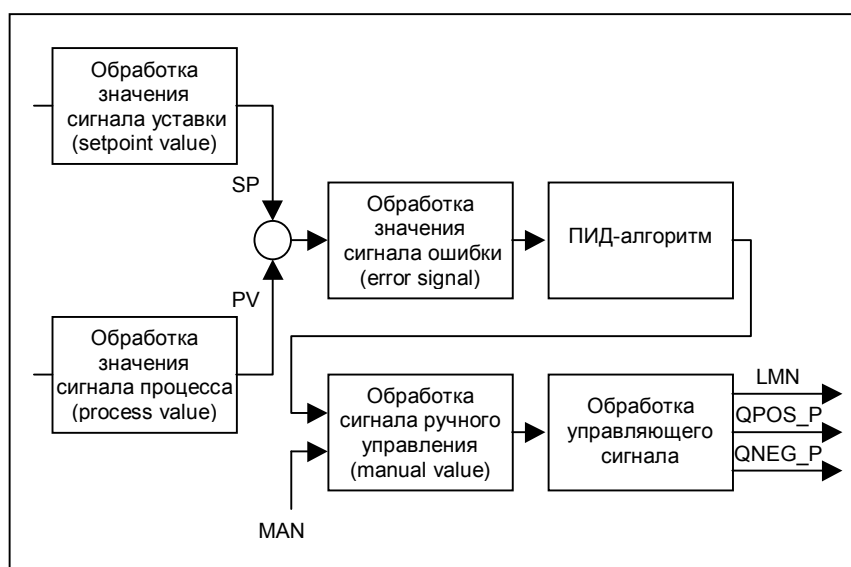


Рис.1-1 Функциональная схема программного блока "Continuous controller" (регулятор непрерывного управления).

Пакет ПО "Standard PID Control" (Стандартное ПИД-управление) может использоваться для конфигурирования регуляторов для специфических задач управления. Пакет ПО позволяет запланировать ограничение набора функций регулятора. Могут быть использованы так называемые ключи настройки (tuning switches) для включения/выключения отдельных функций и даже отдельных цепей управления. В подобной сокращенной структуре управления должны конфигурироваться только задействованные функциональные части.

**Создание системы управления**

Создание системы автоматического управления от разработки структуры системы, конфигурирования параметров, до получения необходимых сигналов управления, генерируемых в нужное время системной программой, в большинстве случаев возможно без применения программирования. Для этого требуется знание системы STEP 7.

Для получения информации по структурированию экземпляра DB обратитесь к разделу *Глава 9* данного руководства. Каждая строка данных соответствует определенной структуре или значению параметра. Структура и требуемые характеристики управления могут быть определены редактированием соответствующих вводов.

Тем не менее, такая процедура нежелательна, хоть и возможна, так как не позволяет получить ясную структуру системы. Средства конфигурирования, специально предназначенные для Standard PID Control (ПО "Стандартное ПИД-управление"), значительно облегчают данную задачу.

**Примечание**

Средства конфигурирования **не могут быть использованы** для конфигурирования LP-SCHED блока. Его функциональные возможности зависят исключительно от ввода данных в соответствующий блок данных.

## 1.2 Программное обеспечение "Standard PID Control"

### Структура ПО "Standard PID Control"

После того, как инсталлирован пакет ПО "Standard PID Control" (Стандартное ПИД-управление), Ваш программатор (PG) или персональный компьютер (ПК) содержит библиотеку блоков STEP 7 под названием "StdCon (V5)". В нее включены два стандартных функциональных блока, стандартная функция, шаблоны блоков данных, а также проект STEP 7 "StdConEx (V5)" с 6 примерами (образцами) и текстами с пояснениями для запуска пакета.

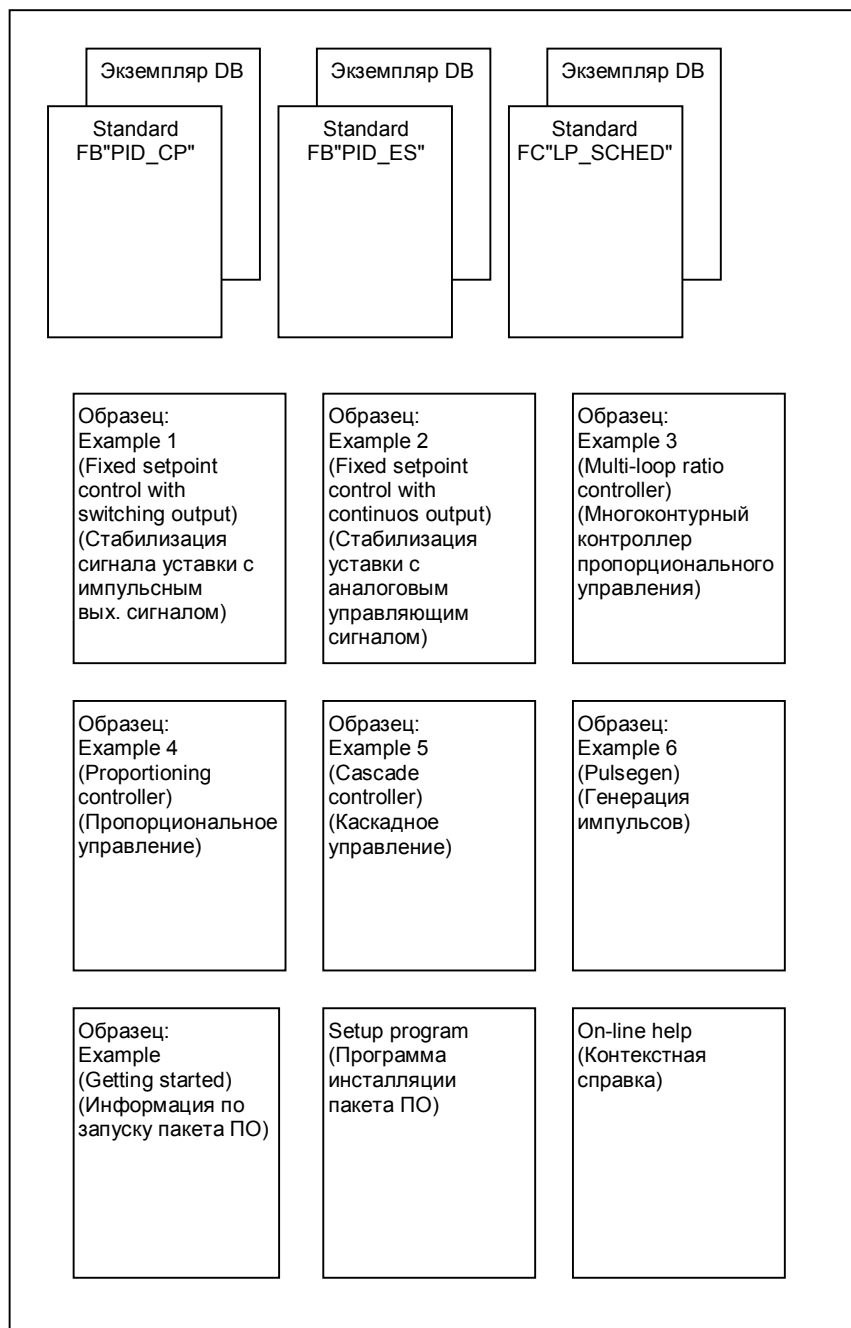


Рис.1-2 Содержание программного пакета "Standard PID Control" (Стандартное ПИД-управление)

- Стандартный блок FB **PID\_CP** содержит все функции, связанные с управлением для ПИД-регулятора непрерывного управления, включая функции для импульсного управления конечными элементами пропорционального регулирования.
- Стандартный блок FB **PID\_ES** содержит все функции, связанные с управлением для ПИД-регулятора с трехуровневым выходом.
- Стандартная функция FC **LP\_SCHED** управляет распределением вызовов отдельных регуляторов во время "watchdog"-прерывания ОВ при использовании в многоконтурных регуляторах, а также проводит инициализацию структуры регулятора при запуске CPU или системы автоматического управления.

Кроме того пакет ПО содержит программу (**setup program**) для инсталляции "Standard PID Control" (Стандартное ПИД-управление) на PG или ПК пользователя, а также файл справки (**on-line help**) для выдачи информации по функциональным возможностям и параметрам во время практического использования данного пакета ПО.

#### Дополнительные приложения к пакету ПО

В комплект поставки программного продукта "Standard PID Control" (Стандартное ПИД-управление) включаются также структуры (экземпляры DB) для наиболее часто используемых типов регуляторов и для специальных многоконтурных систем управления.

Вы можете использовать описанные ниже шаблоны структур данных (Example 1 ... Example 6), если система управления создается впервые и при этом не обеспечивает требуемой надежности, или если Вы желаете избежать возможных ошибок при создании связанных структур систем автоматического управления:

Обозначение	Обеспечиваются следующие функции	Комментарий
Example1	Стабилизация уставки в системе с переключающимся выходом для интегрирующих конечных элементов (напр. электродвигатель)	ПИД-регулятор пошагового управления с трехуровневым выходом ("трехпозиционное" регулирование)
Example2	Стабилизация уставки в системе с непрерывным управлением с конечными элементами пропорционального управления	Аналоговый ПИД-регулятор ("Analog PID controller")
Example3	Многоконтурное пропорциональное управление	Соотношение 2-х переменных процесса неизменно
Example4	Смешанное управление	Отношение смешиваемых сигналов неизменно, хотя суммарное их значение меняется
Example5	Каскадное управление	Улучшение управления путем обработки переменных процесса в контурах нижнего уровня
Example6	C-регулятор с импульсными выходами и моделированием системы	



**Конфигурирование** Средства для конфигурирования пакета "Standard PID Control"  
**ПО "Configuration** (Стандартное ПИД-управление) рассматриваются в *Главе 10*  
**Standard PID Control"** данного руководства.  
**(Стандартное**  
**ПИД-управление)**

### 1.3 Среда и область применения ПО "Standard PID Control"

**Оборудование, применяемое при использовании ПО "Standard PID Control"**

Регуляторы, создаваемые с помощью ПО "Standard PID Control" (Стандартное ПИД-управление), могут работать на базе PLC (CPU с плавающей точкой и прерываниями типа "watchdog") семейств S7-300 и S7-400.

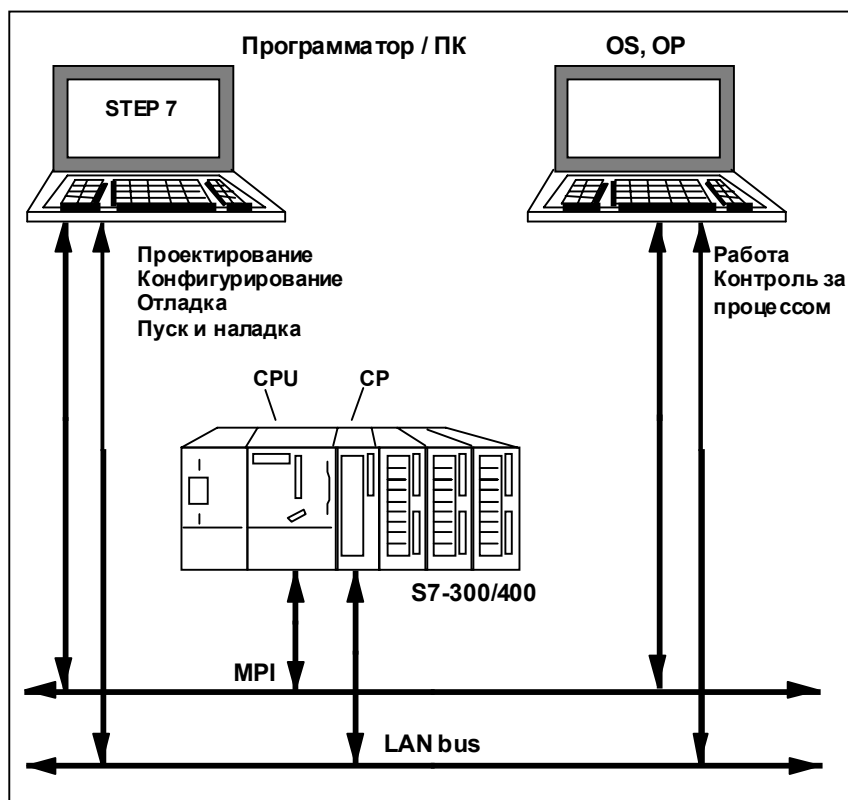


Рис.1-3 Оборудование, необходимое при использовании пакета ПО "Standard PID Control" (Стандартное ПИД-управление)

**Программное обеспечение, используемое вместе с ПО "Standard PID Control"**

ПО "Standard PID Control" (Стандартное ПИД-управление) предназначено для использования совместно с программным обеспечением STEP 7. Система STEP 7 может быть установлена в одной из операционных систем Microsoft Windows: 95 / 98 / NT. Создание программного обеспечения для стандартных систем - управления может производиться как на автономном PG или ПК так и на сетевом сервере.

## Системные ограничения

Так как реализация регулятора предполагает высокие требования к вычислительной системе (обработка машинных слов), очень важно правильно использовать процессор.

Можно принять во внимание следующие рекомендации:

- Размер кода функционального блока (PID\_CP или PID\_ES):  $\leq 6$  Кбайт
- Данные на каждый регулятор  $\leq 0.5$  Кбайт
- Базовые данные для минимального времени выполнения (время обработки) ПИД регулятора для различных САУ включены в раздел 8.1 (Технические данные).
- Требуемый размер памяти для пользователя, а следовательно и число регуляторов, которые теоретически могут быть установлены в базовой доступной памяти (при использовании рабочей памяти задачами управления на 50%) рассмотрены в разделе 8.1 (Технические данные).
- Нет ограничений по памяти для L-стека.
- Прерывания не задерживаются при обработке FB.

## Распределение вызовов регуляторов

Если в системе группы регуляторов или отдельные регуляторы должны вызываться с разными по длительности интервалами дискретизации, установления классов приоритетов для вызовов по временным прерываниям недостаточно. В таких случаях используется функция распределения вызовов регуляторов LP\_SCHED (Loop Scheduler – планировщик циклов), которая обеспечивает равномерность вызовов нескольких регуляторов с различными интервалами дискретизации по ОВ временных прерываний ("watchdog").

Распределение вызовов используется для организации:

- вызовов отдельных регуляторов "внутри" одного класса приоритетов (прерывания "watchdog").
- вызовов установленных стандартных регуляторов при первом запуске CPU.

## Возможные применения и ограничения ПО Standard PID Control

Функции управления, реализованные на алгоритмах FB, могут быть использованы для любого применения. Характеристики управления и быстродействие, которые могут быть заложены в регулятор, реализуемый на основе данного ПО, зависят только от используемых процессоров (CPU).

При этом для любого CPU может быть достигнут компромисс в САУ между числом регуляторов и частотой включения каждого из этих регуляторов для управления. Чем выше должно быть быстродействие регулятора (другими словами, чем большее количество раз в единицу времени должны быть просчитаны переменные управления), тем меньшее число регуляторов должно быть в системе.

Стандартные функциональные блоки PID\_CP и PID\_ES позволяют создавать и в дальнейшем эксплуатировать программы управления (программы-регуляторы) на основе стандартных ПИД-алгоритмов пакета программ Standard PID Control (Стандартное ПИД-регулирование). В них не включены специальные функции, позволяющие управлять сигналами процесса.

Практически нет никаких ограничений на типы и сложность процессов, которые Вам необходимо оснастить системой регулирования на основе пакета программ Standard PID Control (Стандартное ПИД-регулирование). И в медленно меняющихся процессах (управление температурой, уровнем наполнения резервуара) и в очень быстрых процессах (управление потоком вещества, скоростью двигателя) могут быть применены такие системы управления.

ПО Standard PID Control (Стандартное ПИД-регулирование) может быть использовано:

- для стабилизации заданного уровня с помощью П (P), PI (PI), ПД (PD), ПИД (PID)-регулятора;
- для стабилизации заданного уровня с помощью П (P), PI (PI), ПД (PD), ПИД (PID)-регулятора последовательного регулирования;
- для стабилизации заданного уровня с предсказанием состояния;
- Для каскадного управления (только с шаговым регулятором во вторичном контуре управления)
- для пропорционального управления (двухконтурное управление);
- для смешанного управления.

#### **Функции Standard PID Control**

Конфигурируя функции ПО "Standard PID Control" (Стандартное ПО ПИД-управление), Вы можете создавать регуляторы со следующими характеристиками и режимами:

- корректировка сигнала уставки фильтром "пилообразный сигнал";
- ограничение диапазона изменения сигнала на контрольном входе и (для регуляторов последовательного управления) сигнала управляющей переменной;
- ограничение абсолютных значений сигнала на контрольном входе и (для регуляторов последовательного управления) сигнала управляющей переменной;
- подавление шумов, сопутствующих переменной процесса или присутствующих в цепях формирования сигнала уставки, с помощью фильтрации сигнала рассогласования (ошибки);
- подавление высокочастотных колебаний переменной процесса путем задержки уровня сигнала переменной процесса;
- линеаризация переменных процесса, имеющих квадратичную характеристику изменения, (контроль потока с помощью датчиков разности давления);
- возможность вызова Ваших собственных функций для сигнала уставки, переменной процесса и/или управляющей переменной;
- ручной режим (контроль за управляющей переменной с помощью PG или панели оператора OP/OS);
- отслеживание двух верхних и двух нижних уровней переменной процесса и/или сигнала рассогласования;
- мониторинг диапазона изменения переменной процесса;
- выбор режима П (P) и Д (D) в цепях обратной связи регулятора.

## 1.4 Запуск

### Цель

Для того, чтобы провести Вас последовательно по этапам пуска и наладки системы регулирования, в данном руководстве используется конкретный пример (образец), в котором вместо внешнего процесса используется модель процесса, существующая в виде функционального блока. Вы научитесь загружать этот регулятор в CPU, определять его характеристики с помощью справочной системы по оптимизации программы конфигурирования и тестировать управляющий сигнал с этими параметрами.

### Системные требования

- Необходимо иметь S7 300 или S7 400 станцию, включающую в себя модуль источника питания и CPU.
- На Вашем программаторе должна быть корректно установлена система STEP 7 (версии не ниже V4.02).
- У Вас должен быть создан проект S7 станции.
- PG должен быть подсоединен к CPU.
- У Вас должно быть ПО "Standard PID Control" (пакет "Стандартное ПИД-управление"), а также соответствующая программа конфигурирования.
- Вы должны быть знакомы с пакетом программирования STEP 7, в частности с SIMATIC Manager и редакторами LAD/STL/SFC Editor.

### Инсталляция ПО "Standard PID Control" на программатор

В ПО "Standard PID Control" ("Стандартное ПИД-управление") включены блоки для управления CPU, а также программа-образец. Программа начинает инсталлироваться после запуска SETUP.EXE на CD-ROM с ПО "Standard PID Control" (Стандартное ПИД-управление).

Выполните все инструкции для установки программы.

### Инсталляция программы конфигурирования на программатор

Программа конфигурирования для ПО "Standard PID Control" (пакет "Стандартное ПИД-управление") содержит исполняемый модуль, который запускается на PG или ПК для конфигурирования и тестирования системы управления с модулем CPU. Программа начинает инсталлироваться после запуска SETUP.EXE на CD-ROM.

Выполните все инструкции для установки программы.

## **Создание программы-образца (Example Program)**

С помощью SIMATIC Manager:

- Откройте Ваш проект.
- Откройте библиотеку StdCon (V5).
- Скопируйте FB1 "PID\_CP" из вышеназванной библиотеки в программу Вашего проекта. Этот FB содержит программу управления.
- Откройте проект StdConEx (V5). В нем находятся программы-образцы. Скопируйте FB100 "PROC\_C" из вышеназванного проекта в программу Вашего собственного проекта. Этот FB содержит модель процесса.
- Теперь создайте функцию FC100. Вызов программы регулятора и моделирование процесса должны быть запрограммированы в данном FC. Вызов программы должен выполняться из FC, а не из OB, так как этот вызов делается только один раз в рабочем цикле, а также при запуске CPU для реализации предустановок. Так как список входных и выходных параметров FB регулятора скорее всего достаточно большой, то нежелательно два раза предусматривать в программе этот вызов ввиду ограниченности памяти. Вместо этого дважды программируется вызов FC. Так как при этом требуется только два входных параметра, то при этом нужно не так много памяти.

На следующем этапе откройте FC100 в редакторе LAD/STL/SFC Editor.

Введите следующие два входных параметра в таблицу объявления переменных (declaration table):

- переменную COM\_RST типа BOOL
- переменную CYCLE типа TIME

Теперь вставьте вызов FB регулятора в раздел кода:

"CALL FB1, DB101". Ответьте на предложение о создании экземпляра DB согласием "Yes" (Да).

Желательно также назначить символическое имя экземпляру DB. Для этого откройте таблицу символов Вашего проекта и вставьте следующую строку:

Symbol "CONTROL", Address "DB101", Data type "FB1"

(Имя "CONTROL", адрес "DB101", тип данных "FB1")

Так как таблица символов уже открыта, введите также следующие данные:

- Имя "PROC\_C", адрес "FB100", тип данных "FB100" (назначение имени блоку FB модели процесса)
- Имя "APP\_Getting\_Started", адрес "FC100", тип данных "FC100" (назначение имени FC, где содержится вызов программы)
- Имя "PROCESS ", адрес "DB100", тип данных "FB100" (в данном DB будут храниться данные модели процесса)

- Имя "CYC\_INT1", адрес "OB35", тип данных "OB35" (из блока OB35 будет периодически вызываться пример программы (example program))
- Имя "RESTART ", адрес "OB100", тип данных "OB100" (блок OB100 будет использоваться для выполнения полного перезапуска).

Сохраните таблицу символов (symbol table). Переключитесь в редактор LAD/STL/SFC Editor. Вызываемый FB и соответствующий экземпляр DB теперь отображены в нем своими идентификаторами.

Сконфигурируйте входные параметры FB "PID\_CP":

- COM\_RST := #COM\_RST (входному параметру COM\_RST для DB регулятора "CONTROL" соответствует входной параметр COM\_RST для FC 100)
- CYCLE:= #CYCLE (входному параметру CYCLE для DB "CONTROL" соответствует входной параметр CYCLE для FC 100)

Поставьте вызов модели процесса после вызова FB управления:

"CALL PROC\_C, PROCESS"

FB и назначенный экземпляр DB могут вводиться своими именами, так как их символические имена уже заданы в редакторе имен. Вновь ответьте на подсказку о создании экземпляра DB согласием "Yes".

Сконфигурируйте входные параметры FB PROC\_C:

- INV:= "CONTROL".LMN (входному параметру INV для DB процесса "PROCESS" соответствует входной параметр (сигнала управления) LMN DB регулятора "CONTROL")
- COM\_RST := #COM\_RST (входному параметру COM\_RST для DB процесса "PROCESS" соответствует входной параметр COM\_RST FC 100)
- CYCLE:= #CYCLE (входному параметру CYCLE DB "PROCESS" соответствует входной параметр CYCLE FC 100)
- OUTV := "CONTROL".PV\_IN (выходной параметр OUTV для DB "PROCESS" переносится в переменную PV\_IN (PV\_IN - внутреннее текущее значение переменной процесса) DB регулятора)

Сохраните FC 100 "APP\_Getting\_Started". Функция FC теперь содержит программу, в которой вызываются регулятор и модель процесса. Две программы связаны переменными управления (управляющими переменными) (от регулятора к модели процесса) и текущими значениями переменной процесса (от модели процесса к регулятору).

Чтобы с одинаковым временным периодом вызывать эту программу "APP\_Getting\_Started" в CPU, создайте блок OB35 в Вашем проекте. Откройте OB35 с помощью редактора LAD/STL/SFC Editor. Вставьте вызов FC 100, который Вы только что создали в разделе кода:

- CALL APP\_Getting\_Started

- Сконфигурируйте входные параметры FC 100:
  - COM\_RST := FALSE (запрещается сброс регулятора и процесса во время выполнения рабочего цикла)
  - CYCLE := T#100MS (базовое время вызова программ составляет 100 мс. Убедитесь в STEP 7, что 100 мс установлено для CPU как время, необходимое для выполнения OB 35.)

Сохраните OB35.

Чтобы вызывать программу "APP\_Getting\_Started" во время полного перезапуска/"теплого" перезапуска, создайте блок OB100 в Вашем проекте. Откройте данный OB в редакторе LAD/STL/SFC Editor.

- Вставьте вызов FC 100, который Вы создали в разделе кода: "CALL APP\_Getting\_Started"
- Сконфигурируйте входные параметры FC 100:
  - COM\_RST := TRUE (сброс регулятора и процесса во время полного перезапуска/"теплого" запуска CPU)
  - CYCLE := T#100MS (базовое время вызова программы по таймеру равняется 100 мс)

Сохраните OB100.

Теперь Вы должны еще определить параметры процесса. Для этого откройте DB "PROCESS" в редакторе LAD/STL/SFC Editor в области "Data view" (Обзор данных). Установите следующие параметры:

GAIN = 1.5, TM\_LAG1 = 10S, TM\_LAG2 = 20S, TM\_LAG3 = 0S.

У Вас теперь есть модель процесса с регулятором. Чтобы определить параметры управления, необходимо загрузить проект в CPU.

### **Отладка программы примера Example Program**

DB регулятора сконфигурирован, теперь регулирование процесса возможно. Тем не менее, регулятор пока находится в ручном режиме и параметры регулятора не могут быть оптимизированы. Это будет сделано на следующем этапе.

А пока откройте утилиту конфигурирования Standard PID Control Tool.

Затем откройте DB 101 "CONTROL" в интерактивном режиме.

Переключите управляющую переменную с ручного на автоматический режим. Чтобы сделать это, переключатель (ключ) должен быть установлен на выход ПИД (PID) блока перед каскадом ограничителя управляющей переменной.

Загрузите изменения в CPU.

Теперь выберите функцию меню "Debug / Controller optimization" (Отладка/Оптимизация параметров управления).



Следуйте инструкциям в окне сообщений оптимизации управления:

- Выберите управляющую переменную от PG и щелкните по кнопке управления "Send" ("Послать").
- Примите заранее заданные (заданные по умолчанию) параметры в отображаемом на экране окне "Controller optimization: Preparing the Data Acquisition" (Оптимизация параметров управления: подготовка приема переменных процесса) нажатием кнопки "OK".
- В окне сообщений теперь Вам будет предложено установить рабочую точку для управляющей переменной. С помощью кнопки "Send" ("Послать"), установите для рабочей точки значение 0 %. Так как значение переменной процесса уже установилось, Вы можете щелкнуть по кнопке "OK" в окне сообщений "Controller optimization" (Оптимизация параметров управления).
- Введите значение 30% для управляющей переменной в loop display (отображение цикла) и щелкните по кнопке "Send" ("Послать"). Теперь запущен процесс сбора сигналов от датчиков. Необходимо дождаться момента, когда программа определит, что все переменные процесса находятся в установившемся режиме. Это займет примерно 5 минут. Это может занять также немного больше времени. Тем не менее, в реальных процессах сигналы - переменные процесса могут иметь "шумовую" составляющую. Чтобы добиться хорошей настройки регулятора, несмотря на "шумы", рекомендуется несколько увеличить период времени для опроса датчиков.
- Как только соответствующее сообщение отобразится на экране в окне "Controller optimization" ("Оптимизация параметров управления"), закройте loop display (отображение цикла) и закройте окно "Close loop display" ("Закрыть отображение цикла") кнопкой OK.
- Теперь выберите подходящую переходную характеристику и нажмите на кнопку "OK". В последовательности окон отображается процесс и параметры регулятора, что позволяет сделать выбор ПИД (PID) или ПИ (PI) регулятора.
- Нажмите кнопку "Download PID" ("Загрузить ПИД"). Текущие параметры сохраняются в памяти PG. Теперь можно загрузить параметры в CPU. Для этого выберите окно Вашего DB регулятора в режиме on-line (интерактивном режиме) и щелкните по кнопке "Download" ("Загрузить").



# Разработка дискретных систем управления

## 2

В данной главе рассматриваются следующие вопросы:

- Характеристики процесса и их общее влияние на функции управления
- Идентификация характеристик процесса
- Управление с предсказанием состояния системы
- Многоконтурные регуляторы
- Структура пакета программ Standard PID Control (ПО для стандартного ПИД-управления) и режим его работы
- Диаграммы прохождения сигналов

## 2.1 Характеристики процесса и система управления

### Характеристики процесса и регулятор

Статическая характеристика (усиление) и динамические свойства процесса (такие, как: время запаздывания (time lag), время нечувствительности (dead time), время установления сигнала (переменной процесса) (reset time) и т.д.), для которого необходима система управления, в значительной степени влияют на тип и временные характеристики системы обработки сигналов регулятора с точки зрения стабильности процесса или изменений в процессе согласно временному графику.

Процесс занимает специфическое место в ряду компонентов системы регулирования. Его характеристики определены физическими законами или используемой технологией и, поэтому, мало подвержены изменениям. Хорошая управляемость процессом может быть получена при выборе соответствующего типа регулятора, наилучшим образом отвечающего конкретному процессу, и при качественном согласовании регулятора с временной характеристикой процесса.

Точное знание типа и характеристик процесса, для которого строится регулятор, является необходимым условием для структурирования и разработки регулятора и для выбора значений его статических (для П- (P) режима) и динамических (для И- (I) и Д- (D) режимов) параметров.

### Анализ процесса

Для разработки регулятора Вам нужны точные данные от процесса, которые Вы можете получить с помощью передаточной функции, являющейся реакцией процесса на ступенчатое изменение уровня сигнала уставки. Графический анализ этой временной характеристики позволит Вам сделать заключение о типе регулятора с наиболее подходящей для процесса функцией управления, а также о значениях ее параметров.

Утилита конфигурации поможет Вам на этапе анализа процесса. Перед описанием использования утилиты из ПО для стандартного ПИД-управления ("Standard PID Control tool") полезно познакомиться с наиболее распространенными типами процессов, которые требуют автоматизации. Вы можете получить эту информацию для того, чтобы подобрать наилучшую процедуру анализа и моделирования характеристик процесса.

### Типы и характеристики процесса

Следующие процессы будут проанализированы наиболее детально:

- Саморегулирующийся процесс (Self-regulating process);
- Саморегулирующийся процесс с характеристикой, имеющей период нечувствительности (Self-regulating process with dead time);
- Процесс с интегральной характеристикой (Process with integral action).

## Саморегулирующийся процесс

Большинство процессов являются саморегулирующимися, другими словами, после ступенчатого изменения управляющей переменной, переменная процесса (или управляемая переменная) приходит к новому устойчивому уровню.

Следовательно, временная характеристика системы может быть определена с помощью построения графика изменения переменной процесса во времени  $PV(t)$  после ступенчатого возрастания уровня управляющей переменной LMN более, чем на 1,5% от ее динамического диапазона (total range).

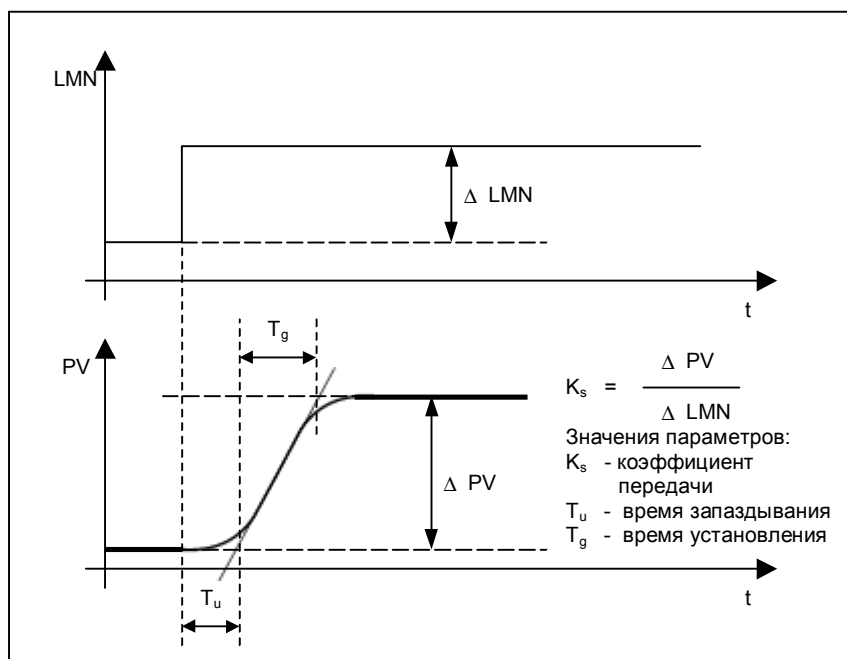


Рис. 2-1 Переходная характеристика саморегулирующегося процесса (первого порядка)

Если переходная характеристика в диапазоне изменения управляющей переменной линейна, то коэффициент передачи  $K_s$  показывает усиление системы управления. Управляемость процесса может быть оценена величиной отношения  $T_u/T_g$ . Чем меньше величина этого отношения, то есть, чем меньше время запаздывания по сравнению с временем установления уровня управляющей переменной  $PV$ , тем лучше управляемость процесса.

В соответствии с уровнями величин  $T_u$  и  $T_g$ :

при  $T_u < 0,2$  мин и  $T_g < 2$  мин, то процесс считается быстрым;

при  $T_u > 0,5$  мин и  $T_g > 5$  мин, то процесс считается медленным.

Следовательно, абсолютное значение времени установления уровня сигнала  $T_g$  имеет прямое влияние на величину интервала дискретизации регулятора. Более высокий уровень  $T_g$  означает, что процесс обладает медленной реакцией и интервал дискретизации должен быть более длительным.

### Саморегулирующийся процесс с временем нечувствительности

Многие процессы, включая процессы с транспортированием материалов или энергии (трубопроводы, конвейерные линии и т.п.), имеют переходную характеристику, похожую на характеристику, показанную на Рис.2-1. Но в их характеристике пусковое время  $T_a$  ("start-up time") состоит из двух временных интервалов:  $T_t$  (время нечувствительности "dead time") и  $T_g$  (время задержки "time lag"). С точки зрения управляемости очень важно, чтобы интервал  $T_t$  был меньше величины  $T_g$ , то есть необходимо, чтобы выполнялось требование:  $T_t / T_g \leq 1$ .

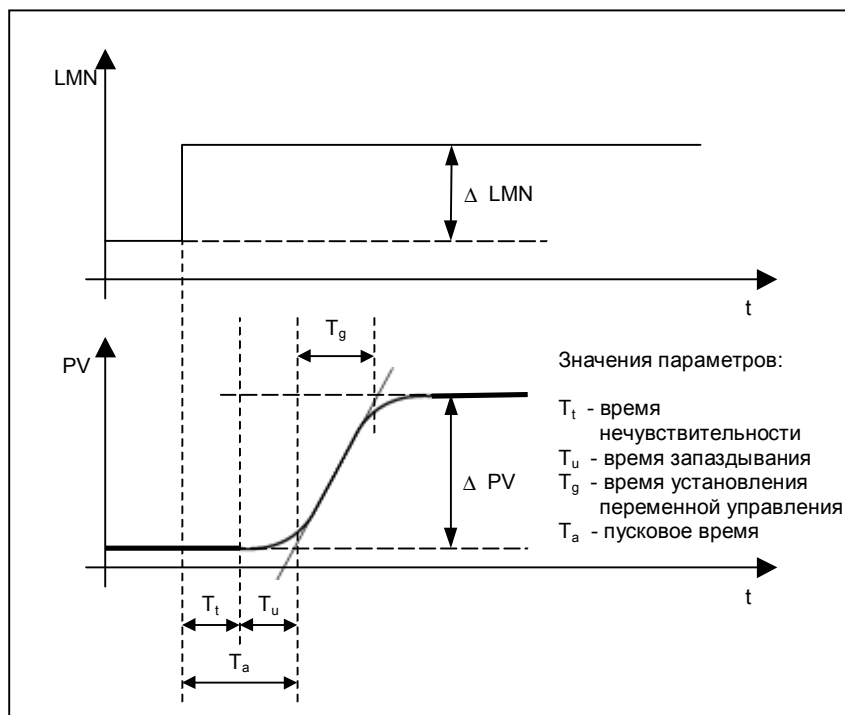


Рис.2-2 Переходная характеристика саморегулирующегося процесса с временем нечувствительности ( $T_t$ -РТ процесс)

Так как регулятор не реагирует на изменения управляющих сигналов, поступающих от регулятора на интервале нечувствительности, то очевидно, влияние регулятора на процесс задерживается и качество управления снижается.

При использовании стандартного регулятора такие эффекты частично могут устраняться выбором нового места расположения датчиков.

### Процесс с интегральной характеристикой

Для данного процесса характерно монотонное возрастание сигнала переменной процесса (PV) после скачка уровня управляющей переменной на фиксированную величину, при этом величина наклона характеристики "отклика" процесса обратно пропорциональна значению постоянной времени интегрирования (время установления сигнала = "reset time")  $T_I$ .

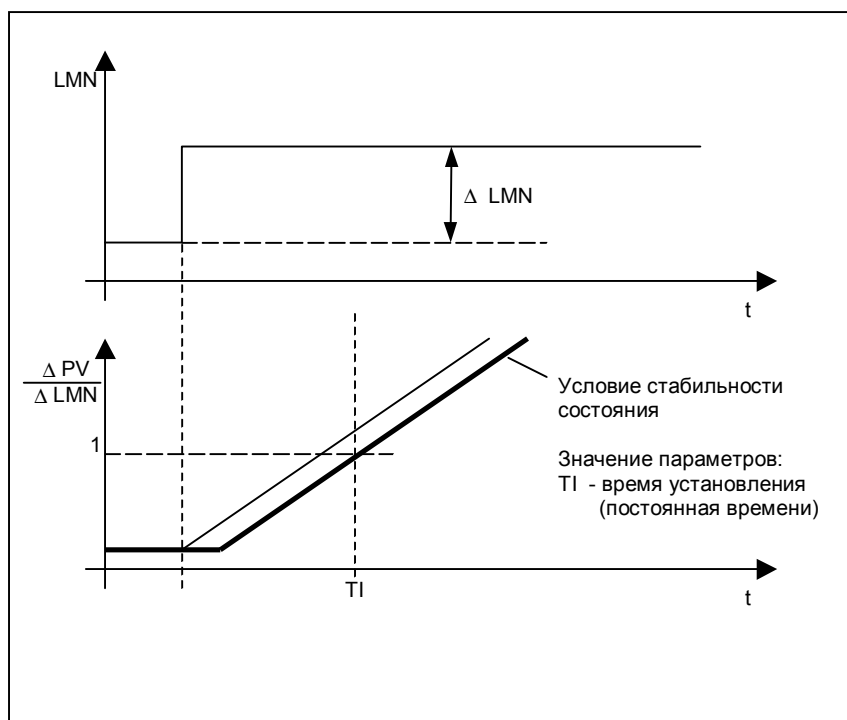


Рис.2-3 Переходная характеристика процесса с интегральной характеристикой, не обладающего свойствами саморегулирования (И- (I) процесс).

Процессы с И-компонентом, например, процесс наполнения/слива резервуара с жидкостью, при котором уровень жидкости может повышаться/понижаться с разными скоростями, зависящими от степени открытости соответствующего вентиля (оконечного управляющего элемента). Также широко известны и другие процессы с И-компонентом, такие как механические приводы с двигателями, в которых скорость перемещения рабочих органов прямо пропорциональна скорости вращения вала двигателя. Если не возникает каких-либо помех для И-процесса (что часто бывает), то в таком процессе должен быть использован регулятор без И-компонента.

Если есть влияние переменной помехи, то его обычно можно устранить при использовании регулятора с системой предсказания состояния процесса без И-компонента.

## 2.2 Идентификация характеристик процесса

### Идентификация процесса

Как уже было сказано, исследование с целью идентификации переходной характеристики данного процесса требует двух этапов:

- 1) Запись передаточной функции процесса после ступенчатого изменения управляющей переменной.
- 2) Оценка передаточной функции процесса для определения подходящей структуры управления и оптимальных параметров регулятора.

#### 1) Запись передаточной функции

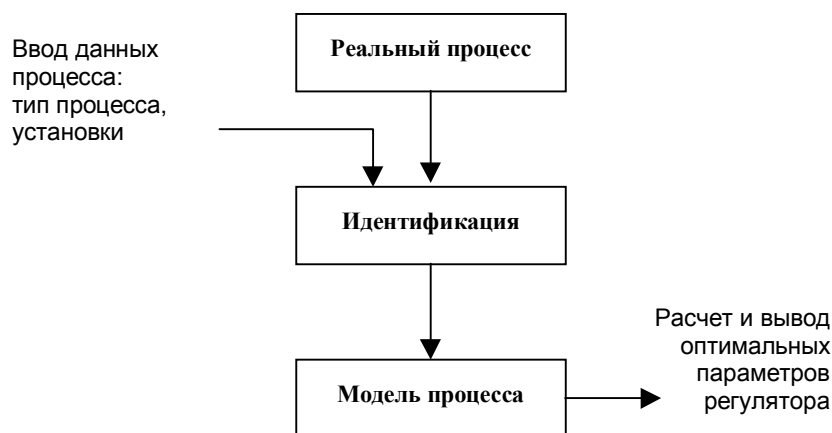
После выполнения первого этапа, Вы можете получить мощную поддержку при идентификации процесса в виде конфигурационной утилиты.

Комментарии в диалоговых окнах обеспечат Вас контекстной информацией о текущих действиях. Окна для ввода или вывода будут открываться автоматически на определенных этапах процедуры.

#### 2) Определение данных регулятора

Для идентификации данного процесса (этап 2) все, что Вам нужно сделать, это определить режим настройки (периодический или с 10% перерегулированием), после чего включить режим автоматической идентификации процесса.

Следующая диаграмма иллюстрирует метод, используемый системой для идентификации процесса:



Результаты идентификации процесса будут отражены в окне. Вы сможете или сохранить ПИ- или ПИД-параметры в базе данных или сбросить результаты и выполнить повторную идентификацию, используя другие данные процесса или другие установки.



### Идентификация процесса и тип контура регулирования

Идентификация процесса может выполняться в следующих режимах, как показано ниже, для различных типов процессов:

	Получение данных	Контур	Процесс	Вид воздействия на процесс
1	Интерактивная связь	Разомкнут (Ручной режим)	Без И-компонента	Ступенчатое изменение уровня управляющей переменной ( Г )
2	Интерактивная связь	Замкнут (Автоматический режим)	Без И-компонента	Ступенчатое изменение уровня сигнала уставки ( Г )
3	Интерактивная связь	Разомкнут (Ручной режим)	С И-компонентом	Импульсное изменение уровня управляющей переменной ( П )
4	Интерактивная связь	Замкнут (Автоматический режим)	С И-компонентом	Импульсное изменение уровня сигнала уставки ( П )
5	Автономно	Данные САУ из архива		

## 2.3 Управление с предсказанием состояния

### Управление с предсказанием состояния

Составляющие помехи, влияющие на процесс, должны быть скомпенсированы системой управления.

Статические переменные помехи компенсируются регуляторами с И-компонентом, после чего на качестве управления такие помехи не сказываются.

Динамические переменные помехи, однако, имеют более значительное влияние на качество управления. В зависимости от точки воздействия этих помех в системе управления и постоянных времени отдельных каскадов системы управления, на которые сигналы помехи влияют, возникают сигналы ошибки различной амплитуды и длительности, которые можно устранить лишь с помощью И-компонента в регуляторе.

Влияние этих помех можно предотвратить в тех случаях, когда есть возможность их измерить. Подавая измеренный сигнал ошибки в противофазе на выход регулятора, мы тем самым можем скомпенсировать переменную ошибки. При таком способе компенсации ошибки регулятор значительно быстрее реагирует на возникновение сигнала ошибки.

Стандартный регулятор имеет сигнальный вход DISV для переменной помехи. Переменная помехи может быть подключена на вход смесителя для дальнейшего поступления на выход ПИД-регулятора согласно схеме (Рис.2-4).

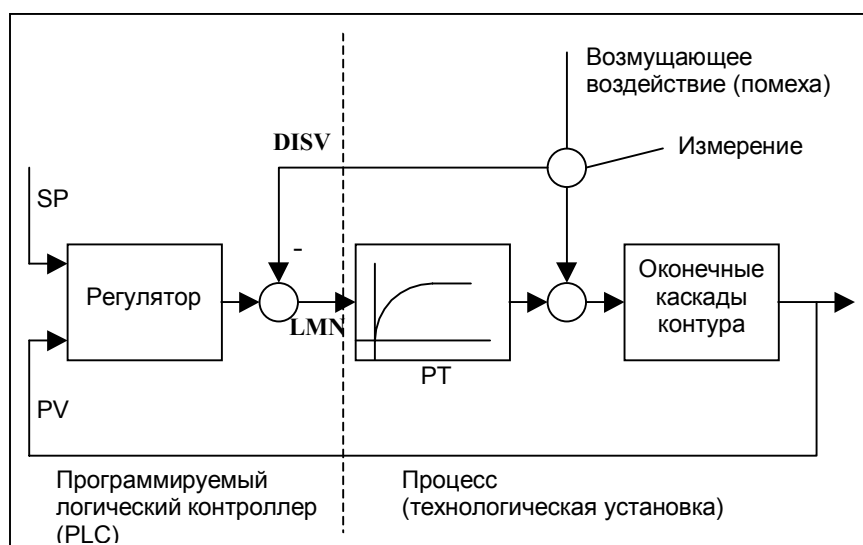


Рис. 2-4 Компенсация возмущающего воздействия подается на вход процесса (наименования сигналов соответствуют стандарту, принятому в Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление)).

## 2.4 Многоконтурные регуляторы

### Процессы с взаимосвязанными переменными процесса

В ПО "Standard PID Control" (Стандартное ПИД-управление) включены подготовленные образцы (Example3...Example5, т.е., Образец 3...Образец 5, см. главу 7), с помощью которых Вы легко сможете получить многоконтурные регуляторы. Использование подобных структур управления всегда дает преимущество, когда дело касается процессов с взаимосвязанными переменными процесса.

Далее описаны структуры таких систем управления и способы их использования.

### Многоконтурная система пропорционального управления (Example3 - Образец 3)

Иногда стабилизация отношения между двумя или большим количеством переменных процесса более значима, чем стабилизация их абсолютных значений. В таких случаях используются системы пропорционального управления (Рис.2-5).

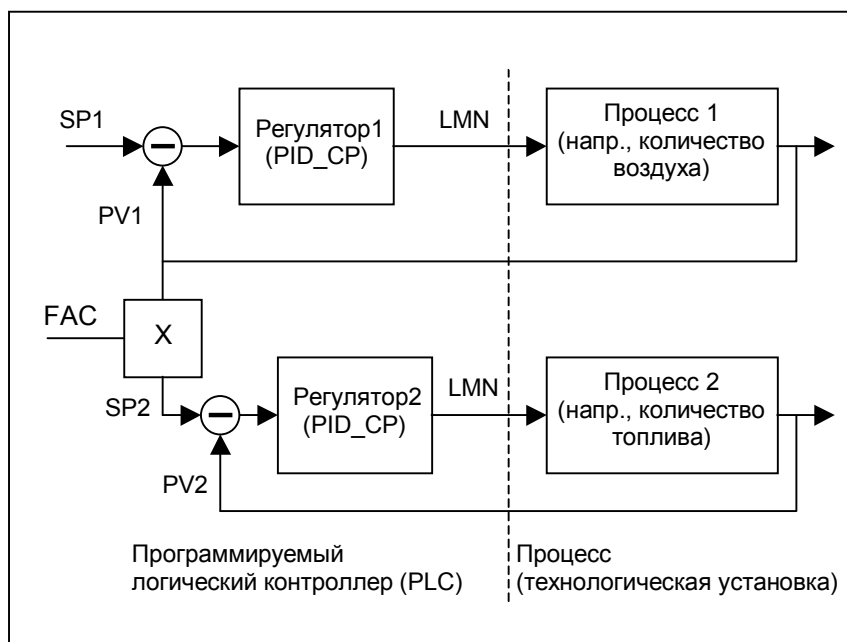


Рис.2-5 Двухконтурное пропорциональное управление (Example3 – Образец 3)

Обычно переменные процесса, для которых должно сохраняться заданное отношение, представляют собой величины скорости расхода компонентов или величины объемов, что характерно для процессов сжигания. На Рис.2-5 количество топлива в контуре управления 2 поддерживается в соотношении FAC с количеством воздуха, задаваемым уставкой SP1.

# **Смешанное управление (Example4- Образец 4)**

В "смешанных" процессах контролируются и общее количество смешиваемых материалов и неизменный процент их содержания в смеси для получения требуемого результата работы.

В соответствии с принципами пропорционального управления вышеуказанные требования приводят к структуре управления, в которой количество каждого компонента в смеси должно отслеживаться. Уставки по каждому компоненту формируются с помощью фиксированной пропорции или с помощью коэффициентов пропорциональности (FAC) и управляющей переменной регулятора, отвечающей за общий выход продукта.

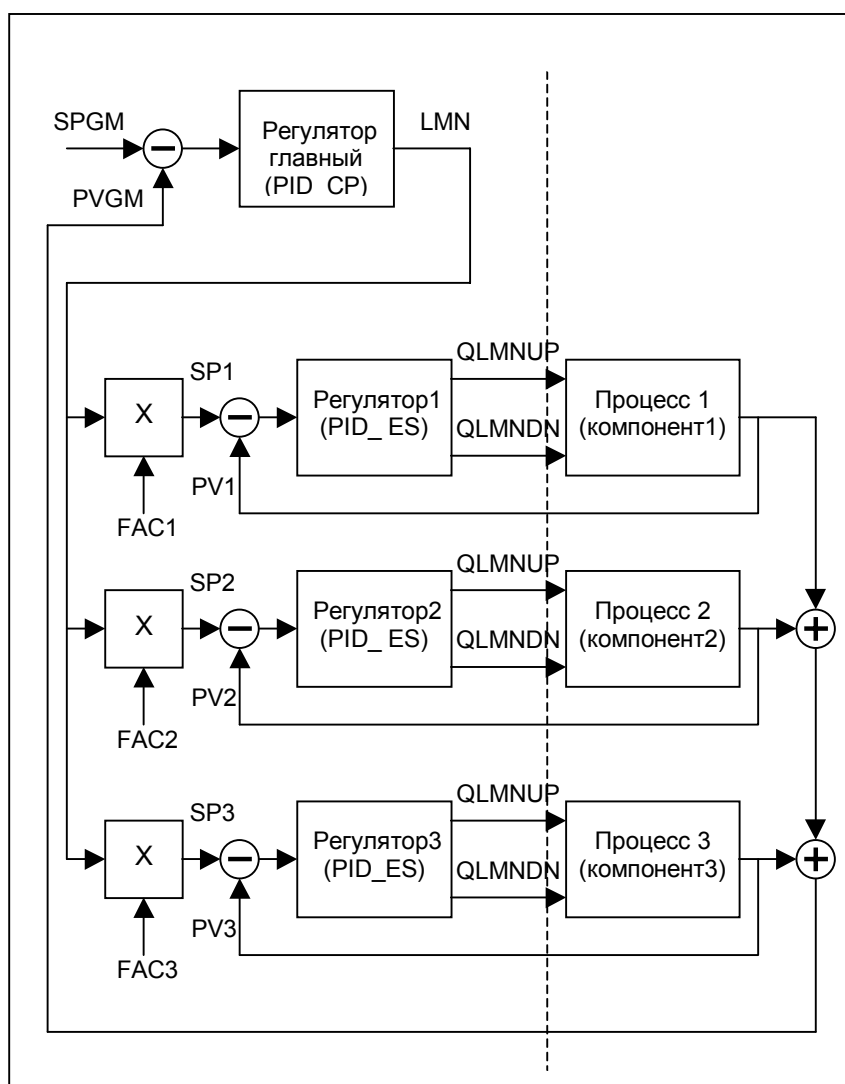


Рис.2-6 Смешанное управление для трех компонентов  
(Example4 – Образец 4)

Структура системы управления смешанного типа (Example4 – Образец 4) содержит регулятор с непрерывным управлением (PID\_CP) (для контроля за общим выходом продукта) и 3 шаговых регулятора (PID\_ES) для вторичных контуров управления отдельных компонентов, количество каждого из которых определяется коэффициентами FAC1 ... FAC3.

### Каскадное управление (Example5- Образец 5)

Если необходимо контролировать не только суммарную переменную процесса, но и вторичные переменные, которые должны регулироваться отдельно, то обычно получается система управления с более хорошими характеристиками, чем в системе с единственным контуром управления.

Вторичная переменная процесса PV2 регулируется во вторичном контуре управления (Рис.2-7). Это означает, что возмущения, которые могут возникнуть в этой части системы управления будут скомпенсированы, прежде, чем они смогут воздействовать на качество первичной переменной процесса PV1. Благодаря такой структуре, возмущения вторичных переменных компенсируются быстрее. А это означает, что настройка первичного регулятора может быть выбрана так, чтобы повысить его чувствительность и скорость реакции при стабилизации сигнала уставки.

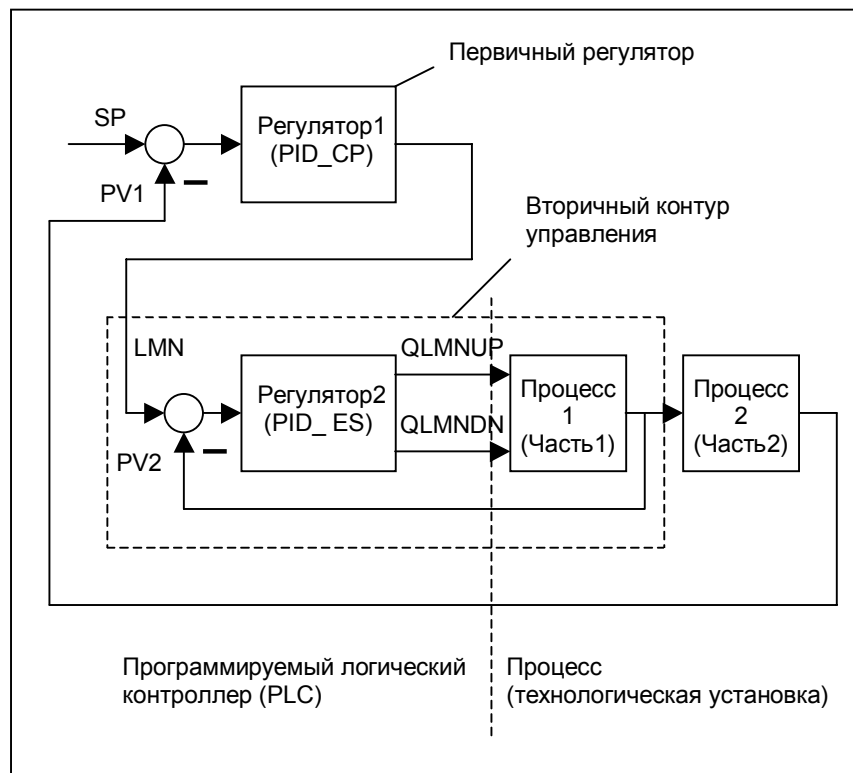


Рис.2-7 Двухконтурная каскадная система управления  
(Example5 – Образец 5)

Структура системы управления смешанного типа (Example5 – Образец 5) содержит регулятор с непрерывным управлением (PID\_CP) для регулирования опорного входа (входа уставки) вторичного контура управления и шагового регулятора (PID\_ES) для управления вторичной переменной процесса PV2 (вторичный регулятор).

## 2.5 Структура и режим работы Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление)

### Sampling control Дискретное управление

Регуляторы, которые строятся на базе ПО Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление) всегда являются регуляторами управления в дискретных периодах времени (DDC = direct digital control = прямое дискретное управление). Регуляторы такого типа осуществляют управление процессом по времени, другими словами, это регуляторы, которые начинают выполнение управляющего воздействия определенной длительности на процесс через равные промежутки времени, при этом длительность интервала между двумя такими включениями называется периодом дискретизации (sampling time) или временем цикла (cycle), имеющим наименование CYCLE.

Рис.2-8 иллюстрирует простой контур управления на основе стандартного регулятора. На этой диаграмме показаны наименования основных переменных (сигналов) и аббревиатуры, обозначения параметров, принятые в данном руководстве.

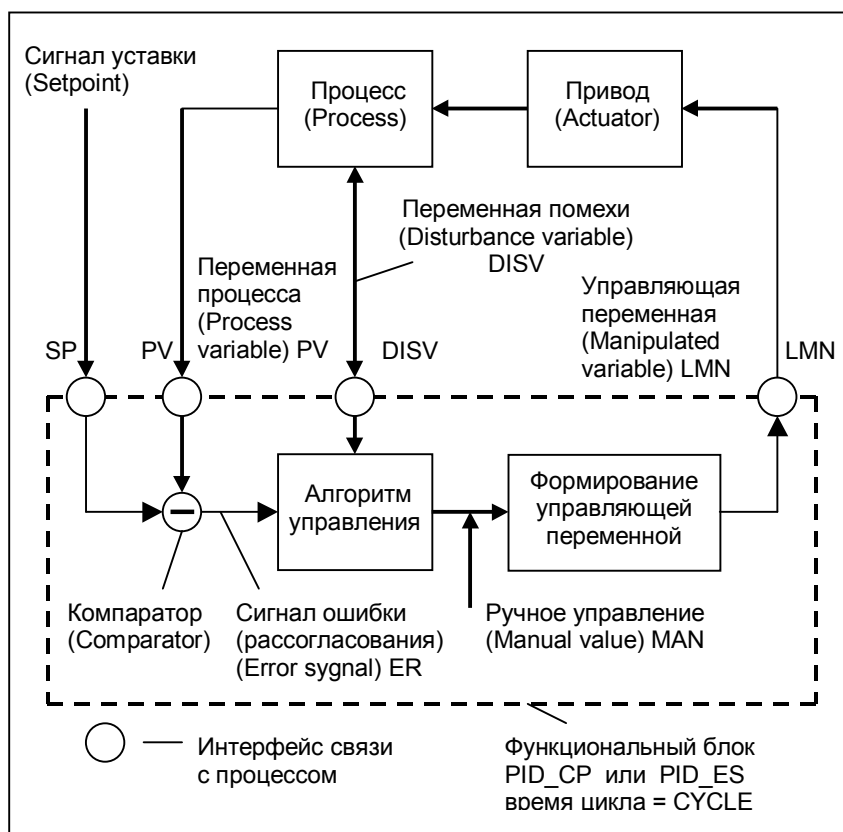


Рис.2-8 Система дискретного регулирования на основе ПО Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление)

Функции управления, исполняемые функциональными блоками PID\_CP и PID\_ES, - это чисто программные алгоритмы управления. Входные и выходные сигналы регуляторов обрабатываются с использованием численных алгоритмов в процессоре (CPU).

Так как обработка данных в блоках регуляторов происходит последовательно, входные сигналы могут быть получены только в определенные дискретные моменты времени, также как и выходные сигналы поступают на выход регулятора в определенные моменты времени.

Это основная особенность регуляторов дискретного управления (sampling control).

#### **Алгоритм управления и стандартные регуляторы**

Алгоритм управления в процессоре моделирует регулятор в реальном масштабе времени. В интервалах времени между моментами измерения исходных данных, регулятор не реагирует на изменения переменной процесса PV и управляющей переменной LMN, которые для него на этот период времени остаются неизменными.

Принимая во внимание, что длительность циклов достаточно мала, так, что периодическое измерение параметров в начале каждого цикла реалистично отражает последовательное изменение измеряемых величин, дискретный регулятор может рассматриваться как "квазинепрерывный" – "регулятор непрерывного действия". При использовании Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление) для определения структуры и параметров управления могут использоваться традиционные методы, как для регуляторов непрерывного действия.

Эти положения для разработки и настройки параметров регуляторов при использовании Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление) применяются при условии, что время цикла (CYCLE) составляет меньше, чем 20% от величины постоянной времени всего контура управления.

Если это условие выполняется, то функции Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление) могут быть описаны также как и для традиционных (недискретных) регуляторов. При этом будут доступны одинаковый с традиционными регуляторами диапазон функций и такие же возможности для мониторинга переменных системы управления и для настройки регулятора.

**Функции  
Standard PID Control  
(Стандартное  
ПИД-управление)**

На следующих диаграммах показаны сконфигурированные структуры управления с использованием Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление) в виде блок-схем. Рис.2-9 иллюстрирует регулятор непрерывного управления с цепями обработки сигналов переменной процесса, уставки и управляющей переменной. Видно, какие функции должны выполняться после адаптации входных сигналов, а какие не требуются.

Набор функций Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление) может быть расширен функциями (FC), определенными пользователем, в каждой из цепей обработки сигналов.

Рис.2-10 и 2-11 представляют формирование управляющей переменной с помощью шагового регулятора в двух вариантах исполнения – с позиционной обратной связью (ОС) и без таковой. Из этих схем становится ясно, что в отсутствии позиционной ОС "квазипозиционный" сигнал - пропорциональный сигнал обратной связи формируется в зависимости от интервалов времени "включения" дискретных выходных сигналов.

- Детальное описание функций находится в главах 4, 5, 6, 7. Интерактивная справочная система может дать контекстную информацию по возникающим в процессе работы вопросам.
- Схемы структур в следующих разделах содержат подробную информацию о наименованиях параметров и структур и о переключении режимов (см. раздел 1.6).
- Подробная иллюстрация прохождения сигналов в регуляторе непрерывного действия и в шаговом регуляторе, показанная на блок-схемах, находится в разделе 8.2.



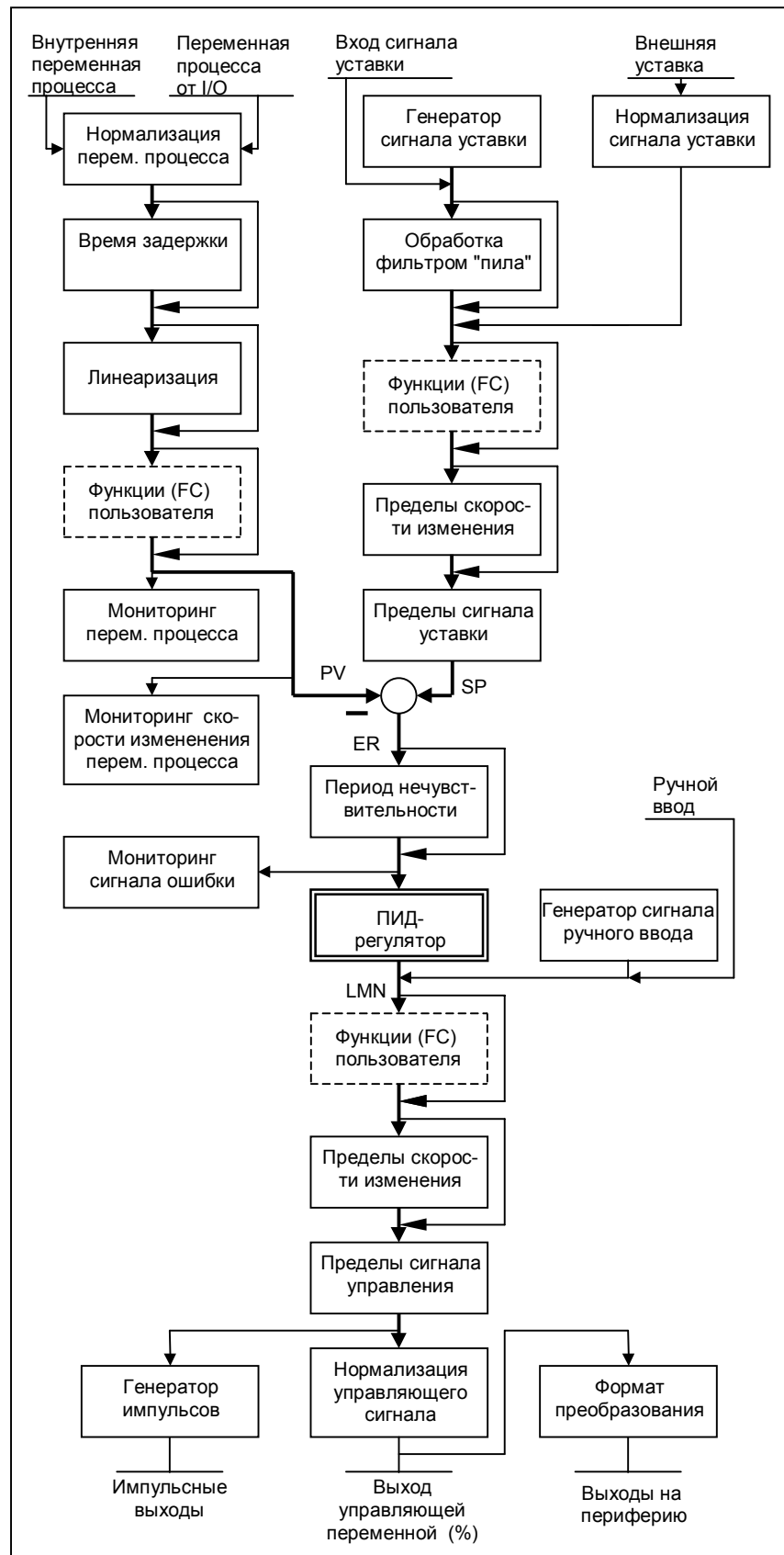


Рис. 2-9 Последовательность функций в системе управления Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление) (регулятор непрерывного управления).

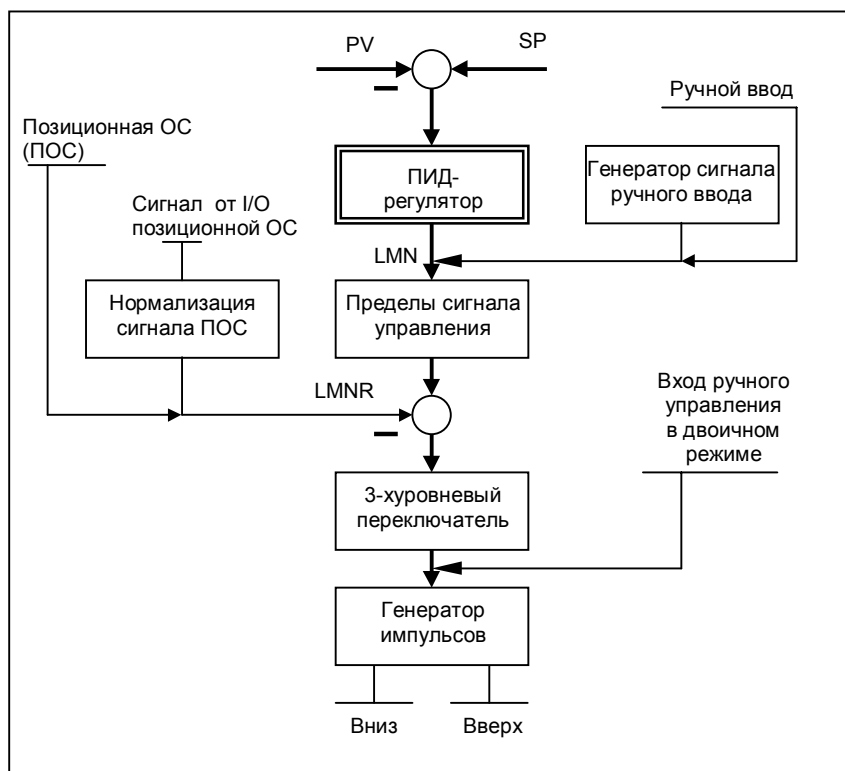


Рис. 2-10 Цепи прохождения управляющего сигнала шагового регулятора с позиционной ОС.

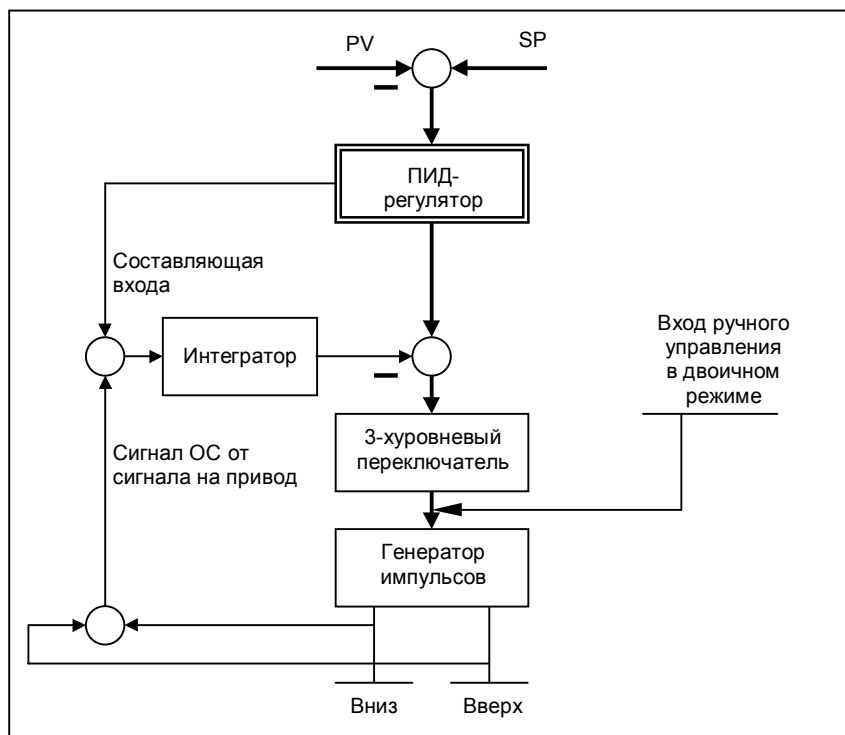


Рис. 2-11 Цепи прохождения управляющего сигнала шагового регулятора без позиционной ОС.

## 2.6 Схемы прохождения сигналов

### Диаграммы прохождения сигналов

Следующие диаграммы представляют обзор функций Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление). На диаграммах расположено несколько программных переключателей для выбора необходимых функций для каждого конкретного случая.

Аналогично представлению переключателей в утилите для конфигурирования, черная точка на прямоугольнике переключателя означает, что переключатель имеет соответствующее значение двоичной логики (0=FALSE и 1=TRUE) для последующих цепей. Такой сигнал переключается черной точкой. Сами переключающие сигналы (двоичные сигналы) обозначаются штриховой линией.

На схемах дополнительные функции представлены с установленными битами переключателя для заданных по умолчанию трактов передачи сигналов. При инициации после запуска практически все переключающие сигналы имеют значение FALSE (кроме P\_SEL, I\_SEL и MAN\_ON, имеющих значение TRUE). Это означает, что сигнал уставки устанавливается посредством SP\_INT, аналогично вводится сигнал на вход для переменной процесса посредством PV\_IN. Функция регулятора настроена на режим нормального ПИ-регулятора с П-компонентом на входном каскаде. Контур открыт, и на управляющую переменную можно воздействовать вводом сигнала относительной величины в допустимых пределах на вход ручного режима.

Все другие функции являются или неактивными или, если они не могут быть деактивированными, они имеют критические значения параметров, чтобы не повлиять на результат.

### Символы и идентификаторы на диаграмме прохождения сигналов

Наименования подключаемых переменных процесса показаны затененным фоном. Это позволяет определить, где структура регулятора может быть подключена к S7 I/O или напрямую к датчикам и приводам процесса.

Добавления "OP" к наименованиям параметров (например, SP\_OP или SP\_OP\_ON) показывают, что в данной точке системы управления возможна настройка с использованием утилиты конфигурирования из Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление). Утилита конфигурирования имеет свой собственный интерфейс для FB регулятора.

Промежуточные значения сигнала могут замеряться в точках MP1...MP12. Эти промежуточные значения требуются, чтобы согласовать значения для сглаживания при переключении или чтобы иметь возможность проверять текущие состояния регулятора. Значения в точках замера могут быть представлены статически и динамически построением кривой с помощью рекордера (recorder) из утилиты конфигурирования.

Чтобы сделать нижеследующие иллюстрации более ясными, параметры для настройки и выбора значений функций обработки (алгоритмы) обозначены рядом с полями функций.

Справочная информация по описаниям находится в справочном разделе, а по представлению отдельных дополнительных функций в следующих разделах.

**Обработка сигналов  
в цепях прохождения  
сигнала уставки**

- **Установки для стабилизации (fixed setting) сигнала уставки (SP\_GEN)**  
Используется для регуляторов стабилизации заданного значения параметра. Значение уставки выбирается с помощью переключения на генератор уставки SP\_GEN, и тем самым ее значение стабилизируется.
- **Установка сигнала уставки по программе, управляющей уровнем уставки по времени (time-controlled program) (RMP\_SOAK)**  
Используется для такого управления процессом, чтобы переменная процесса изменялась во времени по заданному графику. Для такого процесса в системе управления имеется целый набор значений для сигнала уставки, которые подаются на опорный вход согласно программе через обрабатывающую функцию-фильтр "пила", формирующую требуемый профиль графика изменения сигнала уставки.
- **Ограничение изменений сигнала на опорном входе (SP\_ROC)**  
Используется для предотвращения больших скачков сигнала на опорном входе процесса, путем сведения ступенчатых изменений сигнала уставки к монотонно возрастающей или убывающей формам сигнала. Функция SP\_ROC ограничивает скорость изменения сигнала уставки отдельно для возрастающих, убывающих, положительных и отрицательных значений сигнала на опорном входе.
- **Ограничение абсолютного значения сигнала уставки на опорном входе (SP\_LIMIT)**  
Используется для предотвращения перехода процесса в запрещенные состояния. Сигнал уставки ограничивается верхним и нижним граничными значениями.

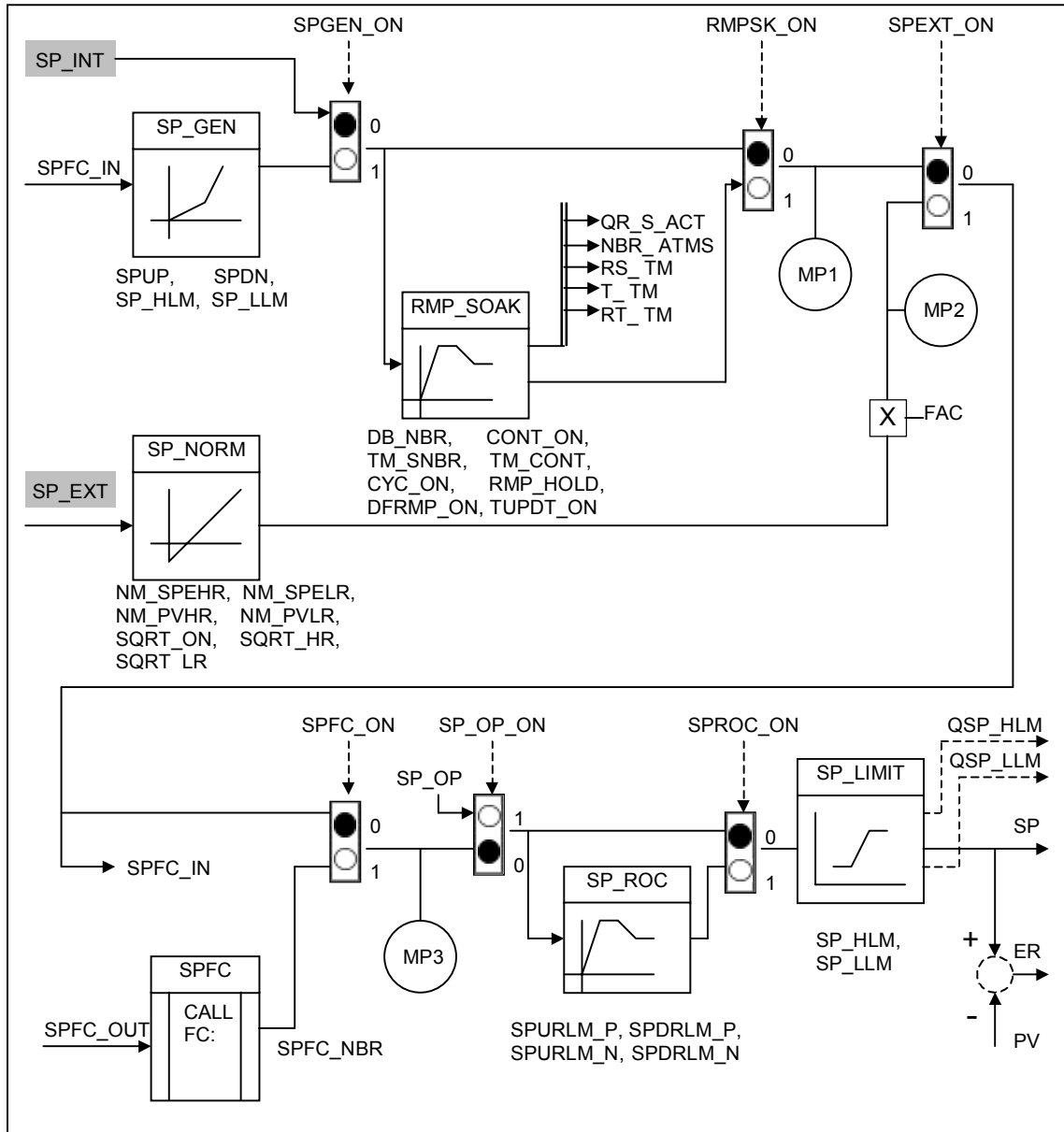


Рис.2-12 Диаграмма прохождения сигналов при обработке сигнала уставки

**Обработка сигналов  
в цепях прохождения  
сигналов от процесса**

- **Задержка сигнала процесса (LAG1ST)**  
Используется для уменьшения влияния шумов (помех) на сигналы от процесса путем обеспечения временной задержки первого порядка в цепях обработки переменной процесса. Эта функция демпфирует величину аналоговой переменной в большей или меньшей степени в зависимости от значения постоянной времени PV\_TMLAG. Следовательно, сигналы помехи можно эффективно подавлять с помощью данной функции. Тем не менее, при этом постоянная времени контура управления в целом возрастает, что ведет к снижению реакции системы управления.

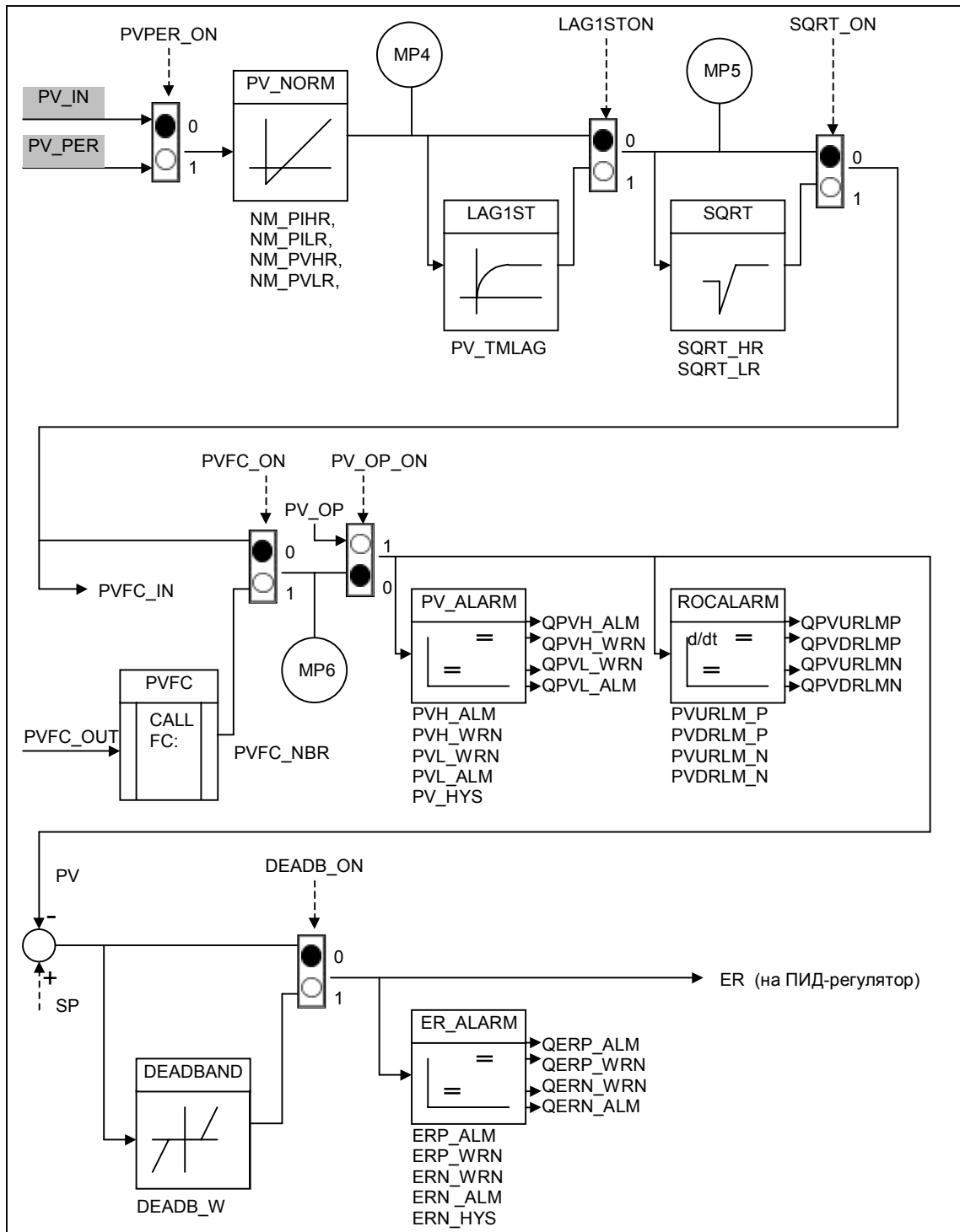


Рис.2-13 Диаграмма прохождения сигналов при обработке сигнала процесса (переменной процесса) и сигнала рассогласования (ошибки)

- **Линеаризация квадратичной характеристики датчика (операция взятия квадратного корня) для сигнала процесса (SQRT)**

Используется в случаях, когда отношение уровня измеренного сигнала и физической величины носит характер квадратичной зависимости (например, когда при измерении параметров потока используется дифференциальный измеритель). Данная функция позволяет перейти от квадратичной зависимости к линейной путем взятия корня из значения измеренной переменной процесса. Только "линеаризованное" значение переменной процесса может сравниваться с "линейным" значением сигнала уставки для регулируемого потока и обрабатываться согласно алгоритмам системы управления. По этой причине компонент с функцией SQRT включается в схемы для обработки переменной процесса как опция.

- **Мониторинг скорости изменения сигнала процесса (ROCALARM)**

Используется для предотвращения выхода процесса на опасные режимы (в запрещенные состояния) из-за того, что скорость изменения переменной процесса слишком велика. Для этого функция ROCALARM генерирует сигналы тревоги при критических скоростях изменения сигнала процесса (положительных или отрицательных). Сигналы тревоги могут быть дополнительно обработаны для использования в каждой конкретной ситуации.

- **Мониторинг абсолютного значения сигнала процесса и сигнала рассогласования (ошибки) (PV\_ALARM, ER\_ALARM)**

Используется для предотвращения выхода процесса на опасные режимы (в запрещенные состояния) из-за того, что абсолютные значения сигнала процесса и сигнала рассогласования могут достигать критических величин. Функции PV\_ALARM, ER\_ALARM могут контролировать нарушение двух верхних и двух нижних заранее устанавливаемых контрольных уровней для указанных сигналов и выдавать сигналы предупреждения и тревоги.

- **Фильтрация шумов с помощью амплитудного фильтра (DEADBAND)**

Используется для фильтрации шумов в каналах переменной процесса и внешнем опорном входе с помощью пропускания сигнала рассогласования через амплитудный фильтр с регулируемой в зависимости от амплитуды шумов полосой нечувствительности. Однако при установке заданной полосы нечувствительности необходимо иметь в виду, что возможны побочные эффекты в отношении полезного сигнала.



**Обработка сигналов  
в ПИД-регуляторах**

- **Функция "нормального" регулятора (стандартного)**

Положение переключателей, показанное на Рис.2-14 соответствует структуре ПИ-регулятора с параллельной обработкой сигналов в П- и И- компонентах. Переключатель D-SEL = TRUE дополняет алгоритм управления для параллельной обработки и в контуре с Д-компонентом.  $\pm$  GAIN используется для задания пропорционального усиления или усиления регулятора. Отрицательный знак означает, что управляющая переменная будет уменьшаться при возрастании переменной процесса.

- **Включение ПД-компонента в контур обратной связи (ОС)**

Если П- и Д- компоненты включены в цепь обратной связи (переключатели PFDB-SEL и DFDB-SEL = TRUE), тогда ступенчатые изменения сигнала уставки не приведут к отклику ступенчатой формы управляющей переменной, так как имеется эффект подавления скачков в управлении через ОС.

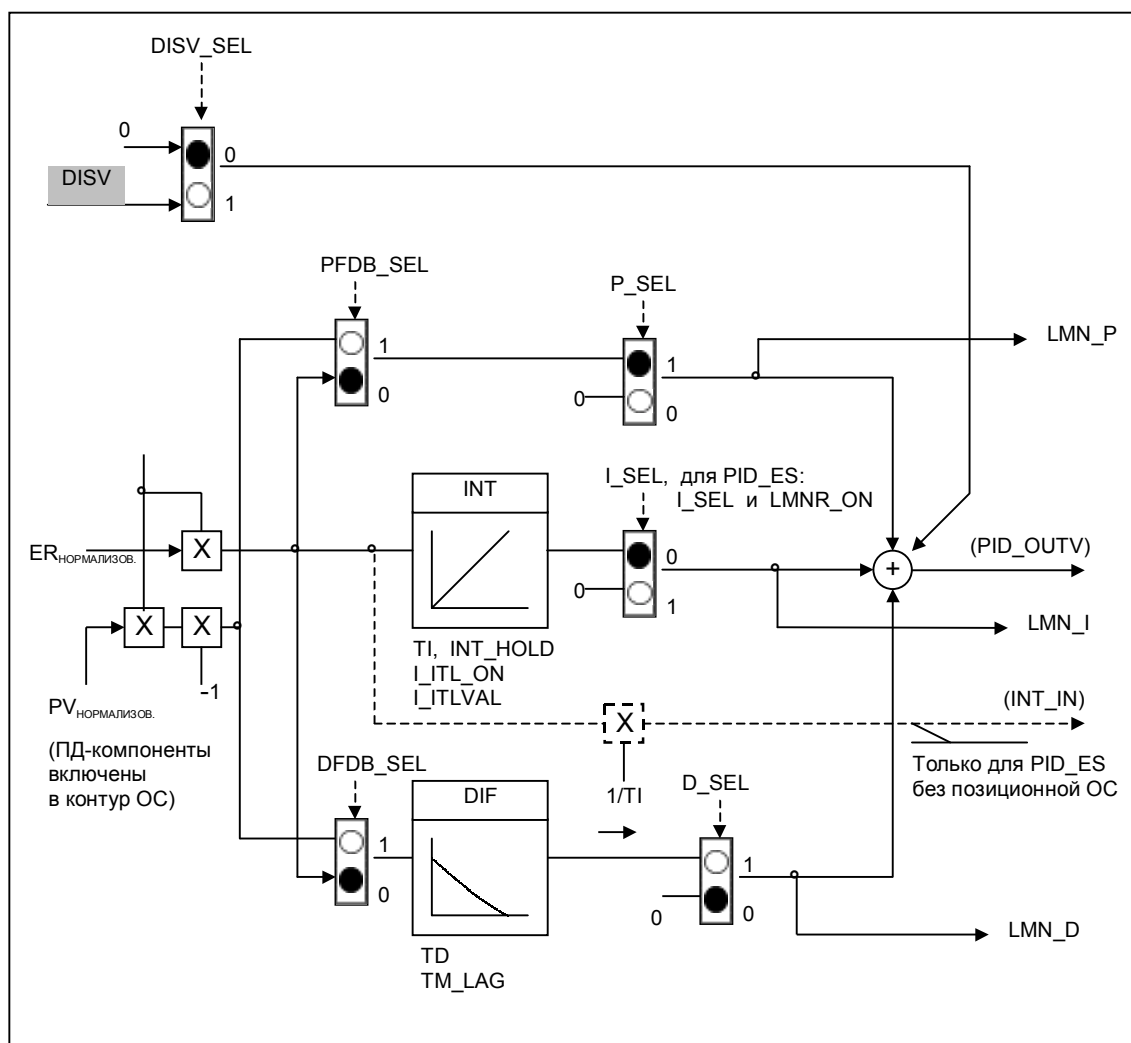


Рис.2-14 Диаграмма прохождения сигналов функции управления регулятора

**Обработка сигналов  
в цепях аналоговой  
управляющей  
переменной**

- **Стабилизация установок при ручном режиме (MAN\_GEN)**  
В ручном режиме (открытый контур), управляющая переменная выбирается включением генератора MAN\_GEN с помощью соответствующего селектора и происходит стабилизация.
- **Ограничение скорости изменения управляющей переменной (LMN\_ROC)**  
Применяется для сдерживания очень быстрых (скачком) изменений (рост и спад) управляющей переменной путем придания этим изменениям плавного монотонного характера, что позволяет предотвратить резкие внезапные скачки сигнала управления на входе процесса
- **Ограничение абсолютных значений управляющей переменной (LMNLIMIT)**  
Применяется для предотвращения появления запредельных значений управляющей переменной, что позволяет избежать выхода процесса на неправильные режимы, а механическим приводам на ограничители движения. Верхний и нижний пределы диапазона изменения управляющей переменной устанавливаются с помощью функции LMNLIMIT.
- **Активация каскадного управления**  
При определенной комбинации состояний переключателей в системе Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление) генерируется разрешающий сигнал для каскадного соединения структуры регулятора.

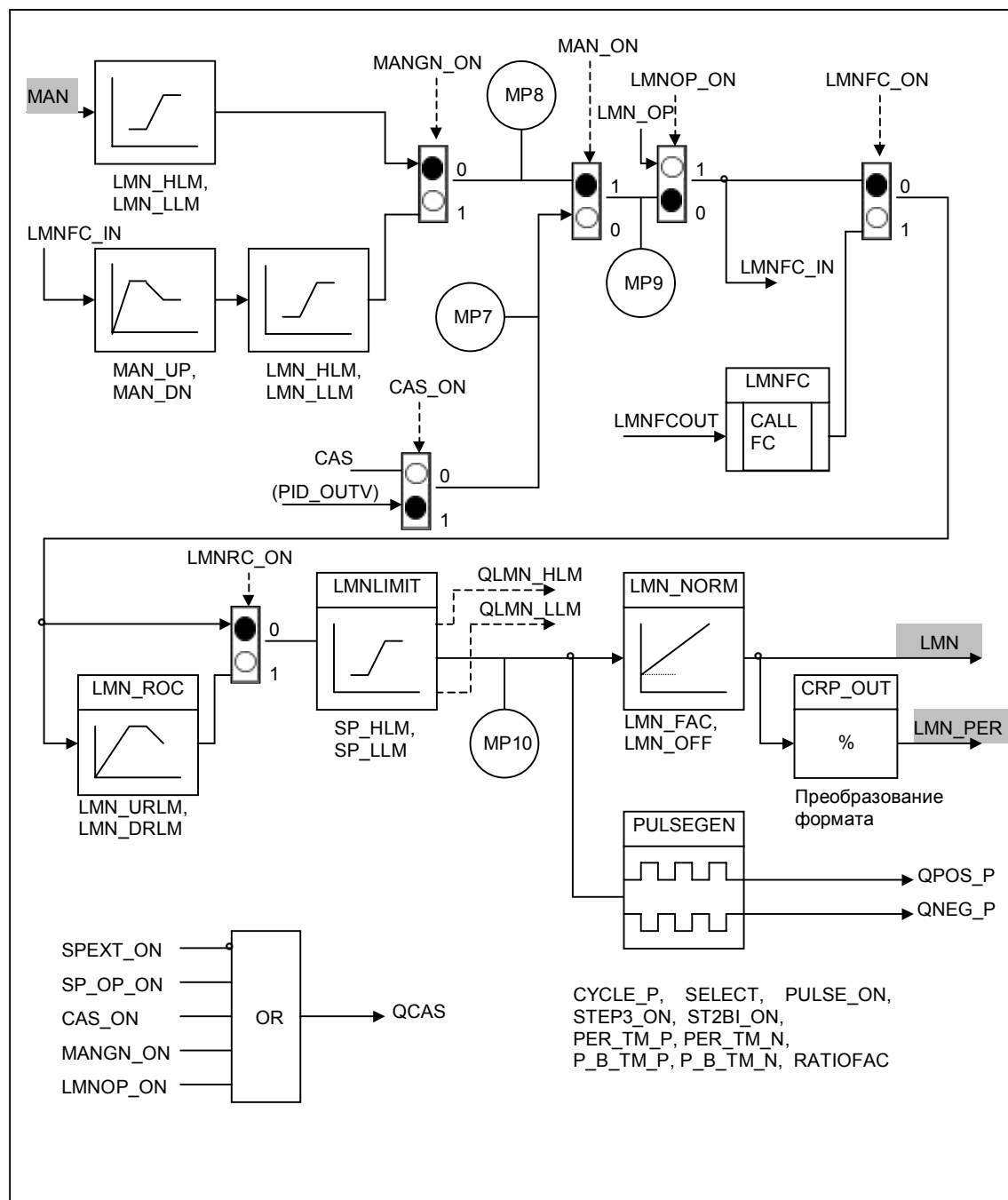


Рис.2-15 Диаграмма прохождения сигналов при формировании сигнала управления регулятором непрерывного управления

**Обработка сигналов:  
регулятор пошагового  
управления с позиционной ОС**

- **Стабилизация установок ручного режима и ограничение абсолютного значения управляющей переменной (MAN\_GEN)**  
Функции для стабилизации установок ручного режима и ограничения абсолютного значения управляющей переменной такие же, как для регулятора с аналоговым выходным сигналом.
- **Формирование трехуровневого сигнала управляющей переменной (THREE\_ST, PULSEOUT)**  
Функция применяется для формирования трехуровневого сигнала управляющей переменной. В зависимости от знака сигнала рассогласования трехпозиционный (трехуровневый) переключатель THREE\_ST обеспечивает положительный или отрицательный выходной импульс посредством каскада формирования импульсов PULSEOUT. Управляющий импульс присутствует на выходе регулятора, пока есть входная переменная. Самонастраивающийся гистерезис переключателя предотвращает "дребезг" сигнала управления.

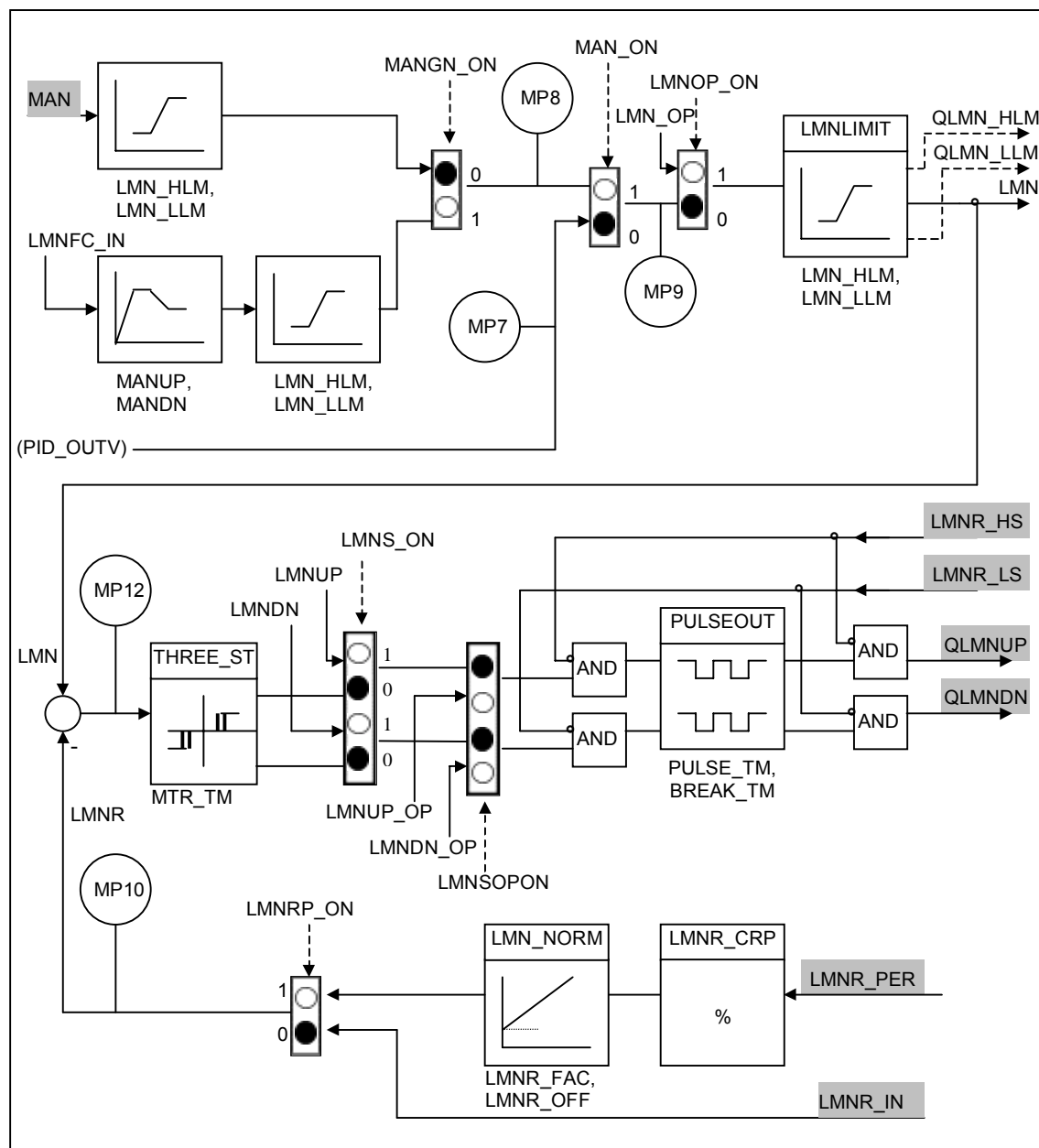


Рис.2-16 Диаграмма прохождения сигналов при формировании сигнала управления шаговым регулятором при наличии сигнала позиционной ОС (LMNR\_ON = TRUE)

**Обработка сигналов:  
шаговый регулятор  
без позиционной ОС**

- **Формирование трехуровневого сигнала управляющей переменной**  
Функция формирования с помощью трехпозиционного ключа с гистерезисом и формирователя импульсов идентичны для всех регуляторов пошагового управления. Временные параметры для просмотра времени прогона привода с мотором (MTR\_TM) и установок длительностей импульс/пауза (PULSE\_TM и BREAK\_TM) можно настраивать.
- **Моделирование позиционной обратной связи**  
Для автоматического получения параметров управления с помощью функции идентификации процесса утилиты конфигурирования всегда требуется сигнал, описывающий положение привода в установке (процессе), как входной сигнал. Функция моделирования не требует назначения данного параметра и не имеет отношения к вопросу нормальной работы регулятора пошагового управления.

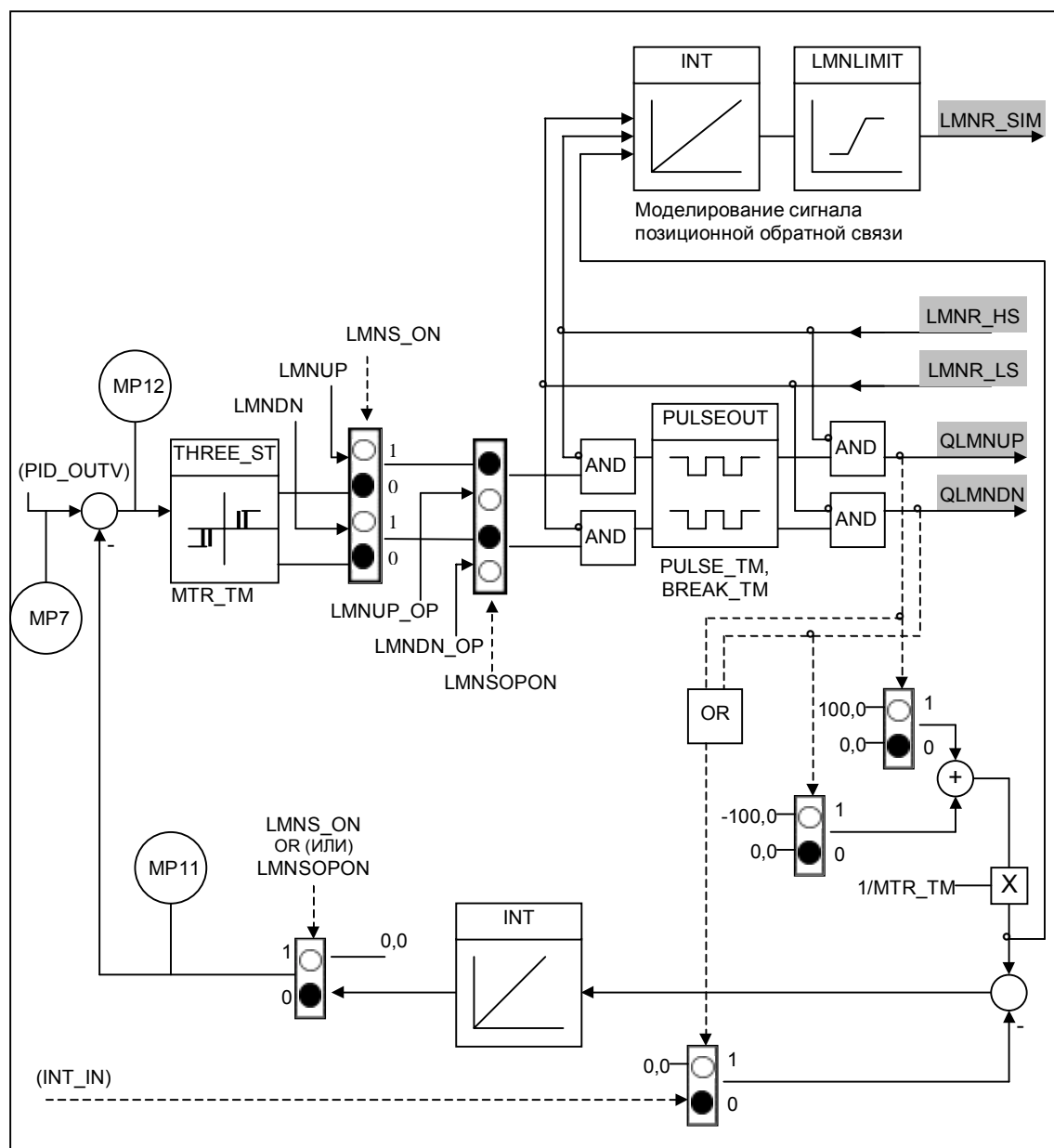


Рис.2-17 Диаграмма прохождения сигналов при формировании сигнала управления шаговым регулятором при отсутствии сигнала позиционной ОС ( $LMNR\_ON = FALSE$ )



# Конфигурирование и запуск Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление)

## 3

В данной главе рассматриваются следующие вопросы:

- Постановка задачи управления
- Конфигурирование проекта
- Конфигурирование Standard PID Control  
(Стандартное ПИД-управление)
- Выбор времени дискретизации (времени цикла)
- Организация вызовов Standard PID Control  
(Стандартное ПИД-управления)
- Рабочие диапазоны параметров и нормализация переменных

### 3.1 Постановка задачи управления

#### Определение задачи

До того как построить систему управления с помощью ПО Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление) необходимо сначала выяснить технические характеристики процесса, который требуется автоматизировать, программируемого логического контроллера (PLC), который предполагается использовать, и окружающей среды, в которой будет происходить эксплуатация и обслуживание процесса (технологической установки). Таким образом, чтобы детально определить задачу, Вам необходимо выполнить следующее:

1. Изучить все характеристические данные процесса (такие, как усиление, эквивалентная постоянная времени, сигналы помехи и т.д.).
2. Выбрать подходящий CPU, на базе которого будет выполняться стандартный ПИД-регулятор (Standard PID Control).
3. Выбрать тип обработки сигналов и функций контроля (мониторинга), а также основные функции регулятора.

В разделе 2.1 описаны характеристики процесса и методы определения характеристических переменных переходной характеристики процесса и, если Вы определяете конкретную задачу, Вы найдете в этом разделе требуемую информацию. В данном разделе содержится информация по характеристикам системы идентификации (процесса), по параметрам регулятора, по использованию утилиты конфигурирования. Использование утилиты конфигурирования облегчает выполнение многих задач (пункт 1), необходимых для идентификации характеристических переменных процесса.

#### Что необходимо знать перед тем, как начать работу над регулятором

Так как ПО Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление) позволяет создавать программные продукты – программы для систем управления, базирующиеся на стандартных функциональных блоках (PID\_CP или PID\_ES) из набора блоков системы S7, Вам необходимо познакомиться с управлением блоками S7 и со структурой пользовательских программ для S7 (например, с помощью языка программирования S7 STL).

Хотя функции разрабатываемого регулятора определяются только с помощью назначения параметров, подключение блока управления к входам/выходам процесса и его интеграция в систему вызовов CPU требует определенных знаний, область которых лежит за пределами данного руководства.

Вам может потребоваться следующая информация:

- Работа со STEP 7 (/231/)
- Основы программирования на STEP 7 (/232/, /234/)
- Данные о PLC (программируемый логический контроллер) (/70/, /71/, /100/, /101/).

## Процесс

При использовании ПО Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление) практически нет ограничений на типы процессов или степень их сложности. При этом получается система управления вида "один вход – один выход" без Д-компонента и широкополосных компонентов; все типы процессов – являются они саморегулирующимися или нет (т.е. с И- или без И-компонентов) - могут быть автоматизированы с использованием данного программного обеспечения.

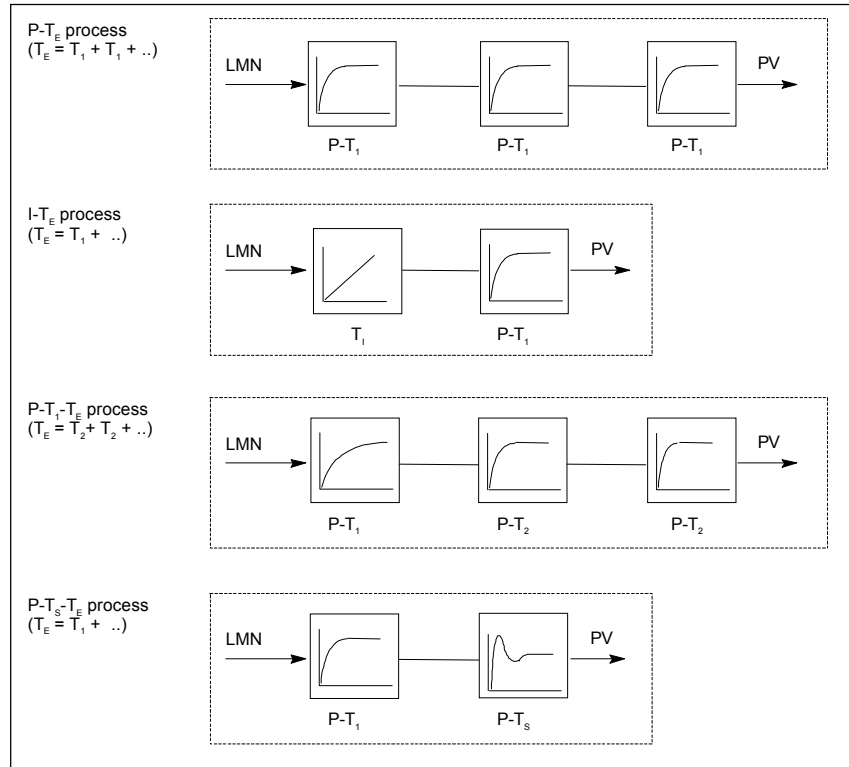


Рис. 3-1 Типы процессов, которые могут быть автоматизированы с помощью ПО Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление).

Переменная процесса (PV), которая должна обрабатываться регулятором Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление), всегда является аналоговой физической переменной (сигналом вида: напряжение, ток, сопротивление и т.д.); она должна быть оцифрована в аналоговом входном модуле S7 и преобразована в сигнал стандарта STEP 7 PV\_PER для входных/выходных сигналов.

Значения этих сигналов сохраняются в рабочей памяти или в областях памяти CPU, отведенных пользователю. Эти области могут адресоваться с помощью абсолютных адресов или с использованием символической адресации (после введения соответствующих записей в таблицу символов CPU).

В отдельных случаях переменная процесса существует в формате чисел с плавающей запятой. Этот сигнал может быть непосредственно подан на вход PV\_IN как управляемая переменная (Рис. 3-2).

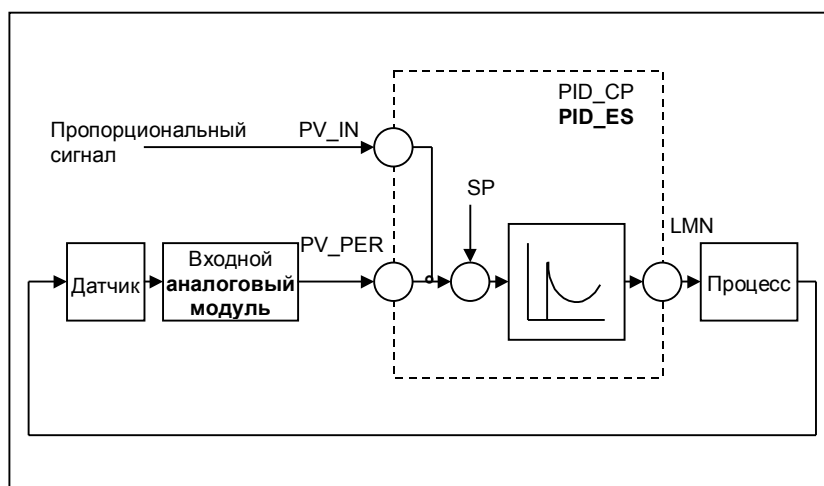


Рис. 3-2 Подключение сигнальных каналов процесса к регулятору Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление)

## Типы приводов

Для выбора подходящей конфигурации регулятора Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление) важное значение имеет тип привода, воздействующего на процесс. Тип сигналов управления, которые требуются для привода, определяют способ организации выхода для управляющей переменной (непрерывный или дискретный) и, следовательно, тип регулятора, который должен использоваться для управления процессом (регулятор непрерывного действия или шаговый регулятор).

В подавляющем большинстве случаев используется несколько типов управляющих элементов (вентилей) для регулирования потока материала или энергии. В зависимости от типа привода требуются для управления те или иные сигналы управления.

1. Пропорциональные приводы с непрерывными сигналами управления.  
Степень открытия отверстия (канала), угол поворота или положение деталей привода преобразуется в пропорциональный сигнал управляющей переменной. Другими словами, управляющая процессом переменная представляется как аналоговый сигнал, имеющий соответствующий рабочий диапазон.

К приводам данной группы относятся: приводы с пневматическими диафрагмами и электромеханические приводы с системой сигнализации о положении рабочего органа, на основе сигналов которой может быть создана позиционная ОС в структуре регулятора.

2. Пропорциональные приводы с сигналами, имеющими широтно-импульсную модуляцию (ШИМ).

Для этих приводов выходной импульсный сигнал имеет длительность, пропорциональную величине управляющей переменной на интервале цикла. Это означает, что привод (например, сопротивление-нагреватель или теплообменник) включается на период действия импульса.

Управляющий сигнал может быть или однополярным, соответствующим состояниям "включить" и "выключить", или биполярным, соответствующим состояниям "открыть"/"закрыть", "вперед"/"назад", "ускорить"/"замедлить".

3. Приводы интегрального действия и с трехуровневым сигналом управления

Время включения двигателей в приводах определяется длительностью, которая необходима для выполнения действия "закрытия" или "открытия" вентиля (клапана). Несмотря на конструктивные различия все эти приводы одинаковы в том, что обладают интегрирующим действием. Система управления Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление) с импульсным выходом обеспечивает наиболее экономичное решение при конструировании системы управления с приводами интегрального действия.

#### **Выбор регулятора с подходящим управляющим сигналом**

В зависимости от типа управляющего сигнала, который необходим для конкретного привода, Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление) обеспечивает различные структуры цепей формирования управляющей переменной.

- Для приводов, относящихся к типам из п.1 и п.2 из предыдущего параграфа, предусмотрен блок управления PID\_CP. Если длительность управляющего импульса необходимо модулировать управляющим сигналом, к FB регулятора необходимо добавить блок PULSEGEN (FB-блок).
- Приводы интегрального действия (п.3) должны работать с блоком управления PID\_ES, и если при этом привод не обеспечивает сигнал, характеризующий положение рабочих органов, используется структура регулятора с моделированием сигнала обратной связи (LMNR\_ON=FALSE). Если в системе обеспечивается передача сигнала, характеризующего положение привода, в структуру управления может включаться контур позиционной ОС (LMNR\_ON=TRUE) (см. Рис. 3-3).

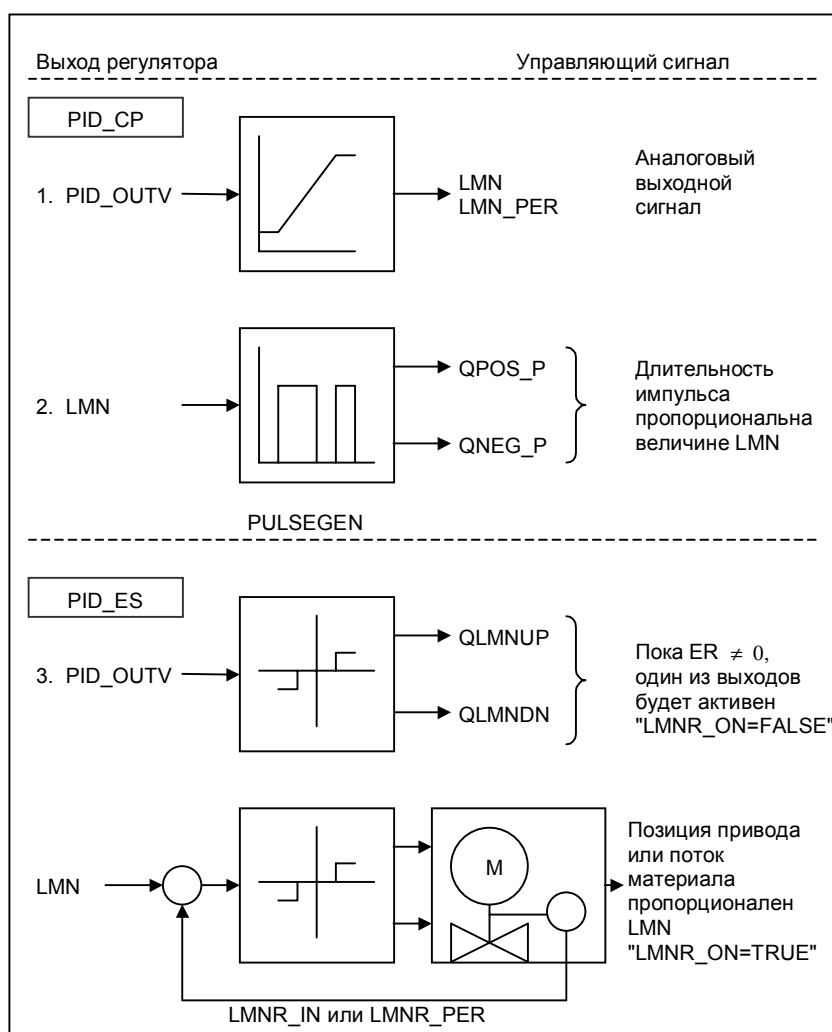


Рис. 3-3 Управляющие переменные регулятора Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление)

#### Примечание

Управляющие переменные представляются численными значениями в формате чисел с плавающей запятой, или в формате периферийных выходов/входов (I/O), или в виде двоичных состояний сигналов.

В зависимости от используемого привода на выходе регулятора всегда должны использоваться модули сопряжения для преобразования сигналов к требуемому типу и для обеспечения требуемых энергетических характеристик сигналов управления, соответствующих конкретному приводу.

### Управляющие сигналы и

### блоки регулятора

Соответствие типа сигнала управляющей переменной, типа регулятора и структуры системы управления приводятся в следующей таблице:

Таблица 3-1 Управляющие переменные, типы регуляторов и требуемые блоки управления

Тип сигнала управляющей переменной	Формат управляющего сигнала	Тип регулятора	Структура регулятора
Пропорциональный	С плавающей точкой в диапазоне 0,0...100,0% или диапазон периферийных I/O	Регулятор непрерывного управления	PID_CP
Длина импульсов модулируется, для 2-хуровневого регулятор с инверт. и неинвертирующим выходами	Биполярный или однополярный: Положительный выход: TRUE Отрицательный выход: FALSE	Регулятор 3х- и 2-хуровневого управления	PID_CP + PULSEGEN
Трехуровневый дискретный сигнал	(–Усигн.) – 0 – (+Усигн.)	Шаговый регулятор	PID_ES (LMNR_ON = FALSE)
Трехуровневый дискретный + формирование сигнала позиционной ОС	(–Усигн.) – 0 – (+Усигн.) 0...100% или из диапазона I/O сигналов периферии	Шаговый регулятор с формированием сигнала позиционной ОС	PID_ES (LMNR_ON = TRUE)

Информация, изложенная выше, дает Вам возможность выбрать подходящую конфигурацию регулятора Standard PID Control (Стандартное ПИД управление) для Вашего конкретного процесса. Как наилучшим образом выполнить этот этап работы, как активизировать внутренние функции и выполнить назначения для них, объясняется в нижеследующих разделах.

**Постоянные  
(Permanent)  
функции, которые  
не могут быть  
деактивированы**

Функции для контроля и ограничения сигналов во входных и выходных цепях обработки сигналов должны быть всегда активны и не могут быть выключены. К ним относятся следующие функции:

- ограничения сигнала уставки SP\_LIMIT
- контроля превышения переменной процесса предельных уровней предупреждения и тревоги PV\_ALARM
- контроля скорости изменения переменной процесса ROCALARM
- контроля превышения сигналом рассогласования (ошибки) предельных уровней предупреждения и тревоги ER\_ALARM
- ограничения управляющей переменной LMNLIMIT

После выбора соответствующего блока управления и определения его входов и выходов, необходимо убедиться, что для вышеперечисленных функций назначены подходящие значения.

**Примечание**

При этом могут быть выбраны значения по умолчанию (обычно соответствующие граничным значениям рабочих диапазонов контролируемых параметров), так что запускать систему можно без изменения отдельных параметров настройки функций. В дальнейшем эти параметры могут быть отрегулированы отдельно.



### 3.2 Настройка "конфигурирования" проекта (Контрольный лист – Checklist)

#### Создание конфигурации проекта системы управления

В данном разделе поэтапно будет показано выполнение шагов, описанных в разделах 1.5 и 2.1.

Шаг	Действия	Функции в Standard PID Control	Пояснения
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Выбрать блоки управления или блоки конфигурации, требуемые для структуры Вашего регулятора.</li> <li>- Выбрать и скопировать образцы конфигурации, наиболее близкие к конфигурации регулятора, которую необходимо применить.</li> </ul>	FB "PID_CP" или "PID_ES" или образец из набора Example1...Example6 или программы "Getting Started"	Раздел 3.3
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- На основе выбранного образца сконфигурировать требуемый регулятор, включая или пропуская ранее описанные функции или включая свои собственные функции</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Установить переключатели в блок-схеме утилиты конфигурирования;</li> <li>- или установить биты переключателей из структуры коммутации в экземпляре DB (Блок-схема в Приложении А)</li> </ul>	Структура данных экземпляра блока DB выдается соответствующим FB
3	Выбрать время дискретизации (цикла) и вызовы в контуре управления: <ul style="list-style-type: none"> <li>- определить режим запуска с помощью OB100;</li> <li>- определить время дискретизации (цикла) и класс приоритетов, если необходимо, изменить интервалы циклического прерывания OB;</li> <li>- сконфигурировать планировщик циклов (loop scheduler) для выбора числа контуров (циклов) CPU.</li> </ul>	Параметр COM_RST.  Параметр CYCLE, организационный блок OB35.  Loop scheduler: LP_SCHED, включенный в образцы с 3 по 5: Example3...Example5.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Разделы 3.4 и 3.5</li> <li>- Раздел 7.1</li> </ul>
4	Назначить параметры и использовать функции преобразования для диапазонов измерения и установки нулевой точки для входных/выходных сигналов.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Нормализация внешней уставки (CP_NORM).</li> <li>- Нормализация внешней переменной процесса (PV_NORM).</li> <li>- Адаптация управляющей переменной (LMN_NORM).</li> </ul>	(-> Глава 4)  - Раздел 3.6 - Раздел 3.6
5	Конфигурировать цепи сигнала уставки	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Генератор сигнала уставки (SP_GEN).</li> <li>- Фильтр "пила" (RMP_SOAK).</li> <li>- Граничные значения скорости изменения уставки (SP_ROC).</li> <li>- Граничные значения абсолютной величины уставки (SP_LIMIT).</li> </ul>	(-> Глава 4)  - Функция всегда активна.
6	Конфигурировать цепи переменной процесса	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Время задержки переменной процесса (LAGIST).</li> <li>- Извлечение квадратного корня (SQRT).</li> <li>- Контроль абсолютной величины переменной процесса (PV_ALARM).</li> <li>- Контроль скорости изменения переменной процесса (ROCALARM).</li> </ul>	(-> Глава 4)  - Функция всегда активна. - Функция всегда активна.

Шаг	Действия	Функции в Standard PID Control	Пояснения
7	Конфигурировать схему формирования сигнала рассогласования (ошибки)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Амплитудный фильтр ("Dead band") для сигнала ошибки.</li> <li>- Контроль абсолютной величины сигнала ошибки (ER_ALARM).</li> </ul>	(-> Глава 4)  - Функция всегда активна.
8	Конфигурировать цепи управляющей переменной для регуляторов непрерывного действия  Конфигурировать цепи управляющей переменной для регуляторов пошагового управления	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Генератор сигнала ручного управления (MAN_GEN).</li> <li>- Граничные значения скорости изменения управляющей переменной (LMN_ROC).</li> <li>- Граничные значения абсолютной величины управляющей переменной (LMNLIMIT).</li> <li>- Генератор сигнала ручного управления (MAN_GEN).</li> <li>- Если формируется сигнал позиционной обратной связи, то: граничные значения абсолютной величины управляющей переменной (LMNLIMIT).</li> <li>- Рабочие параметры для 3-х уровней ключевых выходных элементов и для каскада импульсного генератора (THREE_ST и PULSEOUT).</li> </ul>	(-> Глава 5)  - Функция всегда активна.  (-> Раздел 6.2.3) функция всегда активна.
9	Конфигурировать регулятор	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Структура ПИД-регулятора и ПИД-параметры</li> <li>- Рабочая точка для П и ПД-регуляторы.</li> <li>- Управление с предсказанием состояния (DISV)</li> </ul>	(-> Глава 5)
10	Если необходимо, включить дополнительные функции в форме FC пользователя в цепь сигнала уставки, в цепь переменной процесса и/или в цепь управляющей переменной.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- SPFC (SPFC_ON = TRUE)</li> <li>- PVFC (PVFC_ON = TRUE)</li> <li>- LMNFC (LMNFC_ON = TRUE)</li> </ul>	
11	Загрузить сконфигурированный регулятор в процессор контроллера (PLC)	Загрузить проект в менеджер S7 (S7 Manager)	
12	Если требуется, выполнить тест в автономном режиме для сконфигурированного стандартного регулятора с моделью процесса с постоянной времени третьего порядка.	Процесс с такой моделью содержится в образцах 1 и 2 (Example1 и Example2)	
13	Подключить входы и выходы сконфигурированного стандартного регулятора с входами и выходами процесса	Запрограммируйте соединения входов и выходов посредством абсолютной или символической их адресации в памяти процессора, отведенной для пользователя.	

В следующем разделе подробно излагаются отдельные вопросы конфигурирования функций из пунктов изложенного выше списка. Схема назначения параметров обобщает весь материал по теме. По этой схеме Вы сможете определять принадлежность параметра функции и возможный диапазон его значений при настройке.

### 3.3 Конфигурирование Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление)

#### Схема назначения параметров при конфигурировании Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление)

Если необходимо создать конфигурацию регулятора непосредственно в экземпляре DB, схема назначения параметров дает Вам графический обзор отдельных функций для выбора и назначения параметров.

При создании реального регулятора, помните, что утилита конфигурирования в значительной степени может разгрузить Вас при контроле правильности и полноты сделанных Вами действий. Типы переменных – REAL, TIME, технический диапазон – в конце текущей главы.

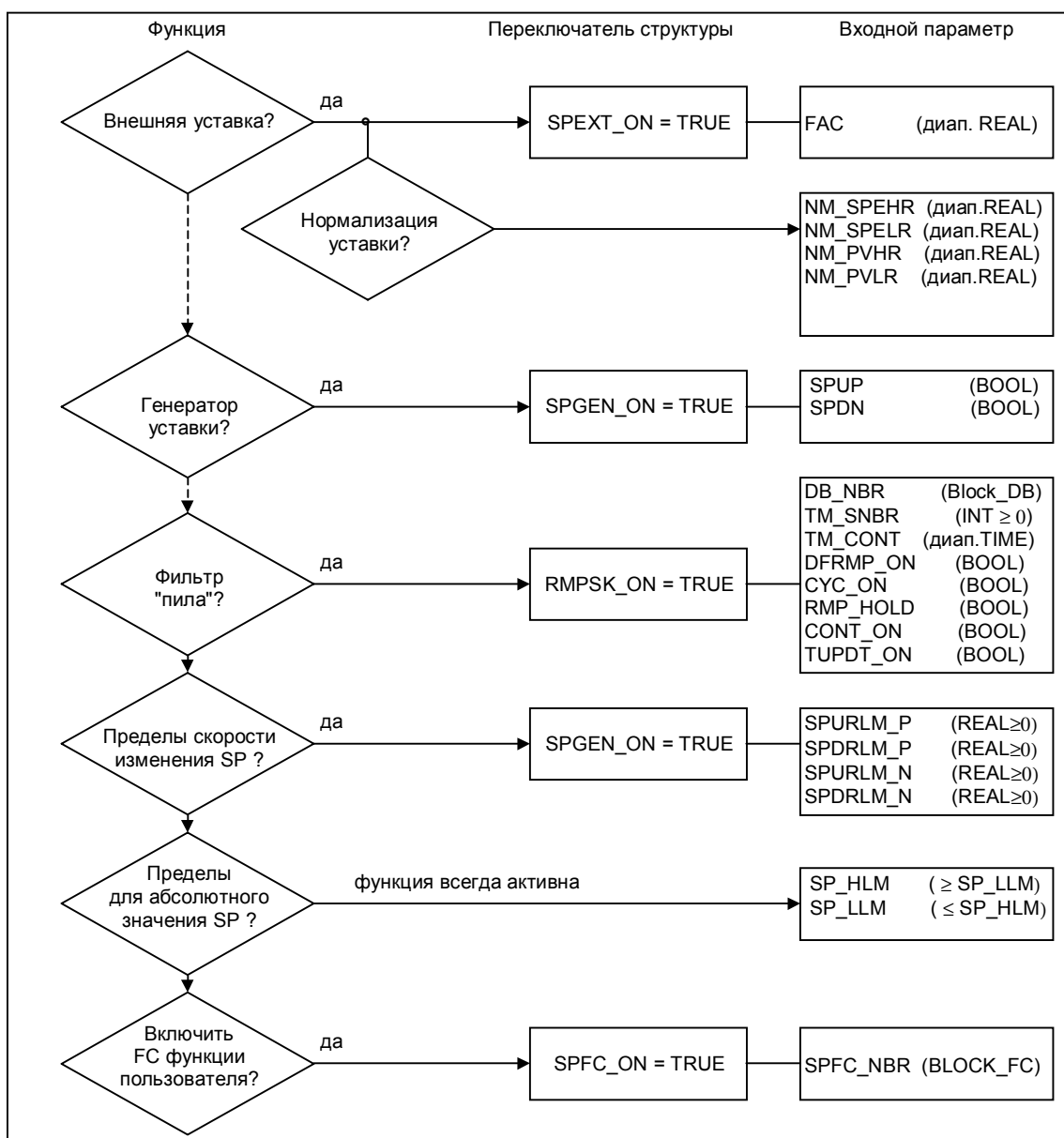


Рис. 3-4 Конфигурирование цепей уставки в Standard PID Control (Контрольн.лист pp 4 и 5)

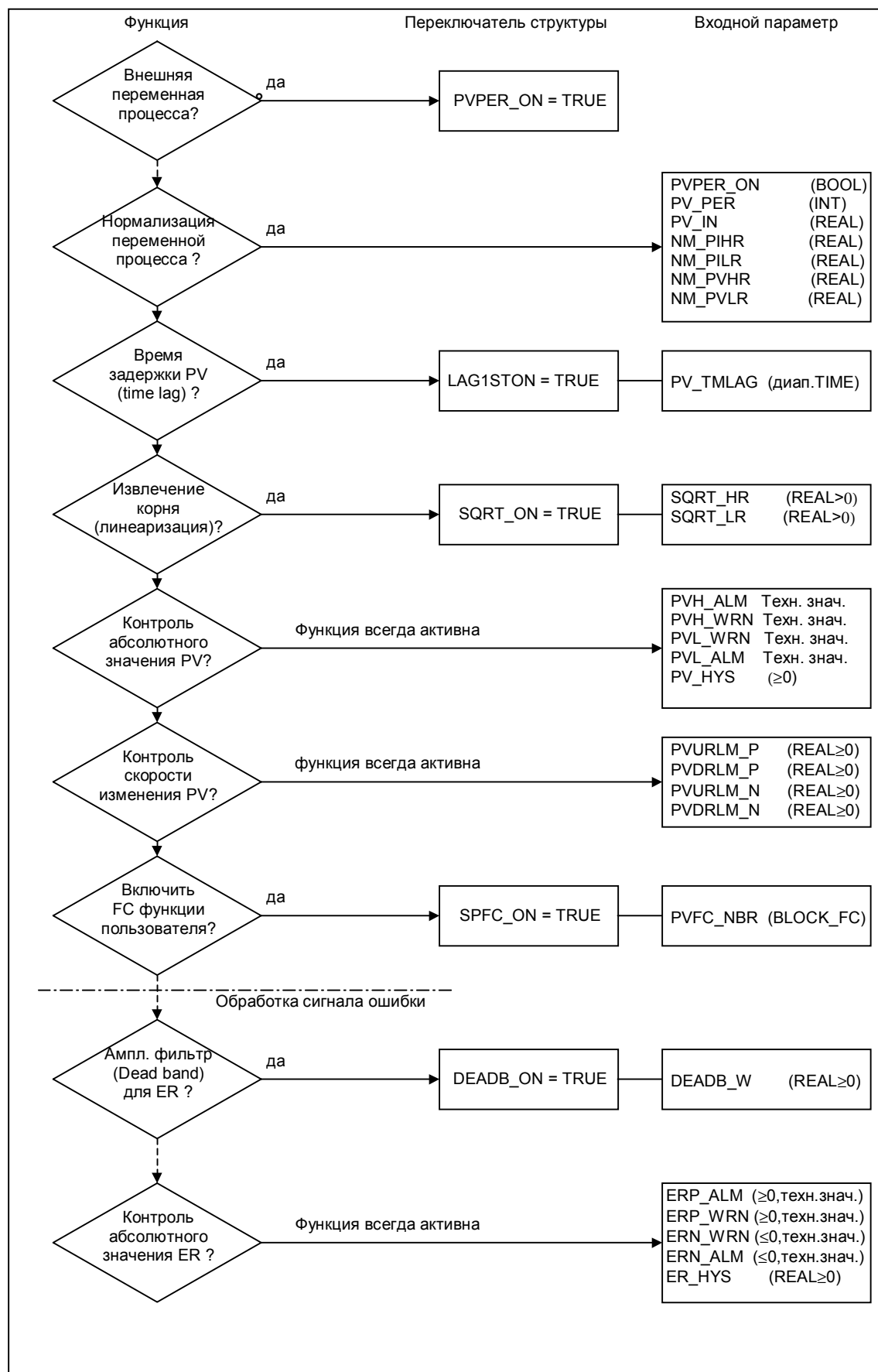


Рис. 3-5 Конфигурирование цепей уставки в Standard PID Control (Контрольн.лист пп 6,7,8)

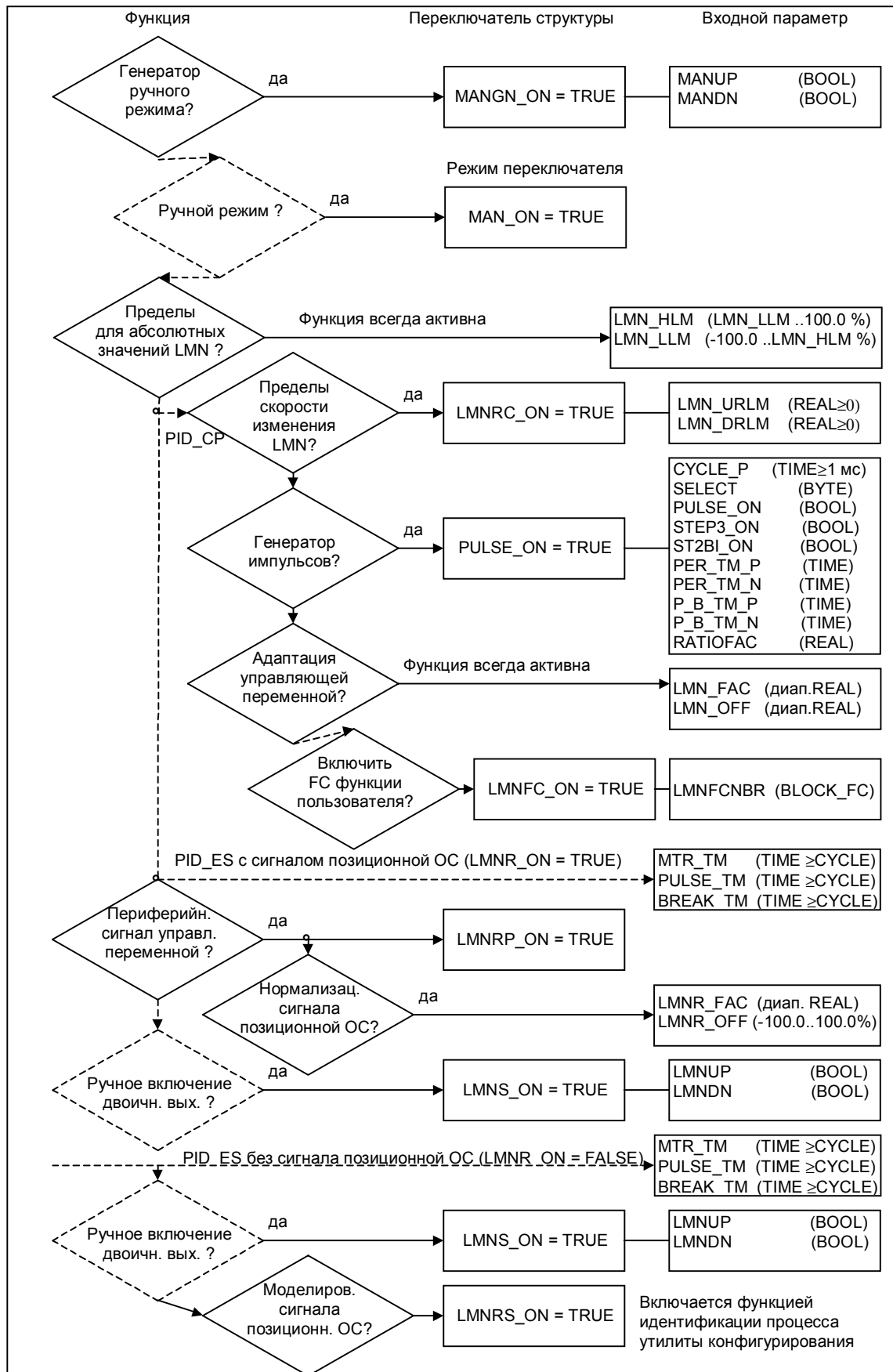


Рис. 3-6 Конфигурирование цепей управляющей переменной (Контрольный лист, п. 8)

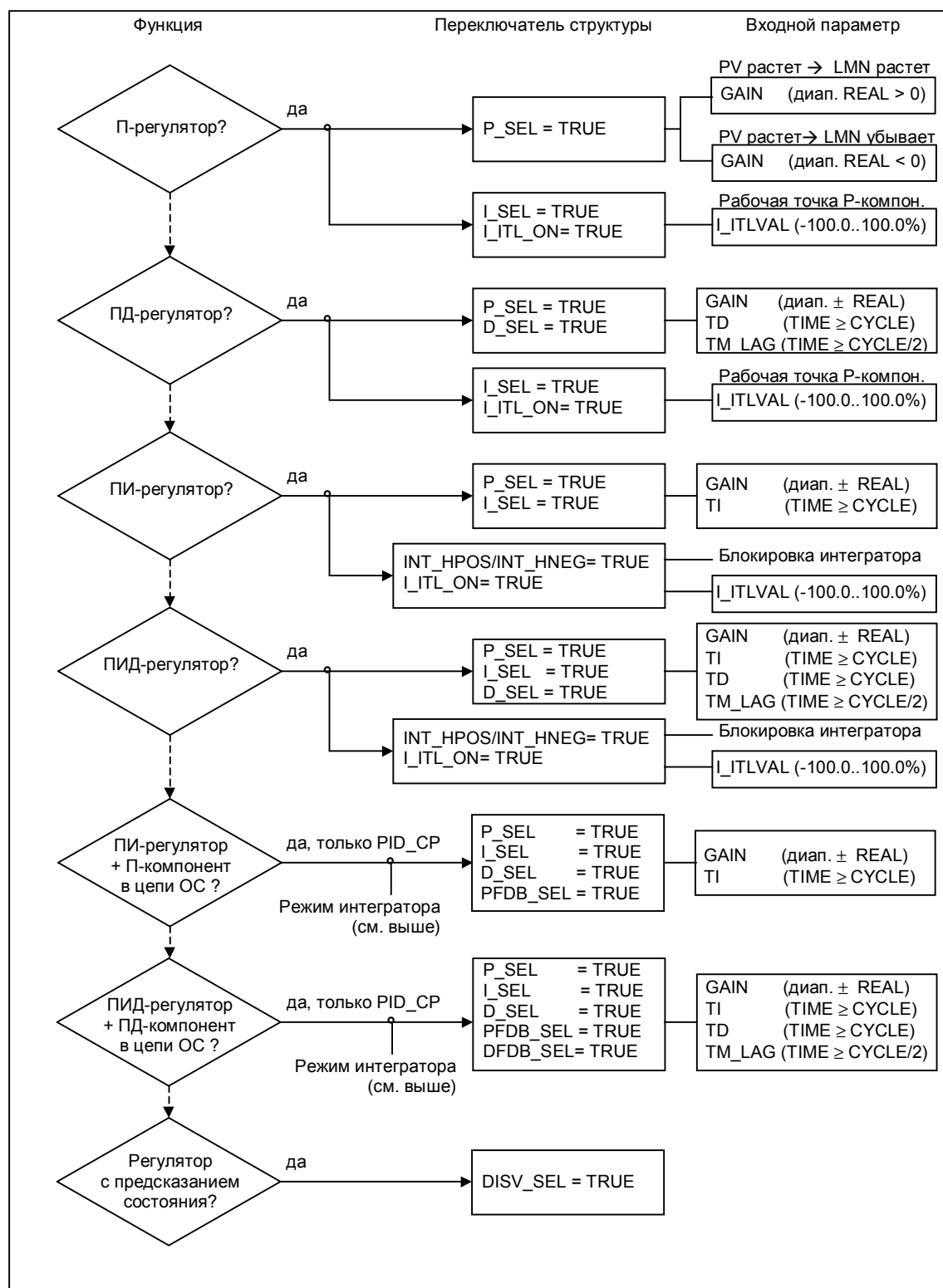


Рис. 3-7 Конфигурирование функций управления PID\_CP и PID\_ES (Контрольн. лист п. 9)

## Утилита конфигурирования (Configuration Tool)

Если процедура, рекомендованная в контрольном листе (Раздел 3.2), или информация в схеме параметров слишком сложна, или требует слишком много времени, мы рекомендуем использовать утилиту конфигурирования для работы с ПО Standard PID Control (Стандартное ПИД-регулирование).

Утилита конфигурирования сама состоит из нескольких утилит, т.е. содержит инструменты, с помощью которых и производится быстрое и безошибочное конфигурирование регулятора Standard PID Control (Стандартное ПИД-регулирование).

### **Loop Editor** (или Редактор контура управления)

Блок-схема этой утилиты содержит наиболее важные функции ПО Standard PID Control (Стандартное ПИД-регулирование), изображаемые прямоугольниками с символами. Щелкнув по символу переключателя (черная точка), Вы можете быстро и легко переопределить направление прохождения сигнала.

После щелчка по полю функции откроется диалоговое окно, в котором Вы можете сделать назначения функции, выполнив соответствующие вводы в поля параметров. Если функция не отображена на блок-схеме явно функцией-переключателем, Вы можете включить и выключить ее, используя option buttons (Группа переключателей) или check boxes (Переключатели).

### 3.4 Время дискретизации (Sampling Time) CYCLE

#### Время дискретизации CYCLE

Время дискретизации (Sampling Time) CYCLE это основной параметр динамических характеристик Standard PID Control (Стандартное ПИД-регулирование). От него зависит будет ли регулятор достаточно быстро реагировать на изменения в процессе, сможет ли регулятор осуществлять управление во всех обстоятельствах. Время дискретизации (Sampling Time) также определяет, каковы будут границы зависящих от времени параметров Standard PID Control (Стандартное ПИД-регулирование).

Выбор времени дискретизации (Sampling Time) требует компромисса между зачастую противоречивыми требованиями. Поэтому на этом этапе возможно только общее руководство при разработке параметров системы регулирования.

- Время, необходимое процессору (CPU) для обработки программы системы управления, другими словами, для выполнения функционального блока, это то время, которое определяет нижнюю границу диапазона возможных значений для времени дискретизации (Sampling Time) ( $CYCLE_{min}$ ).
- Подходящее значение для верхнего предела диапазона возможных значений для времени дискретизации (Sampling Time) в основном определяется динамикой процесса. Динамические характеристики процесса, в свою очередь, определяются типом и параметрами процесса.

#### Эквивалентная постоянная времени системы

Наиболее важное влияние на динамические свойства контура управления имеет эквивалентная постоянная времени системы ( $T_E$ ), которая может быть определена после ступенчатого изменения управляющей переменной  $\Delta LMN$  вводом единичного ступенчатого сигнала на вход системы (Рис. 3-8).

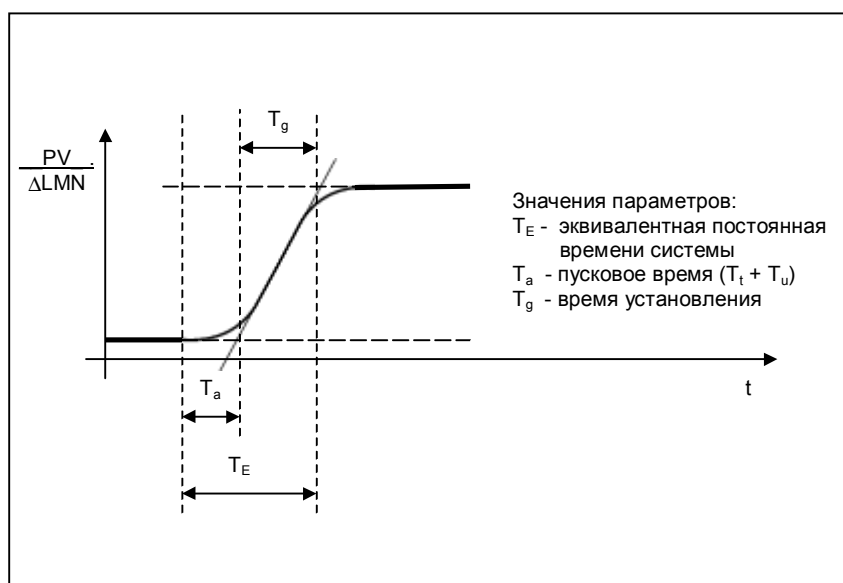


Рис. 3-8 Определение постоянной времени системы  $T_E$



### Оценка времени дискретизации (Sampling Time)

Если от системы управления требуется минимальная скорость, Вы можете определить максимальное значение для параметра время дискретизации ( $CYCLE_{max}$ ).

Если процесс типа  $P-T_E$ , в котором преобладают элементы с задержкой 1-степени и  $T_1 \geq 0.5 T_E$ , то:

$$CYCLE_{max} \leq 0,1 * T_E$$

Для всех остальных  $P-T_E$  –процессов:

$$CYCLE_{max} \leq 0,2 * T_E$$

См. /352/ для более точной оценки времени дискретизации.

### Эмпирическое правило для выбора времени дискретизации (Sampling Time)

Опыт показывает, что параметр время дискретизации (sampling time) составляющий приблизительно 0,1 постоянной времени  $T_{EG}$ , определяющей переходную характеристику для дискретных систем автоматического управления, дает результаты, сравнимые с обычными аналоговыми регуляторами.

Общая постоянная времени системы автоматического управления получается аналогично методу, изображенному на Рис.3-8, с помощью ступенчатого изменения величины уставки и оценки времени стабилизации переменной процесса.

$$CYCLE = 0,1 * T_{EG}$$

### 3.5 Как организуется вызов управления Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление)

#### Вызов управления Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление)

В зависимости от значения времени дискретизации (sampling time) конкретного регулятора блок управления должен вызываться более или менее часто, но всегда через одинаковые интервалы времени.

Операционная система для контроллеров S7 обеспечивает циклическое прерывание организационного блока каждые 100 мс. Время цикла циклического прерывания может быть установлено в пределах от 1 миллисекунды до 1 минуты. 100 мс это стандартное значение (по умолчанию) для OB35.

Если требуется использовать несколько регуляторов с большими значениями времени дискретизации (sampling time), то необходимо использовать утилиту для планирования циклов Loop Scheduler (LP\_SCHED).

#### Полный перезапуск:

При вызове FB блока управления во время полного перезапуска (OB100), бит полного рестарта COM\_RST установлен и время дискретизации CYCLE (sampling time) пересылается в CPU. Затем программа полного перезапуска в FB устанавливает исходное состояние для стандартного ПИД-регулятора Standard PID Control.

#### Перезапуск:

Во время перезапуска (не путать с полным перезапуском) обработка продолжается с того состояния системы, в котором произошло прерывание. Регулятор продолжает выполнение программы со значениями параметров системы, которые были в момент прерывания.

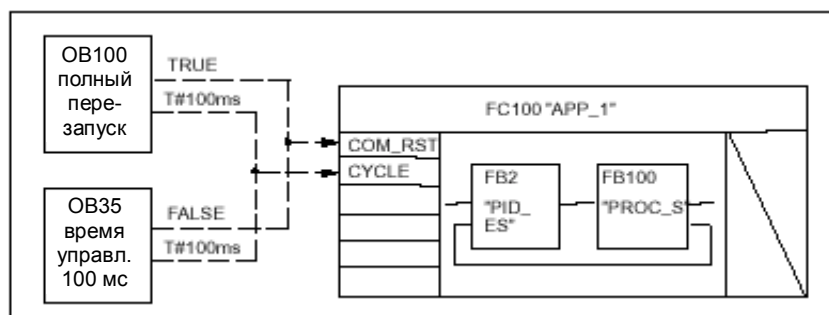


Рис. 3-9 Подсоединение блоков запуска к Sample APP\_1

#### Примечание

В случае системы непрерывного управления PID\_CP с аналоговым выходом параметр CYCLE конфигурируют с помощью CYCLE параметра вызова.

Если система PID\_CP имеет импульсный выход, то цикл временного прерывания (watchdog) или параметр CYCLE определяют с помощью распределения вызовов регулятора в CYCLE\_P параметре вызова (см. раздел 5.4)

## Использование утилиты Loop Scheduler (планировщик цикла)

Если число циклических прерываний не соответствует, т.е. меньше числа используемых в системе управления регуляторов, или если используемые регуляторы должны иметь время дискретизации, большее, чем наибольшее из базовых периодов времени циклических прерываний, то в ОБ циклических прерываний необходимо ввести утилиту Loop Scheduler.

Планировщик LP\_SCHED позволяет нескольким регуляторам относиться к одному классу приоритетов прерывания. При этом становится возможным более или менее часто вызывать прерывания, но только в один и тот же интервал времени (см. раздел 7.1). Это ведет к более равномерной загрузке процессора. Для вызовов регуляторов, внесенных в блок данных общего доступа, с помощью номера DB\_NBR определяется порядок и частота обработки (Рис. 3-10). Более детально информация по назначению параметров LP\_SCHED изложена в разделе 7-1 данного руководства.

Вы должны назначать параметры с помощью системы STEP 7. Параметры не могут быть назначены с помощью утилиты конфигурирования.

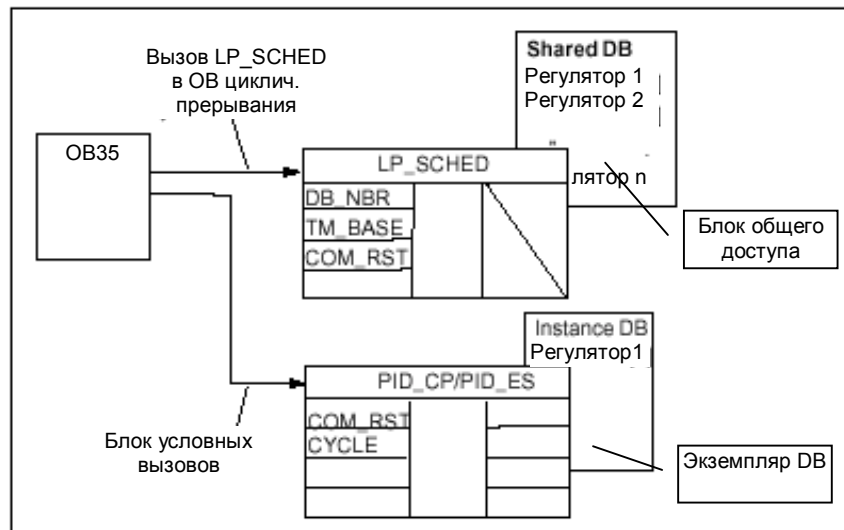


Рис. 3-10 Вызов регулятора с помощью утилиты Loop Scheduler LP\_SCHED.

### 3.6 Диапазон значений и адаптация сигналов (нормализация)

#### Внутреннее численное представление

После обработки алгоритмов функциональных блоков регулятора Standard PID Control (Стандартное ПИД-регулирование) процессор работает с числами в формате REAL (представление числа с плавающей точкой). Числа с плавающей точкой имеют единый формат, совместимый с ANSI/IEEE стандартом 754-1985:

Формат: DD (32 бита)

Диапазон значений:  $-3.37 \cdot 10^{38} \dots -8.43 \cdot 10^{-37}$   
и  
 $8.43 \cdot 10^{-37} \dots 3.37 \cdot 10^{38}$

Этот диапазон – полный диапазон значений для параметров в формате REAL. Чтобы избежать нарушения границ диапазона при обработке чисел, входной сигнал SP\_EXT, являющийся аналоговой физической величиной, определен техническим диапазоном значений:

Технический диапазон значений:  $-10^{-5} \dots +10^{-5}$

Значения времени представляются и обрабатываются в формате TIME. Величина TIME-переменной имеет двоично-десятичное представление длиной 32 бита, в которой четыре старших значащих бита зарезервированы для определения временной базы.

Формат: DD (32 бита)

Диапазон значений: 0 ... + 9 999 999 с

Временная база: 10 мс, 100 мс, 1с, 10 с

#### Адаптация сигнала

Функция нормализации на входе для внешней уставки позволяет любые зависящие от времени входные сигналы от датчиков или генераторов перевести в диапазон физических значений для регулятора Standard PID Controller (Стандартное ПИД-регулирование).

# Обработка сигналов в цепях уставки и переменной процесса и в функциях ПИД-регулятора

## 4

В данной главе рассматриваются следующие вопросы:

- Обработка сигналов в цепях уставки
- Обработка сигналов в цепях переменной процесса
- Обработка сигнала рассогласования (ошибки)
- Функции ПИД-регулятора
- Обработка сигналов в соответствии с алгоритмом ПИД-регулятора

### Примечание

Соединения функциональных блоков, описанные в данной главе, показаны на Рис. 8-1...8-3.

## 4.1 Обработка сигналов в цепях уставки

### 4.1.1 Генератор сигнала уставки (SP\_GEN)

**Способ применения** Используя переключение вверх/вниз, можно настраивать внутреннюю уставку. Выбранное значение можно контролировать в MP1.

**Функция SP\_GEN** Функция SP\_GEN генерирует сигнал уставки, который может быть задан или изменен с помощью переключения. Выходная переменная OUTV может быть увеличена/уменьшена посредством установки двоичных входов SPUP и SPDN.

Диапазон сигнала уставки ограничен верхним и нижним пределами SP\_HLM/SP\_LLM в цепях уставки. Численные значения предельных значений в виде относительных (%) величин можно устанавливать с помощью соответствующих входных параметров. Выходы сигналов QSP\_HLM и QSP\_LLM индицируют превышение этих предельных значений.

Для работы с малыми изменениями сигнала регулятор не должен иметь параметр "Время дискретизации" ("Sampling time") больше 100 мс.

Скорость изменения выходной переменной зависит от длительности времени, в течение которого происходит активация SPUP или SPDN, и от выбранных границ (см. ниже):

Во время первых 3-х секунд после установки SPUP и SPDN скорость изменения выходной переменной составляет:

$$\frac{d \text{ outv}}{dt} = \frac{\text{SP\_HLM} - \text{SP\_LLM}}{100 \text{ с}},$$

а по истечении трех секунд:

$$\frac{d \text{ outv}}{dt} = \frac{\text{SP\_HLM} - \text{SP\_LLM}}{10 \text{ с}}$$

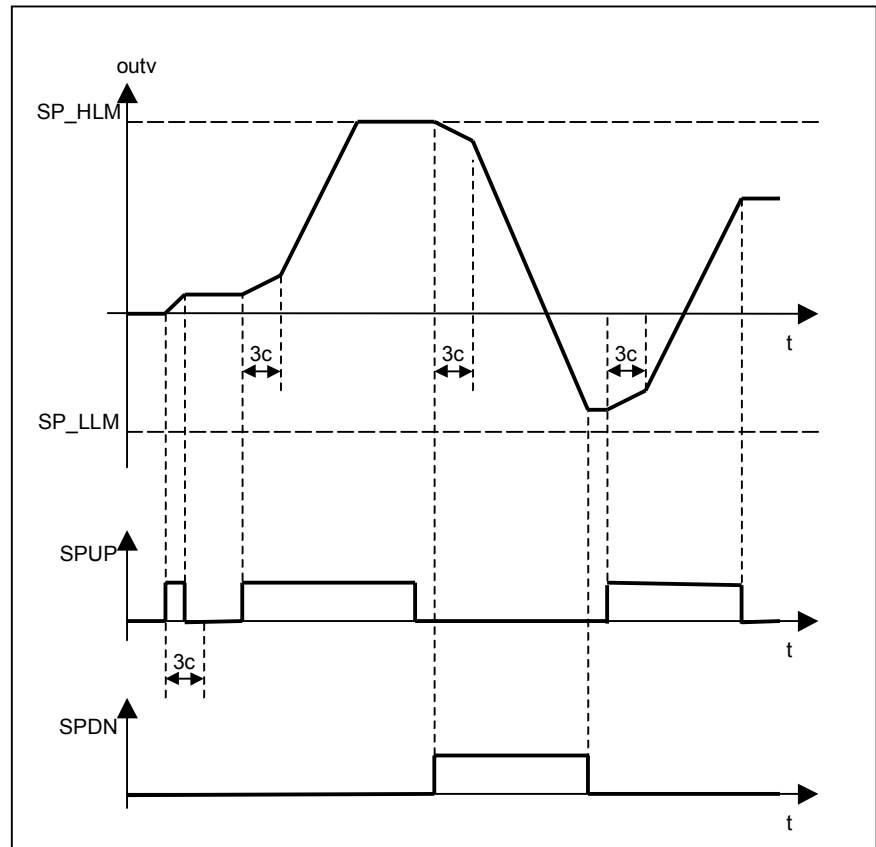


Рис. 4-1 Изменения outv как функции состояния переключателей SPUP и SPDN.

При периоде дискретизации 100 мс и диапазоне изменения уставки (–100,0...+100,0 %) последняя изменяется на 0,2% на цикл в течение первых 3-х секунд. Если SPUP включается на более длительное время, то скорость изменения уставки увеличивается десятикратно, в данном случае до 2% на цикл (Рис. 4-1).

### Запуск и режим работы генератора уставки

- Во время полного перезапуска выход outv устанавливается в 0.0.  
 - При включении генератора уставки (SPGEN\_ON = TRUE (ИСТИНА)) на выходе outv появляется сигнал SPFC\_IN.

При переходе генератора уставки из режима в режим всегда обеспечивается гладкое изменение сигнала. Пока переключатели SPUP и SPDN (кнопки "вверх/вниз") не задействованы, на выход поступает сигнал SPFC\_IN.

Параметры функций SP\_GEN

Выходной параметр outv является неявным параметром. Он может контролироваться в точке измерения (контрольной точке) MP1.

Параметр	Значение	Допустимые значения
SPFC_IN	Уставка по FC входа	Технический диапазон значений
SP_INT	Внутренняя уставка	Технический диапазон значений

Входной параметр			SP_GEN	Выходной сигнал		
Параметр	Тип	*)		Сигнал	Тип	*)
SPGEN_ON	BOOL	False				
SPUP	BOOL	False				
SPDN	BOOL	False				
SP_HLM	REAL	100.0				
SP_LLM	REAL	0.0				
SPFC_IN	REAL	0.0				
				(MP1)	REAL	0.0
SP_INT	REAL	0.0				

\*) назначение при создании экземпляра DB

Рис. 4-2 Функции и параметры генератора уставки Setpoint Generator



### 4.1.2 Функция "Пила" (RMP\_SOAK)

#### Применение

Если есть необходимость, чтобы сигнал уставки SP\_INT менялся автоматически в течение некоторого периода времени, например, при управлении процессом в соответствии с временным законом изменения температуры, Вы можете задать ломаную линию и включить функцию RMP\_SOAK, которая обеспечит заданный закон изменения температуры во времени (наклон временной характеристики параметра на заданных участках времени). Максимально эта ломаная линия может иметь до 256 координатных точек.

#### Функция

#### RMP\_SOAK

Функция RMP\_SOAK в цепях прохождения сигнала уставки обеспечивает соответствие переменной OUTV (Рис.4-3) определенному плану. Эта функция запускается установкой бита RMP\_SK\_ON. Если установлен бит повтора цикла CYC\_ON, то функция запускается вновь с первой координаты времени OUTV[1], после того, как был отработан последний временной участок управления сигналом OUTV[NBR\_PTS]. При этом не будет никакой интерполяции сигнала при циклическом повторении заданного закона управления выходной переменной OUTV.

Ломаный график изменения параметра во времени определяется рядом временных отрезков (между координатными точками) в блоке данных общего доступа (shared data block) с помощью переменных времени PI[i].TMV и соответствующих выходных величин PI[i].OUTV (Рис. 4-3).

Значения PI[i].TMV определяют продолжительность временных отрезков. Внутри цикла между координатными точками сигнал линейно интерполируется.

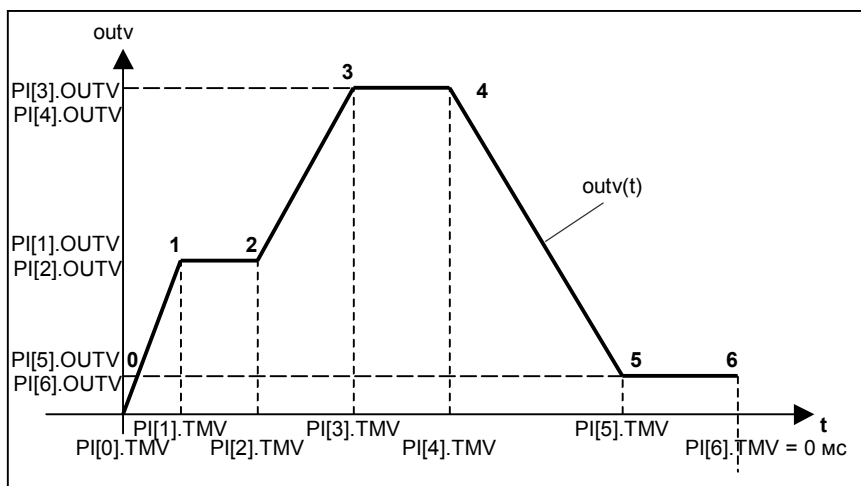


Рис.4-3 Формирование с помощью функции "Пила" требуемой временной характеристики выходной переменной OUTV с 6 точками времени.

#### Примечание

В случае, когда временная характеристика выходной переменной, обрабатываемая функцией "Пила", имеет  $n$  временных точек, значение PI[n].TMV для последней точки имеет значение 0 мс (окончание обработки). Величина времени обработки этой функцией исчисляется, уменьшаясь от некоторого заданного значения до нулевого значения.

### Использование функции "пила" (Ramp Soak)

- Параметры временных точек NPR\_PTS, PI[i].TMV и PI[i].OUTV размещаются в блоке данных общего пользования (shared data block).
- Параметр PI[i].TMV определяется в формате IEC TIME.
- Способ, с помощью которого ведется подсчет до 256 координат и временных точек, иллюстрируется на следующей схеме.

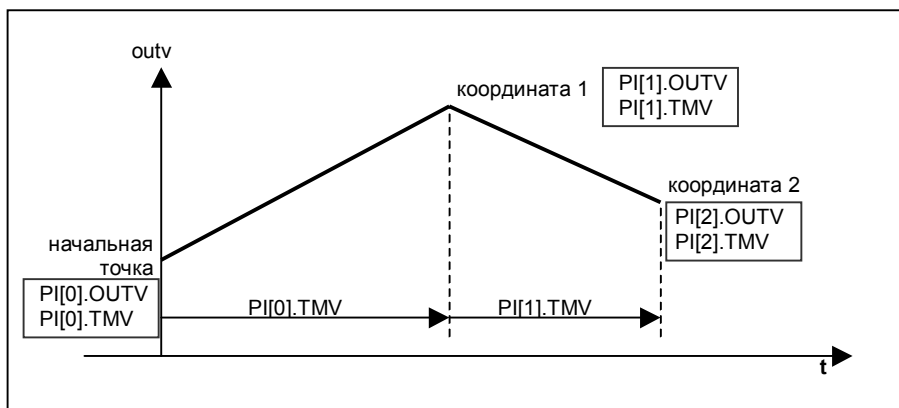


Рис.4-4 Отсчет координат и точек времени

Обычно функция "Пила" (Ramp Soak) обеспечивает интерполяцию в соответствии с нижеследующей функцией (при условии  $0 \leq n \leq [NBR\_PTS - 1]$ ):

$$outv(t) = PI[n-1].OUTV - \frac{RS\_TM}{PI[n].TMV} (PI[n-1].OUTV - PI[n].OUTV)$$

### Конфигурирование функции "Пила" (Ramp Soak)

Число заданных координат (NBR\_PTS) и значения для уставки SP, назначенные для отдельных временных точек, можно контролировать в MP1. Эти данные размещаются в блоке данных общего назначения (shared data block) вместе с DB\_NBR (Табл. 4-2). Выходной сигнал начинает меняться по программе с точки [0] и заканчивает в координате [NBR\_PTS].

### Режимы работы функции "Пила" (Ramp Soak)


















Воздействуя на управляющие входы функционального блока "Пила", можно установить следующие режимы работы:

1. Однократный запуск
2. Заранее заданное значение на выходе (напр. SP\_INT)
3. Повтор (режим цикла)
4. Удержание уровня (заданного значения, уставки)
5. Задание временной точки и времени ее достижения (оставшееся время RS\_TM и номер временной точки TM\_SNBR можно переопределять)
6. Редактирование общего времени обработки функцией и общего оставшегося времени.

**Режимы**

Следующая таблица истинности (таблица 4-1) показывает значения для установки отдельных режимов.

Таблица 4-1 Режимы функции "Пила" (RMP\_SOAK)

Режим	RMPSK_ON	DFRMP_ON	RMP_HOLD	CONT_ON	CYC_ON	TUPDT_ON	Выходной сигнал OUTV
1. Включение	TRUE (ИСТИНА)	FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)		FALSE (ЛОЖЬ)		outv(t); последнее значение остается по завершении обработки
2. Выходной сигнал по умолчанию	TRUE (ИСТИНА)	TRUE (ИСТИНА)					SP_INT или выход SP_GEN
3. Повторение	TRUE (ИСТИНА)	FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)		TRUE (ИСТИНА)		outv(t); новый запуск по завершении предыдущего цикла
4. Удержание	TRUE (ИСТИНА)	FALSE (ЛОЖЬ)	TRUE (ИСТИНА)	FALSE (ЛОЖЬ)			Текущее значение outv(t) удерживается *)
5. Установка точки времени и времени ее достижения	TRUE (ИСТИНА)	FALSE (ЛОЖЬ)	TRUE (ИСТИНА) FALSE (ЛОЖЬ)	TRUE (ИСТИНА)			outv (старое значение) *)
6. Редактирование общего времени						FALSE (ЛОЖЬ)	outv(t) без изменений
						TRUE (ИСТИНА)	outv(t) без изменений

\*) выполняется до начала следующей точки времени; ломаная линия будет отличаться от заданной пользователем.



Выбранный режим выполняется вне зависимости от управляющих сигналов

### Запуск функции "Пила" (Ramp Soak)

При переходе RMPSK\_ON от FALSE (ЛОЖЬ) к TRUE (ИСТИНА) производится запуск функции "Пила" (Ramp Soak) (программный переключатель в блок-схеме утилиты конфигурирования). После достижения последней временной точки функция "Пила" (Ramp Soak) завершает обработку сигнала (управление по заданной ломаной кривой завершается). Если необходимо продолжить работу функции вручную, RMPSK\_ON должен быть переведен сначала в состояние FALSE (ЛОЖЬ), а затем – вновь в TRUE (ИСТИНА).

Во время **полного перезапуска** выход OUTV устанавливается в 0.0 и вычисляется общее время или общее оставшееся время. При переводе в состояние нормальной работы функция "Пила" (Ramp Soak) немедленно начинает обработку с нулевой точки в соответствии с выбранным режимом. Если работа функции Вам не нужна, то параметр RMPSK\_ON в ОБ полного перезапуска должен быть переведен в состояние FALSE (ЛОЖЬ).

**Примечание**

Блок не проверяет, существует ли DB общего доступа с номером DB\_NBR или нет, и соответствует ли параметр NBR\_PTS (число временных точек) длине DB. Если назначение параметра некорректно, процессор будет переведен в режим STOP из-за внутренней системной ошибки.

### Предопределение выходного сигнала, запуск и отработка графика

Если  $DFRMP\_ON = TRUE$  (ИСТИНА), выходной сигнал функции "Пила" (Ramp Soak) устанавливается в значение  $SP\_INT$  или выходное значение  $SP\_GEN$ . Если  $DFRMP\_ON = FALSE$  (ЛОЖЬ), то отработка ломаной линии графика начинается с этой точки.

### Примечание

Переключатель  $DFRMP\_ON$  действует, только если функция "Пила" активизирована ( $RMPSK\_ON = TRUE$  (ИСТИНА)).

После переключения от  $DFRMP\_ON = FALSE$  (ЛОЖЬ) к  $TRUE$  (ИСТИНА) происходит линейное изменение выходного сигнала  $OUTV$  от выбранного значения уставки (напр.,  $SP\_INT$ ) к выходному значению, соответствующему текущему номеру точки времени  $PI[NBR\_ATMS].OUTV$ .

Внутренний отсчет времени продолжается даже, если фиксированное значение уставки установлено на выходе ( $RMPSK\_ON = TRUE$  (ИСТИНА) и  $DFRMP\_N = TRUE$  (ИСТИНА)).

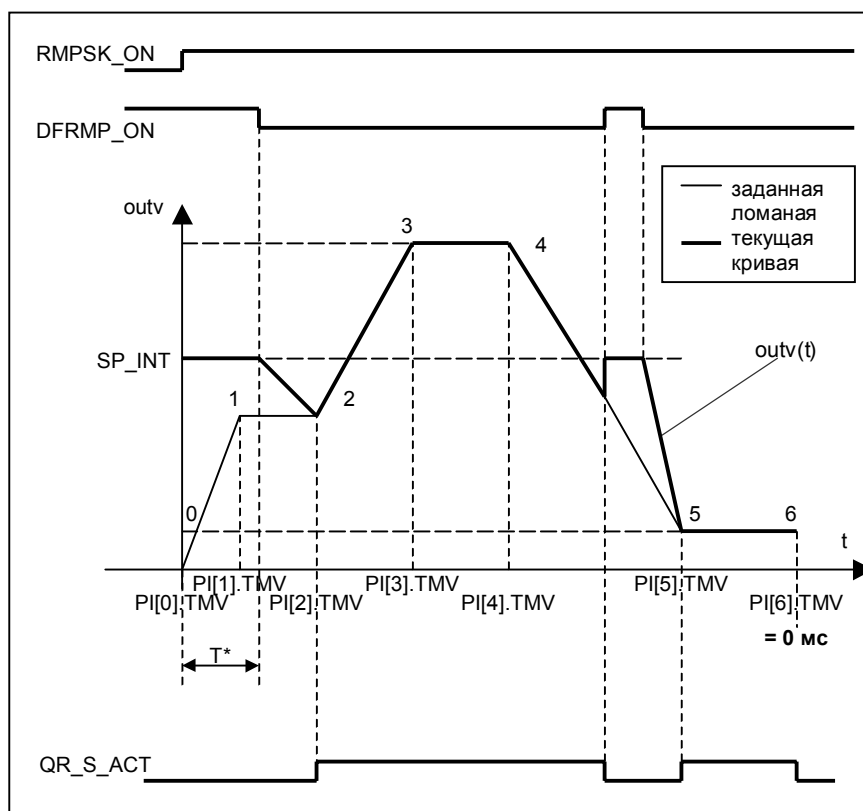


Рис. 4-5 Влияние на выходной сигнал функции "Пила" ( $RMPSK\_ON$ ) включений режима стабилизации сигнала уставки ( $DFRMP\_ON$ ).

При запуске функции "Пила" в режиме  $RMPSK\_ON = TRUE$  (ИСТИНА) фиксированная уставка  $SP\_INT$  поступает на выход, пока  $DFRMP\_ON$  не изменит значение с  $TRUE$  (ИСТИНА) на  $FALSE$  (ЛОЖЬ) по прошествии периода времени  $T^*$  (Рис. 4-5).

В этой точке времени отрезки от  $PI[0].TMV$  и частично от  $PI[1].TMV$  пройдены. Выходное значение  $outv$  переходит с уровня  $SP\_INT$  на уровень  $PI[2].OUTV$ , т.е. в координату 2.

Запланированный график изменения выходной переменной достигается только в координате 2, где выходной сигнал QR\_S\_ACT переходит к уровню TRUE (ИСТИНА). Когда включается функция поддержания заданного уровня (DFRMP\_ON переключается со значения FALSE (ЛОЖЬ) на значение TRUE (ИСТИНА)), в то время, как трассировочная ломаная продолжает двигаться к координате 5, выходной сигнал OUTV скачком переходит к уровню SP\_INT или к выходному значению SP\_GEN.

#### Включение режима повтора (цикла)

Если включен режим циклического повторения (CYC\_ON = TRUE (ИСТИНА)), функция "Пила" автоматически переходит в начальную точку после отработки последнего запланированного отрезка времени, и начинается следующий цикл. Между последней и 1-й точками при переходе к новому циклу нет интерполяции. Для "гладкого" перехода  $PI[NBR\_PTS].OUTV = PI[0].OUTV$ .

#### Функция удержания значения уставки

С помощью RMP\_HOLD = TRUE (ИСТИНА) значения выходной переменной (значения сигнала плюс отсчет времени для текущего отрезка) "замораживаются". После сброса режима удержания (RMP\_HOLD = FALSE (ЛОЖЬ)) продолжается обычный режим функции "Пила" со значениями, зафиксированными в момент прерывания для перехода на другой режим (в точке  $PI[x].TMV$ ).

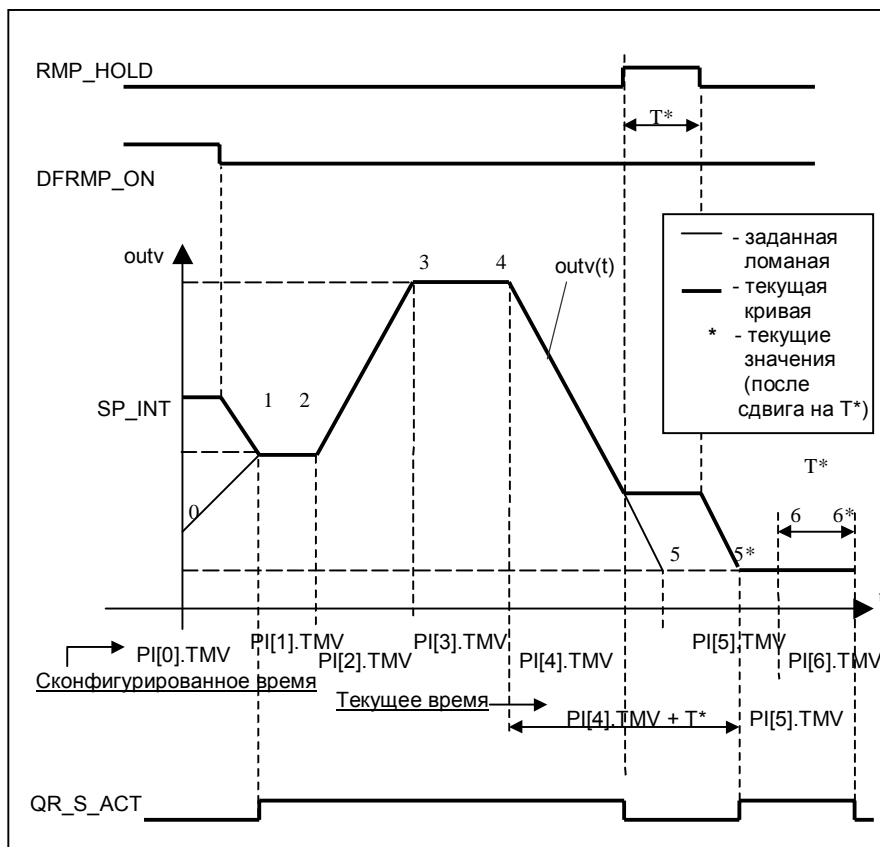


Рис. 4-6 Переход управления выходным сигналом  $outv$  с режима стабилизации сигнала уставки (DFRMP\_ON) на обычный режим функции "Пила" (RMP\_ON) с последующим кратковременным включением режима удержания значения сигнала (RMP\_HOLD).

Время работы функции "Пила" увеличивается на величину времени удержания  $T^*$ . Функция "Пила" возвращается к отработке заданного графика после выключения режима удержания RMP\_HOLD (FALSE (ЛОЖЬ)  $\rightarrow$  TRUE (ИСТИНА)) от точки 5\* до 6\*, при этом сигнал QR\_S\_ACT имеет значение TRUE (ИСТИНА) (Рис. 4-6).

Если установлен бит CONT\_ON, задержанная отработка графика функции "Пила" продолжается с заданной точки TM\_CONT.

### Выбор точки времени и времени для ее достижения

Если управляющий вход CONT\_ON установлен в состояние TRUE (ИСТИНА) для продолжения отработки графика, тогда функция "Пила" возвращается на режим в точке времени TM\_SNBR за отрезок времени TM\_CONT. Параметр времени TM\_CONT определяет оставшееся время до момента завершения функцией "Пила" отработки графика (точка TM\_SNBR).

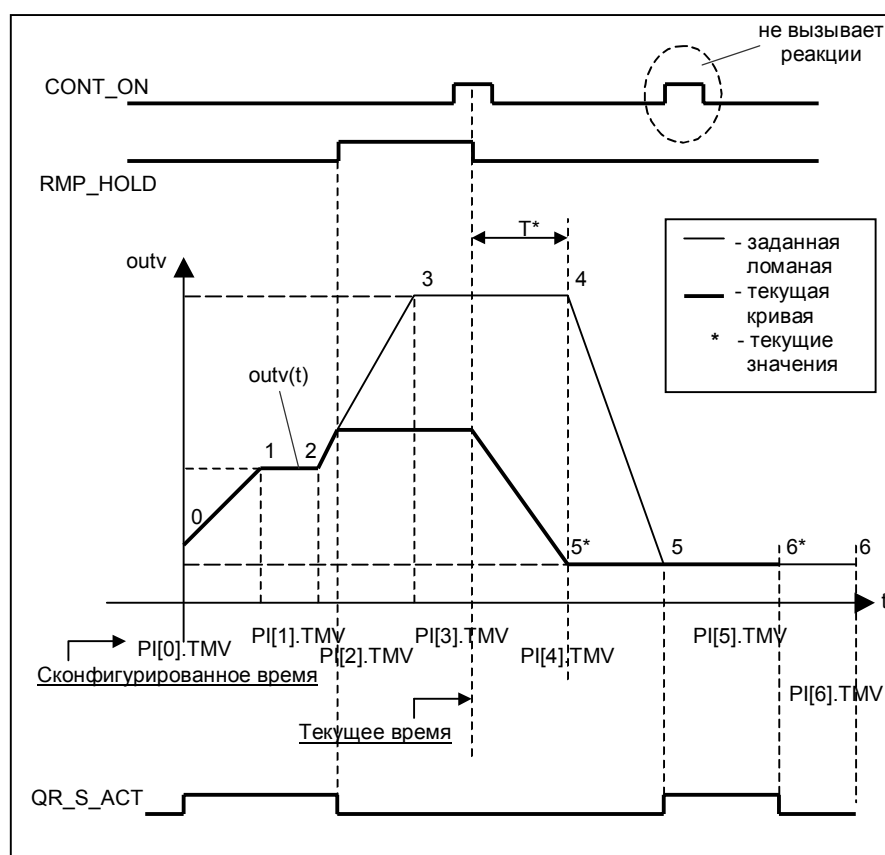


Рис.4-7 Влияние режима удержания уровня сигнала (RMP\_HOLD) и режима восстановления сигнала CONT\_ON на работу функции Ramp Soak.

На Рис. 4-7 видно, если  $RMP\_HOLD = TRUE$  (ИСТИНА) и  $CONT\_ON = TRUE$  (ИСТИНА) и если выполнены установки: номер  $TM\_SNBR = 5$  и время, требуемое для достижения данной точки времени  $TM\_CONT = T^*$ , то координаты 3 и 4 пропускаются в цикле отработки функции "Пила". И только после переключения  $RMP\_HOLD$  с  $TRUE$  (ИСТИНА) на  $FALSE$  (ЛОЖЬ) кривая графика возвращается к заданному виду в координате 5. Сигнал на выходе  $QR\_S\_ACT$  устанавливается в  $TRUE$  (ИСТИНА) только тогда, когда функция "Пила" поддерживает выходной сигнал  $OUTV$  согласно графику, заданному пользователем.

#### Изменение общего времени и оставшегося времени

В каждом цикле можно изменять следующие параметры: номер текущей временной точки  $NBR\_ATMS$ , текущее значение оставшееся времени для достижения точки времени  $RS\_TM$ , общее время  $T\_TM$ , и общее оставшееся время для достижения окончания отработки графика  $RT\_TM$ .

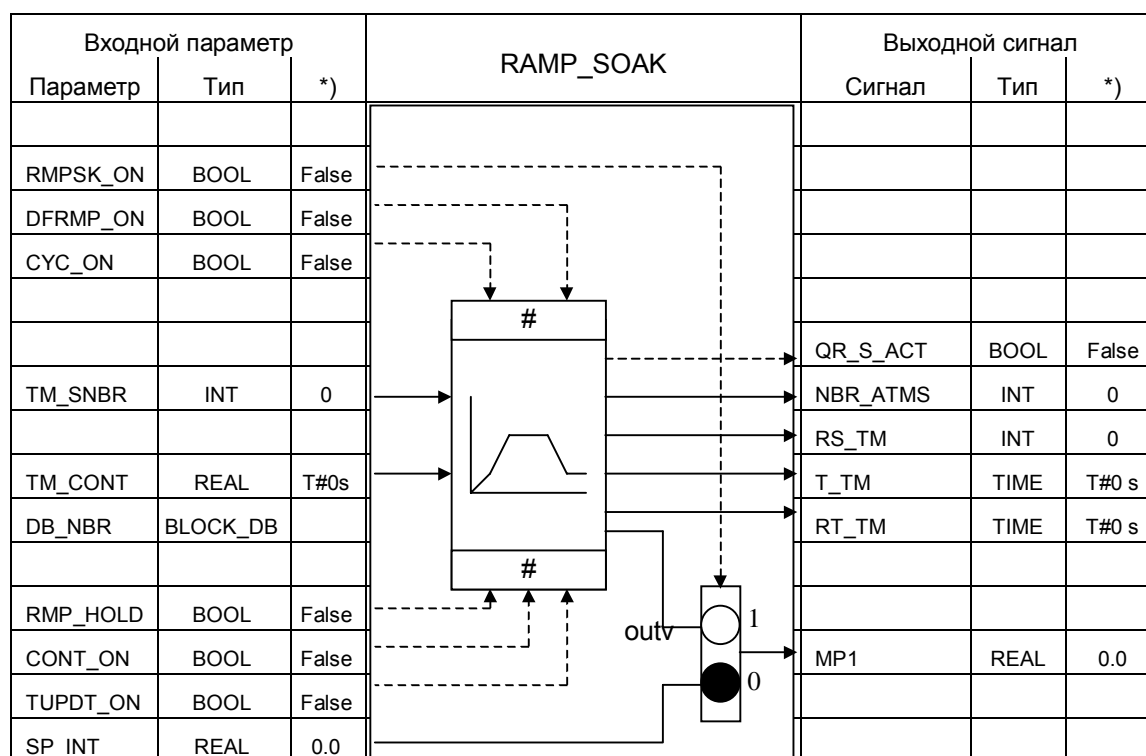
В случае перехода в интерактивном режиме к  $PI[n].TMV$  общее время и общее оставшееся время изменяются. Так как вычисления значений  $T\_TM$  и  $RT\_TM$  требуют значительного увеличения расчетного времени и увеличивают время выполнения функционального блока в случае большого количества точек времени, то эти вычисления производятся только при полном перезапуске системы или при  $TUPDT\_ON = TRUE$  (ИСТИНА). Временные интервалы  $PI[0...NBR\_PTS].TMV$  между отдельными точками времени суммируются для расчета общего времени  $T\_TM$  и общего оставшегося времени  $RT\_TM$ .

Помните, что расчет общего времени требует затрат относительно большого количества времени процессора.

#### Параметры функции $RMP\_SOAK$

Выходной параметр  $OUTV$  является неявным параметром и доступен с помощью утилиты конфигурирования в контрольной точке  $MP1$  (см. Рис. 2-12).

Параметр	Значение	Допустимые значения
$TM\_SNBR$	Номер следующей точки (временного интервала)	$> 0$ (безразмерн. вел.)
$TM\_CONT$	Время для продолжения	Полный диапазон значений
$SP\_INT$	Внутренняя уставка	Технический диапазон значений



\*) назначение при создании экземпляра DB

Рис. 4-8 Функции и параметры функции "Пила" (Ramp Soak)

Координаты временных точек и число временных точек (отрезков времени) сохраняются в блоке данных общего назначения (Табл.2)

Таблица 4-2

Блок данных общего назначения (Shared Data Block DB\_NBR) с заданными значениями точки запуска и 4 отрезками времени.

Параметр	Тип данных	Комментарий	Диапазон значений	Значение
NBR_PTS	INT	Число координат	1 ... 256	4
PI[0].OUTV	REAL	Выходное значение [0]: точка старта	Весь диапазон	0,0
PI[0].TMV	TIME	Значение времени [0]: точка старта	Весь диапазон	T#1 s
PI[1].OUTV	REAL	Выходное значение [1]: координата 1	Весь диапазон	0,0
PI[1].TMV	TIME	Значение времени [1]: координата 1	Весь диапазон	T#1 s
PI[2].OUTV	REAL	Выходное значение [2]: координата 2	Весь диапазон	0,0
PI[2].TMV	TIME	Значение времени [2]: координата 2	Весь диапазон	T#1 s
PI[3].OUTV	REAL	Выходное значение [3]: координата 3	Весь диапазон	0,0
PI[3].TMV	TIME	Значение времени [3]: координата 3	Весь диапазон	T#1 s
PI[4].OUTV	REAL	Выходное значение [4]: координата 4	Весь диапазон	0,0
PI[4].TMV	TIME	Значение времени [4]: координата 4	Весь диапазон	T#0 s



### 4.1.3 Нормализация внешней уставки (SP\_NORM)

#### Применение

Если внешняя уставка не доступна в виде физической величины переменной процесса (например, относительная величина (%) в случае каскадного регулятора), то это значение и установленный диапазон его значений должны быть нормализованы (нормированы) к физическим единицам переменной процесса. Это выполняется с помощью функции "Нормализации в цепях уставки" ("Normalization in the setpoint branch").

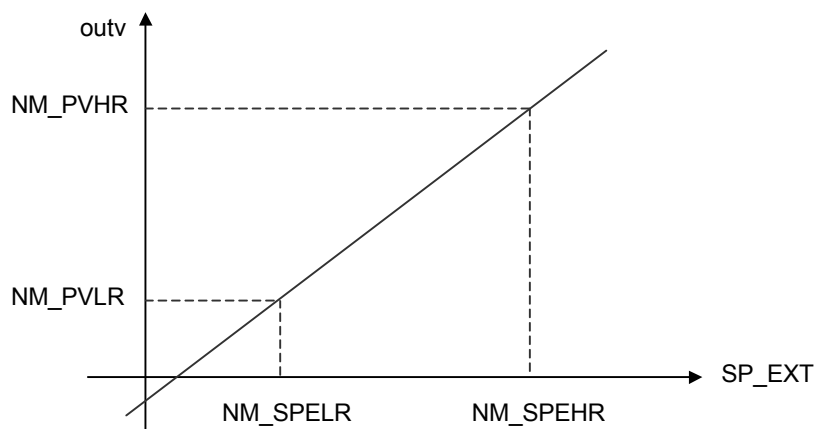
#### Функция SP\_NORM

Функция SP\_NORM нормализует (нормирует) аналоговый входной сигнал. Аналоговая внешняя уставка переносится (преобразуется) в выходную переменную OUTV с помощью прямолинейной характеристики нормализации. Выходной сигнал OUTV может быть проконтролирован в контрольной точке MP2 с помощью утилиты конфигурирования (Рис. 2-12).

Выходное значение функции действует при условии, что управляющий вход SPEXT\_ON = TRUE (ИСТИНА).

Для задания прямолинейной характеристики нормализации должны быть определены следующие параметры:

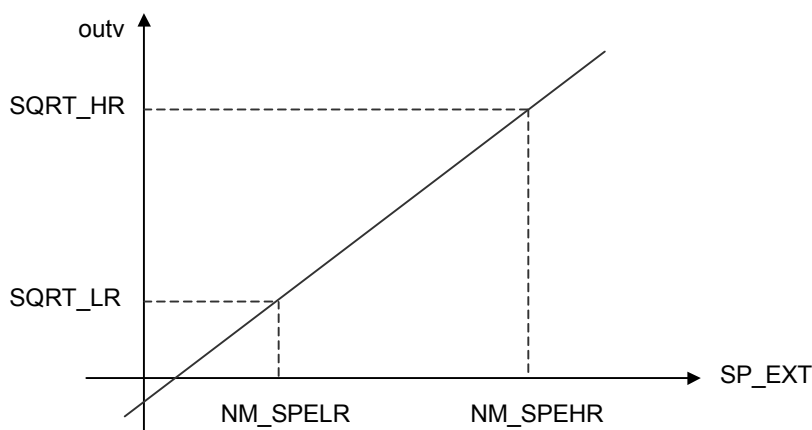
- Верхняя граница входного значения SP\_EXT: NM\_SPEHR.
- Нижняя граница входного значения SP\_EXT: NM\_SPELR.
- Верхняя граница выходного значения OUTV: NM\_PVHR (эта величина определяется при нормализации переменной процесса).
- Нижняя граница выходного значения OUTV: NM\_PVLR (эта величина определяется при нормализации переменной процесса).



Выходное значение OUTV рассчитывается исходя из входного значения SP\_EXT в соответствии с формулой:

$$\text{outv} = (\text{SP\_EXT} - \text{NM\_SPELR}) \times (\text{NM\_PVHR} - \text{NM\_PVLR}) / (\text{NM\_SPEHR} - \text{NM\_SPELR}) + \text{NM\_PVLR}$$

В особом случае включения "функции извлечения квадратного корня" (линеаризации) в цепи обработки переменной процесса, в качестве верхней и нижней границы входного значения при нормализации берутся значения функции извлечения квадратного корня SQRT\_HR и SQRT\_LR.



Выходное значение OUTV рассчитывается исходя из входного значения SP\_EXT в соответствии с формулой:

$$\text{outv} = (\text{SP\_EXT} - \text{NM\_SPELR}) \times (\text{SQRT\_HR} - \text{SQRT\_LR}) / (\text{NM\_SPEHR} - \text{NM\_SPELR}) + \text{SQRT\_LR}$$

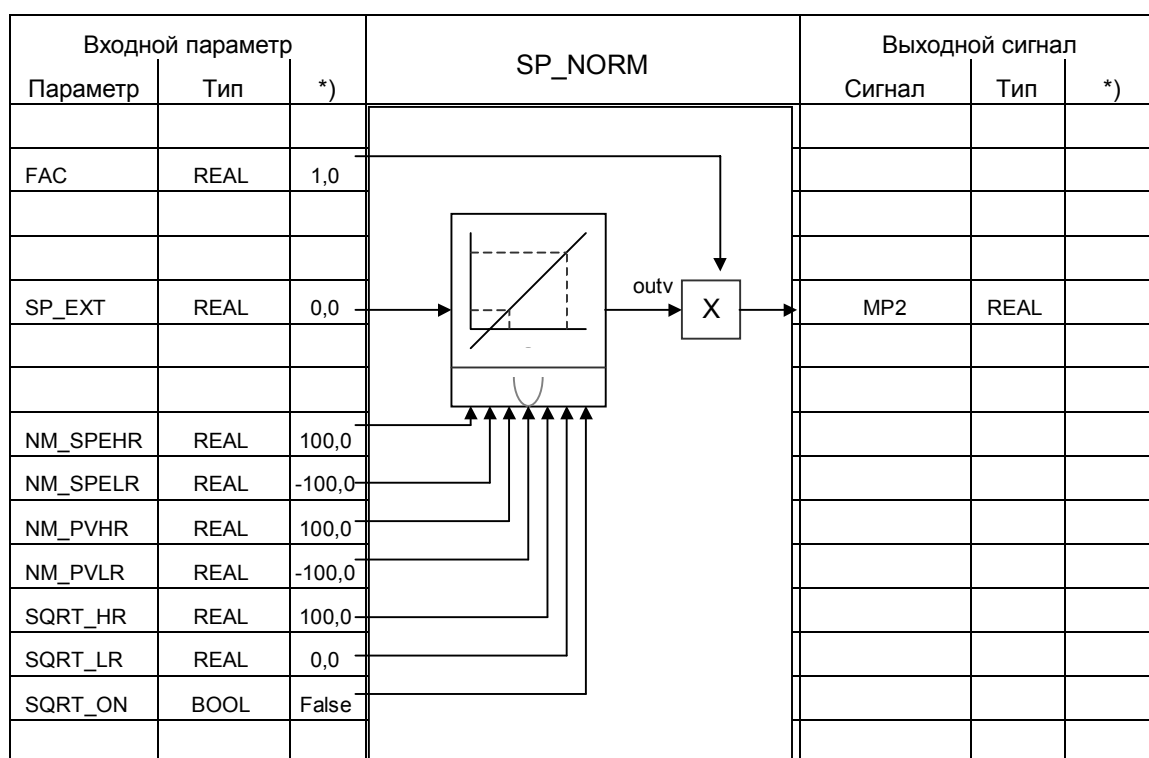
Функция не накладывает ограничения и не проверяет параметры. И если в качестве параметров NM\_SPEHR и NM\_SPELR попадутся такие значения, что возникнет ситуация деления на ноль в вышеприведенной формуле, функция такую ошибку не устранил.

#### Параметры функции SP\_NORM

Выходной параметр OUTV является неявным параметром и доступен для контроля в точке MP2.

Параметр	Значение	Допустимые значения
SP_EXT	Внешняя уставка	Технический диапазон значений (физическая величина)
NM_SPEHR	Верхняя граница входного значения SP_EXT	Технический диапазон значений (физическое значение SP_EXT)
NM_SPELR	Нижняя граница входного значения SP_EXT	Технический диапазон значений (физическое значение SP_EXT)
NM_PVHR	Верхняя граница выходного значения outv	Технический диапазон значений (физическое значение переменной процесса /безразмерная величина, при активной функции извлеч. корня)
NM_PVLR	Нижняя граница выходного значения outv	Технический диапазон значений (физическое значение переменной процесса /безразмерная величина, при активной функции извлеч. корня)

Параметр	Значение	Допустимые значения
SQRT_HR	Верхняя граница выходного значения outv, если активна функция извлечения корня в цепях переменной процесса.	Технический диапазон значений
SQRT_LR	Нижняя граница выходного значения outv, если активна функция извлечения корня в цепях переменной процесса.	Технический диапазон значений
SQRT_ON	Включение функции извлечения корня	TRUE (ИСТИНА), FALSE (ЛОЖЬ)



\*) назначение при создании экземпляра DB

Рис. 4-9 Функции и параметры при нормализации внешней уставки

#### 4.1.4 Вызов FC в цепях уставки (SPFC)

##### Применение

С помощью вставки FC-блока, определенного пользователем, в цепи уставки можно обработать уставку перед тем, как передать ее в регулятор (например, задержка сигнала или линеаризация) (Рис.2-12).

##### Функция SPFC

Если активизировать функцию SPFC с помощью установки входа управления, будет вызываться определенный пользователем блок FC. Номер FC блока вводится с помощью параметра SPFC\_NBR. Регулятор вызывает FC пользователя. Входные/выходные параметры FC пользователя не снабжаются значениями. Вы должны, тем не менее, запрограммировать передачу данных с помощью S7 STL в FC пользователя. Пример программы показан ниже:

STL	Explanation
<hr/>	
FUNCTION "User FC"	
VAR_TEMP	
INV:REAL;	
OUTV:REAL;	
END_VAR	
BEGIN	
L "Controller DB".SPFC_IN	
T #INV	
	//User function OUTV=f(INV)
L #OUTV	
T "Controller DB".SPFC_OUT	
END_FUNCTION	

Значение сигнала SPFC\_ON определяет, подключается ли в данной точке канала уставки запрограммированная пользователем функция в виде стандартного FC (например, характеристическая кривая) или сигнал уставки не подвергается здесь обработке.

##### Примечание



Блок не проверяет, существует ли FC. Если FC не существует, то процессор переходит в режим STOP по причине внутренней системной ошибки.

## Параметры функции SPFC

Входное значение SPFC\_IN является неявным параметром. Он может быть проконтролирован с помощью утилиты конфигурирования в контрольной точке MP1 (уставка = SP\_INT) или в контрольной точке MP2 (уставка = SP\_EXT). Выходное значение доступно для контроля в контрольной точке MP3. Вход SPFC\_IN включается в цепь уставки при задании (по умолчанию) SPFC\_ON = FALSE (ЛОЖЬ).

[illegible]

Подключение должно быть  
запрограммировано в FC  
пользователя

\*) назначение при создании экземпляра DB

Рис. 4-10 Вызов FC блока в цепи управляющей переменной

### 4.1.5 Ограничение скорости изменения уставки

#### Применение

Ограничительные функции типа "Пила" (фильтры типа "Пила") используются в цепях уставки, если скачкообразные изменения управляющих сигналов недопустимы для процесса, так как скачкообразное изменение сигнала уставки обычно вызывает такое же резкое, скачкообразное изменение управляющей переменной регулятора. Таких резких изменений управляющей переменной необходимо избегать, особенно, когда имеется, например, редуктор между мотором и нагрузкой, так как резкое увеличение скорости вращения мотора в таком случае вызовет перегрузку редуктора.

#### Фнкция SP\_ROC

Функция SP\_ROC ограничивает скорость изменения уставки отдельно для изменения в сторону увеличения и в сторону уменьшения, а также отдельно для диапазонов отрицательных значений и положительных значений уставки.

Границы для скорости изменения в диапазонах отрицательных значений и положительных опорной переменной функции "Пила" – функции скорости изменения сигнала вводятся с помощью четырех входов: SPURLM\_P, SPDRLM\_P, SPURLM\_N и SPDRLM\_N. Скорость изменения – это скорость роста или уменьшения в секунду. Более быстро меняющиеся сигналы сдерживаются этими ограничительными значениями.

Если, например, SPURLM\_P сконфигурирован как 10,0 (технический диапазон значений в секунду), Следующие значения будут прибавлены к "старому значению" (old) сигнала outv на каждом периоде дискретизации, пока  $inv > outv$ :

Значение периода дискретизации:

1 с	=> $outv_{old} + 10$
100 мс	=> $outv_{old} + 1$
10 мс	=> $outv_{old} + 0,1$

Как функция обрабатывает сигналы, показано на следующем графике, построенном на основе примера. Ступенчатая функция на входе  $inv(t)$  становится пилообразной функцией на выходе функции-фильтра типа "Пила"  $outv(t)$ .

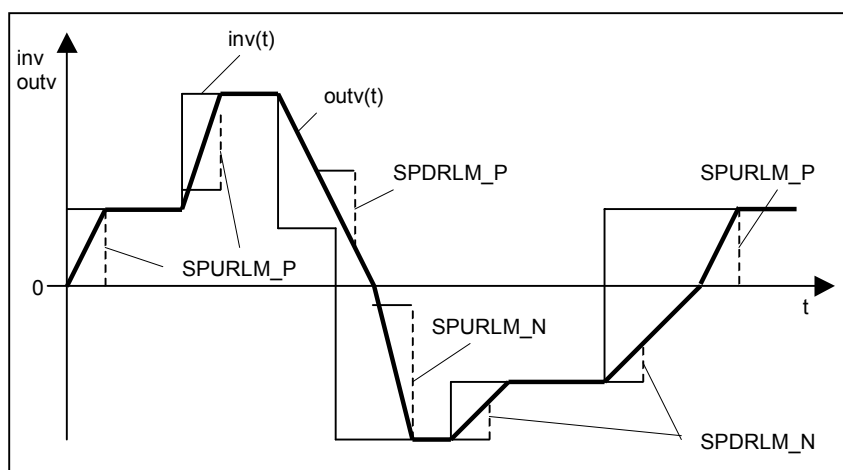


Рис.4-11 Ограничение скорости изменения уставки SP(t)

При достижении пределов скорости изменения сигнала сигнал на выходе отсутствует.

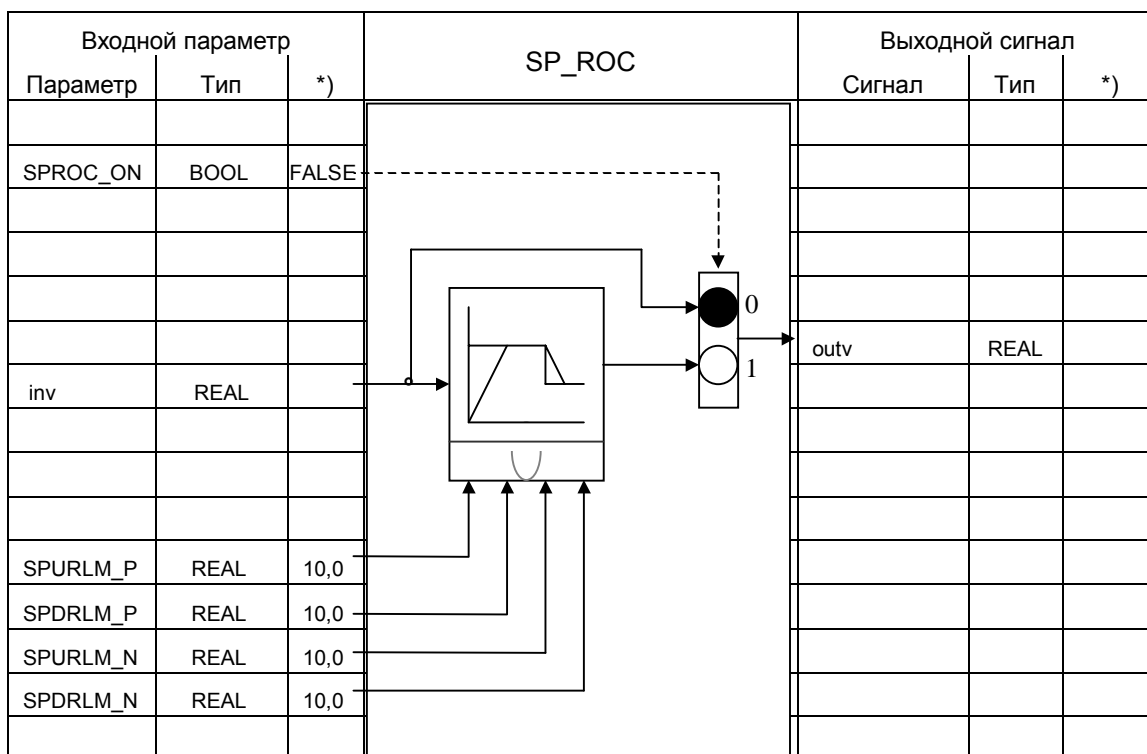
**Параметры  
функции SP\_ROC**

Входное значение *inv* является неявным параметром и доступно для контроля с помощью утилиты конфигурации в контрольной точке MP3 (Рис.2-12).

Выходное значение *outv* не доступно с помощью утилиты конфигурации (Рис.2-12).

Скорости изменения в секунду всегда вводятся как положительные величины.

Параметр	Значение	Допустимые значения
SQRT_HR	Верхняя граница выходного значения <i>outv</i> , если активна функция извлечения корня в цепях переменной процесса.	Технический диапазон значений
SQRT_LR	Нижняя граница выходного значения <i>outv</i> , если активна функция извлечения корня в цепях переменной процесса.	Технический диапазон значений
SQRT_ON	Включение функции извлечения корня	TRUE (ИСТИНА), FALSE (ЛОЖЬ)



\*) назначение при создании экземпляра DB

Рис. 4-12 Функции и параметры для фильтра ограничения скорости изменения уставки

#### 4.1.6 Ограничение абсолютного значения уставки (SP\_LIMIT)

##### Применение

Диапазон значений уставки определяет диапазон, внутри которого может принимать свои значения переменная процесса, другими словами, допустимый для процесса диапазон.

Чтобы избежать критических или недопустимых состояний процесса установленный диапазон опорной переменной имеет верхнее и нижнее граничные значения в цепи уставки Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление).

##### Функция SP\_LIMIT

Функция SP\_LIMIT ограничивает сигнал уставки SP выбираемыми нижним и верхним граничными значениями SP\_LLM и SP\_HLM, если входной сигнал (входная переменная) INV выходит за эти границы. Так как данная функция не может быть выключена пользователем, верхний и нижний пределы для INV всегда должны назначаться при конфигурировании регулятора.

Численные значения этих пределов устанавливаются во входных параметрах. Если входные значения  $inv(t)$  превышают эти границы, это отображается на соответствующих сигнальных выходах (Рис.4-14).

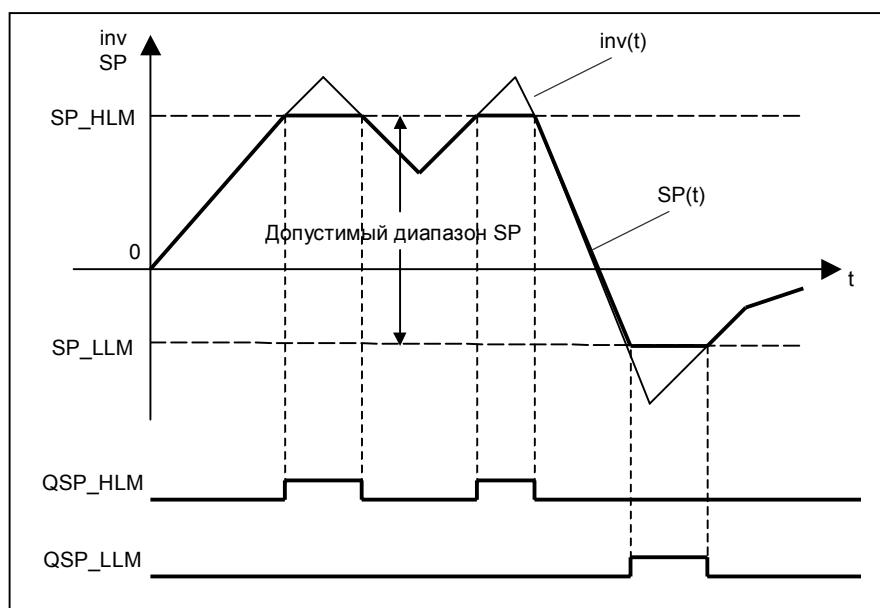


Рис.4-13 Границы для абсолютных значений уставки SP(t)



## Запуск и режимы работы

В случае полного перезапуска все сигнальные выходы устанавливаются в 0.

Действие ограничения показано ниже в таблице:

SP	QSP_HLM	QSP_LLM	Условие
SP_HLM	TRUE (ИСТИНА)	FALSE (ЛОЖЬ)	$inv \geq SP\_HLM$
SP_LLM	FALSE (ЛОЖЬ)	TRUE (ИСТИНА)	$inv \leq SP\_LLM$
INV	FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)	$SP\_LLM < inv < \square SP\_HLM$

Действующее значение уставки регулятора на основе Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление) отображается на выходе, т.е. в параметре SP.

## Параметры функции SP\_LIMIT

Входное значение `inv` является неявным параметром и доступно для контроля с помощью утилиты конфигурации в контрольной точке MP3 (Рис.2-12).

Условие для правильной работы функции ограничения:

$$SP \text{ LLM} < SP \text{ HLM}$$

Параметр	Значение	Допустимые значения
SP_HLM	Верхняя граница сигнала уставки.	SP_LLM ... Верхняя граница технического диапазона значений
SP_LLM	Нижняя граница сигнала уставки.	Нижняя граница технического диапазона значений ... SP_HLM

Входной параметр			SP_LIMIT	Выходной сигнал			
Параметр	Тип	*)		Сигнал	Тип	*)	
inv	REAL				QSP_HLM	BOOL	FALSE
					SP	REAL	0,0
					QSP_LLM	BOOL	FALSE
SP_HLM	REAL	100,0					
SP_LLM	REAL	0,0					

\*) назначение при создании экземпляра DB

Рис. 4-14 Функции и параметры для функции ограничения абсолютных значений SP.

#### 4.1.7 Переключение уставки с использованием утилиты конфигурирования

##### Отображение и установка SP с утилитой Loop Monitor (Монитор регулятора)

Утилита конфигурирования имеет свой собственный интерфейс для FB регулятора. Поэтому в любой момент можно разорвать цепь уставки и задать свое собственное значение уставки, то есть SP\_OP, например, для проверки достижения цели при работе с РГ/ПК, на котором установлена утилита конфигурирования (см. Рис.4-15)

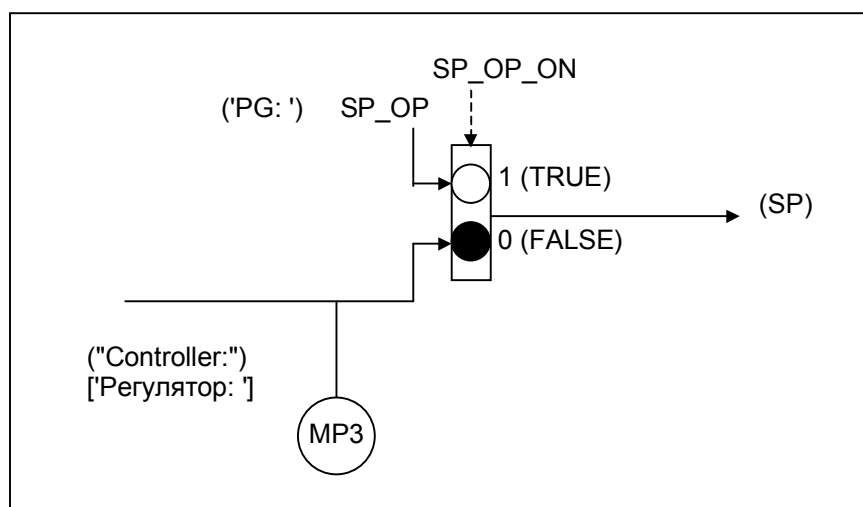


Рис.4-15 Подключение к цепям уставки с использованием утилиты конфигурирования.

Одно из трех полей (помеченных **setpoint (уставка)**) в утилите **loop monitor** (Монитор регулятора). Здесь уставка подключается к контрольной точке MP3 с пометкой "Controller:" ("Регулятор:"). Вход с пометкой "PG:" используется для отображения и изменения параметра SP\_OP.

##### Переключение уставки с помощью утилиты конфигурирования

Если переключатель в утилите конфигурирования стоит в позиции "PG", сигнал переключения переключателя структуры установлен в TRUE (ИСТИНА) и SP\_OP поступает в FB регулятора в качестве уставки.

Если активирована функция ограничения скорости изменения сигнала SP\_ROC в цепи уставки, то Вы можете переключаться между "PG" и "Controller:" ("Регулятор:") без внезапных скачков в уровне уставки. Величина сигнала из точки MP3 может быть проконтролирована в поле отображения утилиты Loop Monitor (Монитор регулятора). Затем этот сигнал посредством функции Ramp ("Пила") (SP\_ROC) преобразуется в SP.

Тем не менее, все эти манипуляции сигналами в цепях уставки оказывают влияние на процесс, если Вы передадите их в PLC, нажав кнопку "Send" ("Переслать") в интерфейсе утилиты Loop Monitor (Монитор регулятора).

## 4.2 Обработка сигнала в цепях переменной процесса

### 4.2.1 Нормализация сигнала переменной процесса

#### Применение

Функция "Normalization in the process variable" ("Нормализация переменной процесса") используется для нормализации входного значения PV\_PER или PV\_IN в физические единицы переменной процесса.

#### Функция PV\_NORM

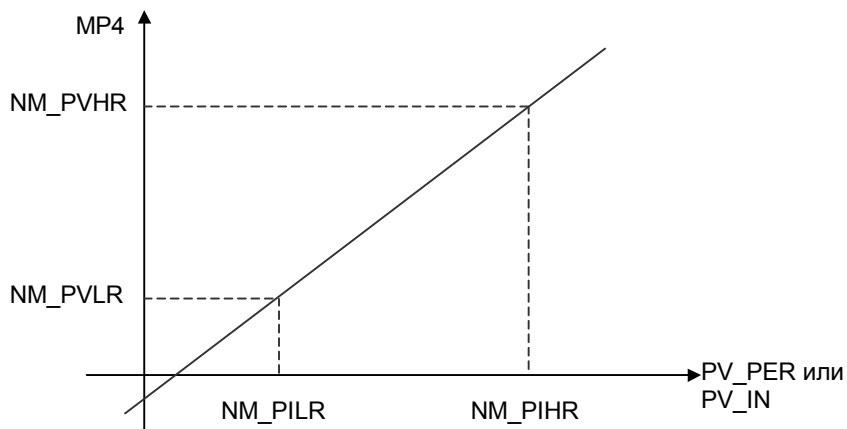
Функция PV\_NORM служит для нормализации входного аналогового сигнала. Переключатель PVPER\_ON используется для определения входной переменной, которую необходимо нормализовать:

- PVPER\_ON = TRUE (ИСТИНА): входная переменная является переменной процесса I/O PV\_PER
- PVPER\_ON = FALSE (ЛОЖЬ): входная переменная является переменной процесса PV\_IN

Входная переменная преобразуется в выходную переменную MP4 посредством прямолинейного графика нормализации – графика преобразования. С помощью утилиты конфигурирования можно получить доступ к контрольной точке MP4 (см. Рис.2-13).

Для определения графика преобразования функции нормализации должны быть заданы 4 параметра:

- верхняя граница входного сигнала PV\_PER или PV\_IN: NM\_PIHR;
- нижняя граница входного сигнала PV\_PER или PV\_IN: NM\_PILR;
- верхняя граница входного сигнала MP4: NM\_PVHR;
- нижняя граница входного сигнала MP4: NM\_PVLR.



Выходное значение MP4 рассчитывается исходя из входного значения PV\_PER или PV\_IN по следующей формуле:

$$MP4 = (PV\_PER - NM\_PILR) \times (NM\_PVHR - NM\_PVLR) / (NM\_PIHR - NM\_PILR) + NM\_PVLR$$

или

$$MP4 = (PV\_IN - NM\_PILR) \times (NM\_PVHR - NM\_PVLR) / (NM\_PIHR - NM\_PILR) + NM\_PVLR$$

Тем не менее, функция не ограничивает значения и не проверяет параметры. Если Вы введете одинаковые значения для NM\_PIHR и NM\_PILR, возникнет ситуация деления на 0 в вышеуказанных формулах, что приведет к ошибке. Функциональный блок не исправляет эту ошибку!

Нормализация переменной процесса от системы I/O (входов/выходов)

Ввод верхней и нижней границы для входных значений возможно выполнить с помощью интерфейса пользователя утилиты конфигурации.

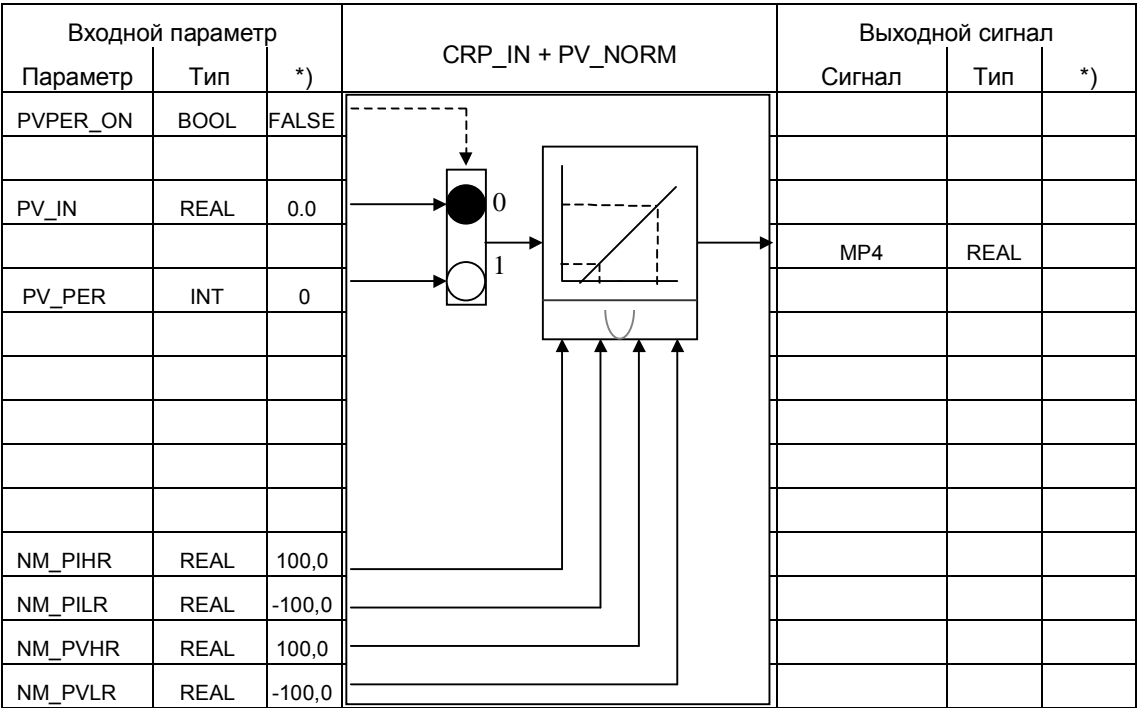
Верхний предел номинальных значений для напряжения, тока и сопротивления в диапазоне измерения параметра PV\_PER на входе системы I/O всегда соответствует десятичному числу 27648, нижний предел соответствует 0 или -27648.

Для модулей измерения температуры верхний предел диапазона номинальных значений является переменной. Подробная информация изложена в соответствующих описаниях модулей.

Параметры функций

**CRP\_IN и PV\_NORM** Значение PV\_PER с периферийного входа подключается к цепи переменной процесса, когда установлен PVPER\_ON = TRUE (ИСТИНА). Нормализация периферийной переменной процесса можно отслеживать в контрольной точке MP4 (Рис.2-13).

Параметр	Значение	Допустимые значения
PV_PER	Переменная процесса в формате периферии.	
NM_PIHR	Верхний предел входного значения	Технический диапазон значений
NM_PILR	Нижний предел входного значения	Технический диапазон значений
NM_PVHR	Верхний предел выходного значения MP4:	Технический диапазон значений (в физических единицах или, если включена функция извлечения корня, то безразмерные величины)
NM_PVLR	Нижний предел выходного значения MP4:	Технический диапазон значений (в физических единицах или, если включена функция извлечения корня, то безразмерные величины)



\*) назначение при создании экземпляра DB

Рис. 4-16 Функции и параметры для нормализации физической переменной процесса

## 4.2.2 Демпфирование переменной процесса (LAG1ST)

### Применение

Функция LAG1ST используется как элемент задержки в цепях переменной процесса. Может использоваться для подавления помех.

### Функция LAG1ST

Включением временной задержки высокочастотные колебания переменной процесса могут быть подавлены так, что они будут исключены при обработке согласно алгоритму управления, в частности, чтобы избежать дифференциального эффекта. Количественно демпфирование сигнала определяется постоянной времени PV\_TMLAG.

Эффект демпфирования достигается с помощью алгоритма временной задержки первого порядка.

Передаточная функция для преобразования Лапласа:

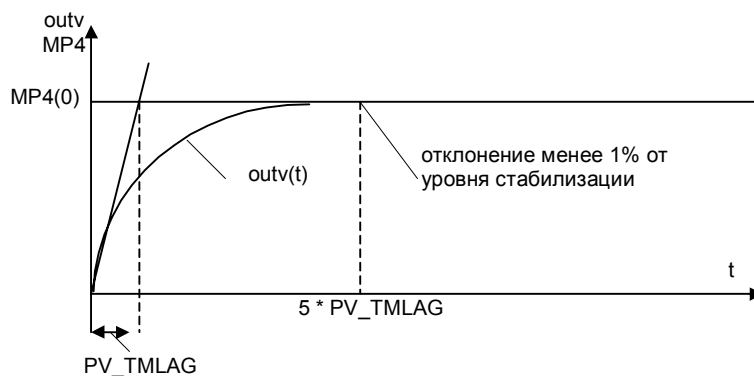
$$\frac{\text{outv}(s)}{\text{MP4}(s)} = \frac{1}{(1 + \text{PV\_TMLAG} * s)} \quad \text{где } s - \text{оператор Лапласа}$$

Переходная характеристика во временной области:

$$\text{outv}(t) = \text{MP4}(0) (1 - e^{-t/\text{PV\_TMLAG}})$$

где:

- MP4(0) - величина скачка переменной процесса на входе;
- outv(t) - выходное значение;
- PV\_TMLAG - постоянная времени задержки;
- t - время.



### Условия для назначения параметров задержки.

Если  $\text{PV\_TMLAG} \leq 0,5 * \text{CYCLE}$ , то нет эффекта

Необходимо выбирать время дискретизации (CYCLE) меньшее, чем пятая часть времени задержки, чтобы приблизиться к аналоговой характеристике.

### Параметры функции LAG1ST

Выходное значение `outv` является неявным параметром и доступно для контроля с помощью утилиты конфигурации в контрольной точке MP5 (Рис.2-13).

Если LAG1STON = FALSE (ЛОЖЬ), периферийный вход PV\_PER или внутренний вход PV\_IN подключается к цепям переменной процесса без задержки времени (этот режим установлен по умолчанию).

Параметр	Значение	Допустимые значения
PV_TMLAG	Задержка времени переменной процесса.	Весь диапазон значений

Входной параметр			LAG1ST	Выходной сигнал			
Параметр	Тип	*)		Сигнал	Тип	*)	
LAG1ST_ON	BOOL	FALSE					
MP4	REAL	0.0			MP5	REAL	0.0
PV_TMLAG	TIME	T#5s					

\* ) назначение при создании экземпляра DB

Рис. 4-17 Функция сглаживания переменной процесса

### 4.2.3 Функция извлечения квадратного корня (SQRT)

#### Применение

Функция SQRT используется как элемент линеаризации в цепях переменной процесса в случаях, когда сигнал от датчика, формирующего эту переменную, представляет собой физическое значение, имеющее квадратичную зависимость от измеряемой переменной процесса. Поэтому перед дальнейшей обработкой в регуляторе такой сигнал должен пройти линеаризацию с помощью функции извлечения квадратного корня.

Также процедуру линеаризации должен проходить сигнал, если измерения расхода жидкости выполняются с помощью диафрагм или трубок Вентури. При этом измеренный перепад давления (рабочее давление) пропорционален квадрату величины потока.

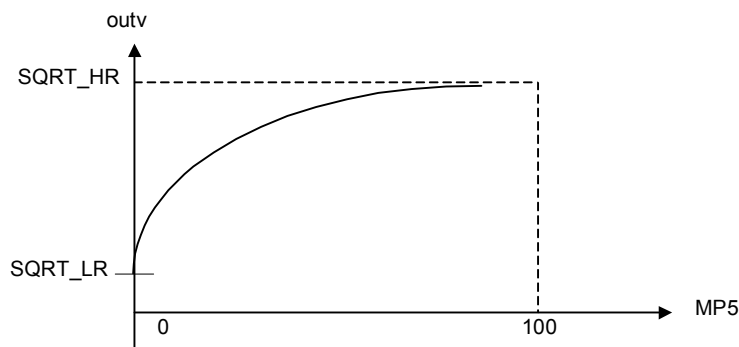
#### Функция SQRT

Если сигнал на входе SQRT\_ON установлен в TRUE (ИСТИНА), функция SQRT в цепи переменной процесса включена. Формула алгоритма извлечения корня:

$$\text{outv} = \text{SQRT}(\text{MP5}) \times (\text{SQRT\_HR} - \text{SQRT\_LR}) / 10.0 + \text{SQRT\_LR}$$

Данная формула требует, чтобы входные значения с квадратичной характеристикой изменения были нормализованы к численному диапазону 0...100. Параметры NM\_PVHR и NM\_PVLR функции нормализации в цепях переменной процесса должны, следовательно, быть сконфигурированы как 100,0 и 0,0.

Результат обработки функцией извлечения квадратного корня для этих граничных значений будет в диапазоне 0...10,0. Параметры нормализации SQRT\_HR и SQRT\_LR используются для нормализации сигнала – перевода его из этого численного диапазона в диапазон реальных физических значений: (SQRT\_LR ... SQRT\_HR).



#### Пример нормализации

Пусть входное значение PV\_IN регулятора будет рабочим давлением в миллибарах (мбар):

Начало диапазона измерения NM_PILR	Конец диапазона измерения NM_PIHR	Значение-пример для PV_IN
20,0 мбар	200,0 мбар	150,0 мбар

С помощью функции нормализации PV\_NORM рассчитывается рабочее давление, при этом NM\_PVHR = 100.0, а NM\_PVLR = 0.0:

$$\begin{aligned} MP4 &= (PV\_IN - NM\_PILR) * (NM\_PVHR - NM\_PVLR) / (NM\_PIHR - NM\_PILR) + NM\_PVLR \\ &= (PV\_IN - 20.0 \text{ мбар}) * (100.0 - 0.0) / (200.0 \text{ мбар} - 20.0 \text{ мбар}) + 0.0 \\ &= (PV\_IN - 20.0 \text{ мбар}) * 100 / 180.0 \text{ мбар} \end{aligned}$$

Начальное значение MP4	Конечное значение MP4	Значение-пример для MP4
0,0	100,0	72,222

В данном примере не используется функция сглаживания, поэтому: MP5 = MP4.

Это приводит к следующим результатам при обработке функцией извлечения корня для нормализованных значений разности давлений (MP5).

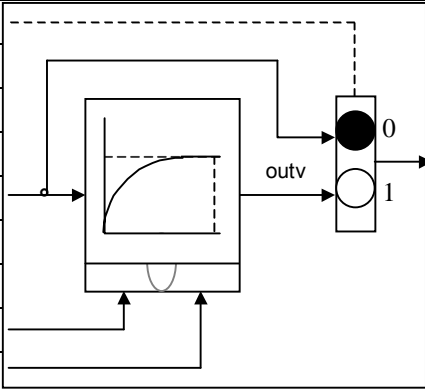
Начальное значение после функции SQRT	Конечное значение после функции SQRT	Значение-пример для после функции SQRT
0,0	10,0	8,498

Это приводит к следующему уравнению при обработке функцией извлечения корня с нормализацией выходного значения (переводом в диапазон физических величин) с SQRT\_HR = 20000,0 м<sup>3</sup>/час и SQRT\_LR = 0,0 м<sup>3</sup>/час:

$$\begin{aligned} outv &= SQRT(MP5) * (SQRT\_HR - SQRT\_LR) / 10,0 + SQRT\_LR \\ &= SQRT(MP5) * (20000,0 \text{ м}^3/\text{час} - 0,0 \text{ м}^3/\text{час}) / 10,0 + 0,0 \text{ м}^3/\text{час} \\ &= 2000,0 \text{ м}^3/\text{час} * SQRT(MP5). \end{aligned}$$

Начало диапазона измерения outv	Конец диапазона измерения outv	Значение-пример для outv
0,0 м <sup>3</sup> /час	20000,0 м <sup>3</sup> /час	16996,732 м <sup>3</sup> /час

Выходной параметр outv является неявным параметром и не доступен для контроля с утилиты конфигурации (Рис.2-13).

Входной параметр			SQRT			Выходной сигнал		
Параметр	Тип	*)				Сигнал	Тип	*)
SQRT_ON	BOOL	FALSE						
(MP5)	REAL	0.0				(PVFC_IN)	REAL	0.0
SQRT_HR	REAL	100,0						
SQRT_LR	REAL	0,0						

\*) назначение при создании экземпляра DB

Рис. 4-18 Функции и параметры функции SQRT для сигналов переменной процесса



#### 4.2.4 Вызов FC в цепях переменной процесса

##### Применение

С помощью включения определенного пользователем блока FC в цепь переменной процесса сигнал переменной процесса может быть предварительно обработан (например функциями задержки или линеаризации) перед тем, как он будет отправлен для дальнейшей обработки в регуляторе (Рис.2-13).

##### Функция PVFC

Включением функции PVFC с помощью входа управления (PVFC\_ON = TRUE (ИСТИНА)), может быть вызвана определенная пользователем функция FC. Число функций, которое необходимо использовать, вводится с помощью параметра PVFC\_NBR. Регулятор вызывает FC пользователя. Существующие входные/выходные параметры пользовательской функции FC не задействованы. Поэтому Вы должны запрограммировать передачу данных с использованием редактора S7 STL в FC. Пример такой программы приведен ниже:

STL	Explanation
<hr/>	
FUNCTION "User FC"	
VAR_TEMP	
INV:REAL;	
OUTV:REAL;	
END_VAR	
BEGIN	
L "Controller DB".PVFC_IN	
T #INV	
	//User function OUTV=f(INV)
L #OUTV	
T "Controller DB".PVFC_OUT	
END_FUNCTION	

Значение сигнала SPFC\_ON определяет, подключается ли в данной точке канала переменной процесса запрограммированная пользователем функция в виде стандартного FC (например, характеристическая кривая) или переменная процесса не подвергается здесь обработке.

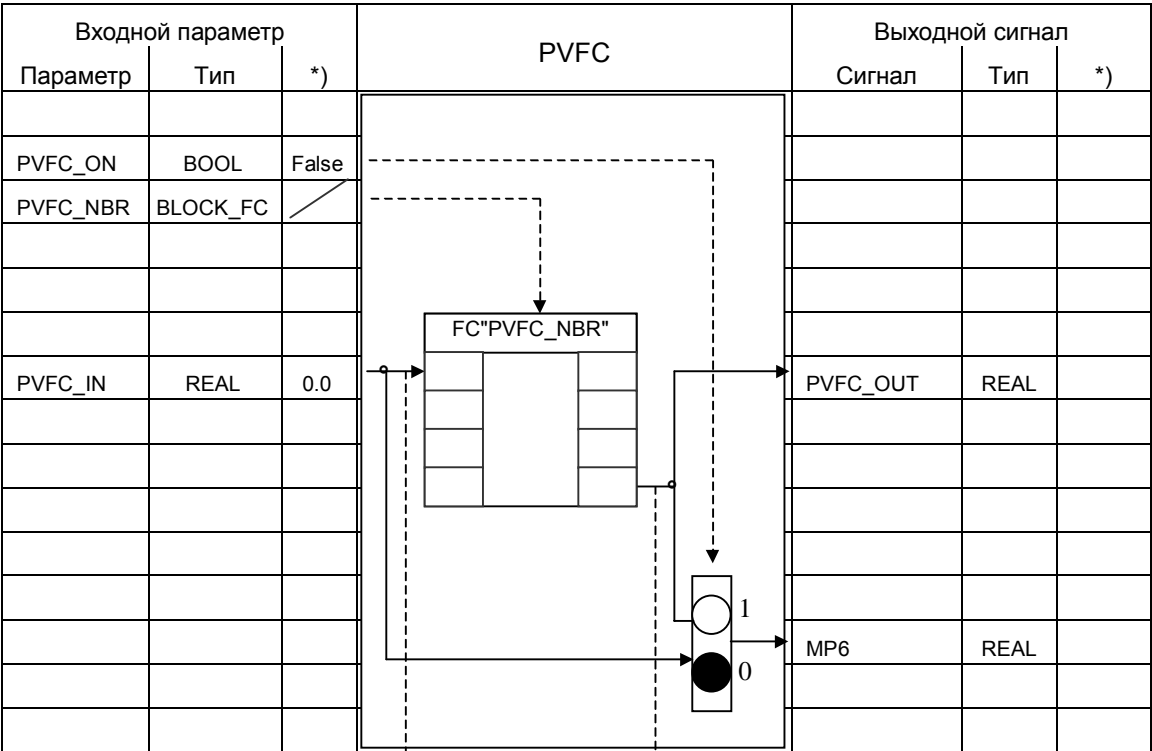
##### Примечание



Блок не проверяет, существует ли FC. Если FC не существует, то процессор переходит в режим STOP по причине внутренней системной ошибки.

Параметры функции PVFC

Входное значение PVFC\_IN является неявным параметром. Он не может быть проконтролирован с помощью утилиты конфигурирования. Выходное значение доступно для контроля в контрольной точке MP6 (Рис.2-13).  
Вход PVFC\_IN включается в цепь переменной процесса при задании (по умолчанию) PVFC\_ON = FALSE (ЛОЖЬ).



Подключение должно быть запрограммировано в FC пользователя

\*) назначение при создании экземпляра DB

Рис. 4-19 Вызов FC блока в цепи переменной процесса

#### 4.2.5 Контроль предельных значений переменной процесса (PV\_ALARM)

##### Применение

Чтобы избежать опасных или недопустимых состояний процесса (например, при уровнях скорости вращения вала двигателя, при значениях давления, уровня, температуры и т.д., имеющих значения выше или ниже критических уровней для этих параметров) используется функция PV\_ALARM, которая позволяет контролировать изменения переменной процесса. Функция определяет, что произошло нарушение граничного значения и сигнализирует, чтобы вызвать соответствующую реакцию.

##### Функция PV\_ALARM

Функция PV\_ALARM отслеживает состояние сигнала относительно четырех выбираемых граничных значений в двух контролируемых диапазонах для переменной процесса PV(t). Если достигаются или нарушаются границы внутреннего диапазона для PV(t), то функция выдает сигнал предупреждения, а если достигаются или нарушаются границы внешнего диапазона для PV(t), то функция выдает сигнал тревоги.

Численные значения этих пределов устанавливаются во входных параметрах для "Warning" ("Предупреждение") и "Alarm" ("Тревога") (Рис. 4-20). Если переменная процесса (PV) нарушает эти границы, это отображается на соответствующих сигнальных выходах QPVH\_ALM, QPVH\_WRN, QPVL\_WRN и QPVL\_ALM: сигнальные биты будут установлены (Рис.4-21).

Для предотвращения "дребезга" в сигнальных битах из-за малых флуктуаций входного сигнала или погрешностей округления предназначен гистерезис PV\_HYS.

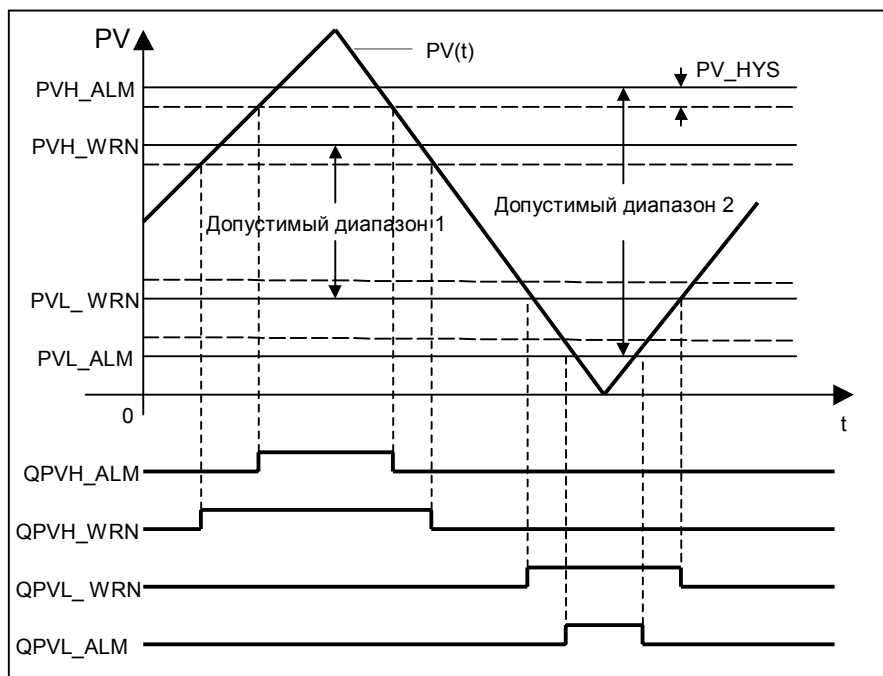


Рис.4-20 Контроль предельных значений переменной процесса PV

**Запуск и режимы работы**

В случае полного перезапуска все сигнальные выходы устанавливаются в 0.

Индикация состояния сигнала PV на сигнальных выходах в таблице:

QPVH_ALM	QPVH_WRN	QPVL_WRN	QPVL_ALM	когда:	и:
TRUE (ИСТИНА)	TRUE (ИСТИНА)	FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)	PV ↑ PV ↓	$PV \geq PVH\_ALM$ $PV \geq PVH\_ALM - PV\_HYS$
FALSE (ЛОЖЬ)	TRUE (ИСТИНА)	FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)	PV ↑ PV ↓	$PV \geq PVH\_WRN$ $PV \geq PVH\_WRN - PV\_HYS$
FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)	TRUE (ИСТИНА)	FALSE (ЛОЖЬ)	PV ↑ PV ↓	$PV \leq PVL\_WRN$ $PV \leq PVL\_WRN + PV\_HYS$
FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)	TRUE (ИСТИНА)	TRUE (ИСТИНА)	PV ↑ PV ↓	$PV \leq PVL\_ALM$ $PV \leq PVL\_ALM + PV\_HYS$

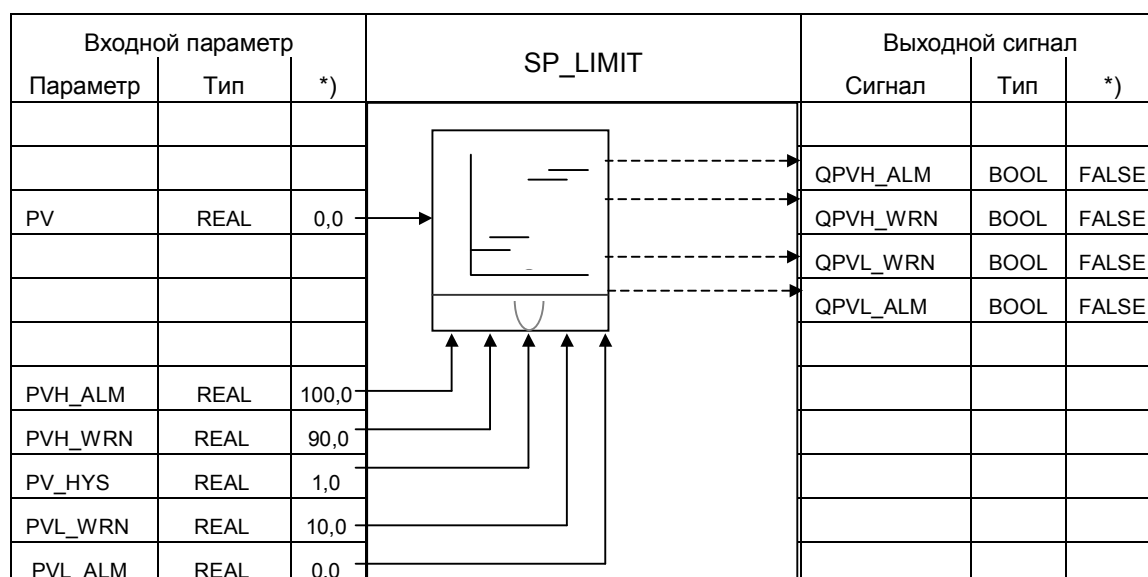
Условие правильной работы функции:

$$PVL\_ALM < PVL\_WRN < PVH\_WRN < PVH\_ALM$$

**Параметры****функции PV\_ALARM**

Функцию PV\_ALARM нельзя выключить. При конфигурировании регулятора Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление) убедитесь, что Вы правильно назначили граничные значения для данной функции. Иначе нарушение граничных значений переменной процесса будет контролироваться по параметрам, заданным по умолчанию (Рис.4-21).

Параметр	Значение	Допустимые значения
PVH_ALM	Верхняя граница PV ("тревога")	технич. диапазон значений
PVH_WRN	Верхняя граница PV ("предупр.")	технич. диапазон значений
PVL_ALM	Нижняя граница PV ("тревога")	технич. диапазон значений
PVL_WRN	Нижняя граница PV ("предупр.")	технич. диапазон значений
PV_HYS	Гистерезис PV	$\geq 0 \%$



\*) назначение при создании экземпляра DB

Рис. 4-21 Функции и параметры для функции ограничения абсолютных значений PV.

#### 4.2.6 Контроль скорости изменения значений переменной процесса (ROCALARM)

##### Применение

Если скорость изменения уровня переменной процесса слишком велика (например, скорость изменения числа оборотов двигателя, значений давления, уровня, температуры и т.д.), то возможно наступление опасных или недопустимых состояний процесса. Для предотвращения таких ситуаций используется функция ROCALARM, которая позволяет контролировать скорость изменения переменной процесса. Функция определяет, что произошло нарушение граничного значения и сигнализирует, чтобы вызвать соответствующую реакцию.

##### Функция ROCALARM

Функция ROCALARM отслеживает скорость изменения переменной процесса  $PV(t)$ . Контроль производится отдельно для скорости возрастания, скорости убывания уровня  $PV(t)$  в поддиапазонах отрицательных и положительных значений  $PV$ . Скорость изменения параметра измеряется в процентах (%) в секунду.

Если скорость изменения переменной процесса превышает заданные граничные значения, это отображается на соответствующих сигнальных выходах QPVURLMP, QPVDRLMP, QPVURLMN, QPVDRLMN: сигнальные биты будут установлены (Рис.4-22, 4-23).

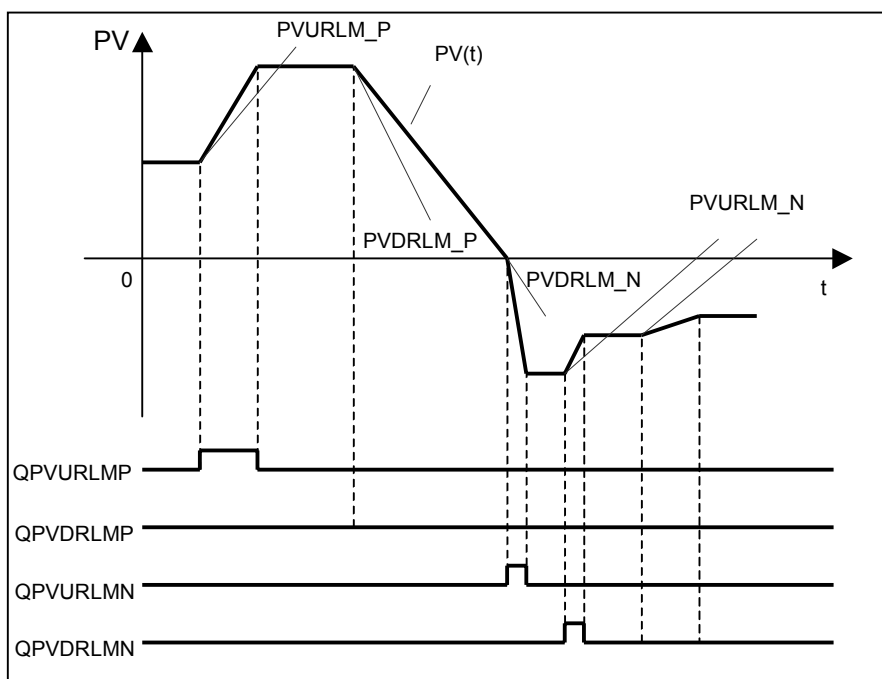


Рис.4-22 Контроль скорости изменения величины переменной процесса PV

Соответствие участков рабочего диапазона PV параметрам функции показано в таблице:

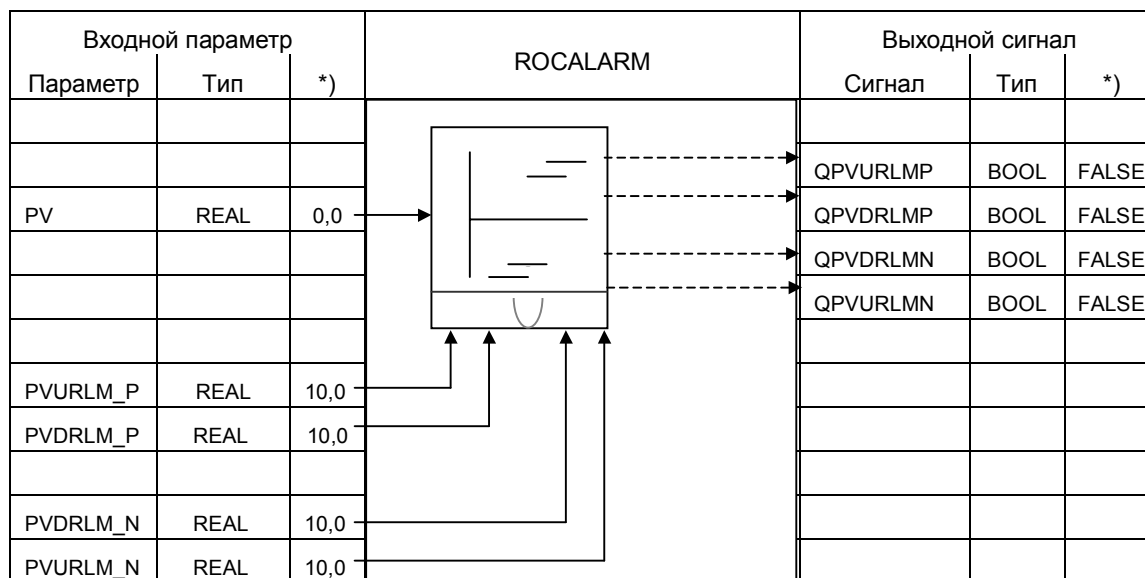
Параметр	Изменение PV
PVURLM_P	PV > 0 и  PV  возрастает
PVDRLM_P	PV > 0 и  PV  уменьшается
PVURLM_N	PV < 0 и  PV  возрастает
PVDRLM_N	PV < 0 и  PV  уменьшается

### Параметры функции ROCALARM

Функцию ROCALARM нельзя выключить. При конфигурировании регулятора Standard PID Controller (Стандартное ПИД-управление) убедитесь, что Вы правильно назначили граничные значения для данной функции. Иначе нарушение граничных значений переменной процесса будет контролироваться по параметрам, заданным по умолчанию (Рис.4-23).

Параметр	Значение	Допустимые значения
PVURLM_P	Скорость возрастания  PV  (при PV > 0)	$\geq 0$ [ /c ]
PVDRLM_P	Скорость убывания  PV  (при PV > 0)	$\geq 0$ [ /c ]
PVURLM_N	Скорость возрастания  PV  (при PV < 0)	$\geq 0$ [ /c ]
PVDRLM_N	Скорость убывания  PV  (при PV < 0)	$\geq 0$ [ /c ]

Скорость изменения всегда вводится положительными значениями



\*) назначение при создании экземпляра DB

Рис. 4-23 Функции и параметры для функции ограничения скорости изменения PV.

#### 4.2.7 Переключение переменной процесса с использованием утилиты конфигурирования

##### Отображение и установка PV с утилитой Loop Monitor (Монитор регулятора)

Утилита конфигурирования имеет свой собственный интерфейс для FB регулятора. Поэтому в любой момент можно разорвать цепь переменной процесса и задать свое собственное значение переменной процесса, то есть PV\_OP, например, для проверки достижения цели при работе с ПГ/ПК, на котором установлена утилита конфигурирования (см. Рис.4-24)

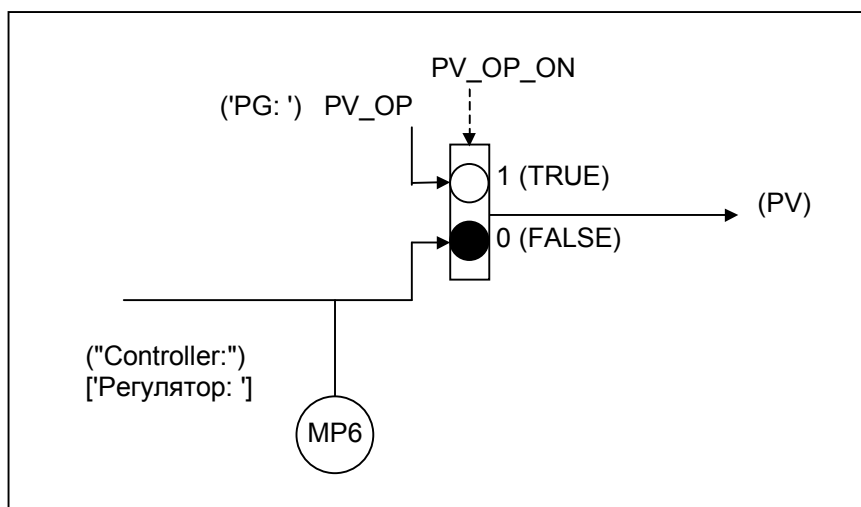


Рис.4-24 Подключение к цепям PV с использованием утилиты конфигурирования.

Одно из трех полей (помеченных **process variable (переменная процесса)**) в утилите **loop monitor** (Монитор регулятора). Здесь переменная процесса подключается к контрольной точке MP6 с пометкой "Controller:" ("Регулятор:"). Вход с пометкой "PG:" используется для отображения и изменения параметра PV\_OP.

##### Переключение переменной процесса с помощью утилиты конфигурирования

Если переключатель в утилите конфигурирования стоит в позиции "PG", сигнал переключения переключателя структуры PVOP\_ON установлен в TRUE (ИСТИНА) и PV\_OP поступает в FB регулятора в качестве переменной процесса.

Величина сигнала из точки MP6 может быть проконтролирована в поле отображения утилиты Loop Monitor (Монитор регулятора) "Controller:" ("Регулятор:"). Затем этот сигнал посредством функции Ramp ("Пила") (SP\_ROC) преобразуется в SP.

Тем не менее, все эти манипуляции сигналами в цепях уставки оказывают влияние на процесс, если Вы передадите их в PLC, нажав кнопку "Send" ("Переслать") в интерфейсе утилиты Loop Monitor (Монитор регулятора).

### 4.3 Обработка сигнала ошибки (рассогласования)

#### 4.3.1 Фильтрация сигнала с помощью DEADBAND функции (функции амплитудного фильтрования)

##### Применение

Если на переменную процесса или сигнал уставки действуют высокочастотные шумы и регулятор настроен оптимально, эти шумы также могут оказывать влияние на выходной сигнал регулятора. Это может привести, например, к большим колебаниям управляющей переменной при активизации Д-компонента. Из-за возросшей частоты переключения (для регулятора пошагового управления) это приведет к быстрому износу и выходу из строя оконечного управляющего элемента.

Функция амплитудного фильтрования уменьшает шумы в составе сигнала рассогласования регулятора при стабильном состоянии процесса и тем самым уменьшает нежелательные колебания выходного сигнала регулятора.

##### Функция DEADBAND (функция амплитудного фильтрования)

Функция DEADBAND (функция амплитудного фильтрования) служит для подавления колебаний сигнала, имеющих малую амплитуду относительно определенной нулевой точки, то есть в определенном диапазоне значений сигнала – диапазоне нечувствительности. Вне этого диапазона сигнал ошибки (рассогласования) увеличивается или уменьшается пропорционально входному сигналу. При этом можно определять ширину диапазона нечувствительности (ширину DEADBAND), используя параметр DEADB\_W. Ширина DEADBAND может принимать только положительные значения.

Если уровень входной переменной внутри диапазона нечувствительности DEADBAND, на выходе функции будет нулевое значение, в нашем случае сигнал рассогласования  $ER = 0$ . Этот сигнал будет принимать ненулевые значения только, если входной сигнал выйдет за пределы диапазона нечувствительности DEADBAND. Функция амплитудного фильтрования DEADBAND искажает входной сигнал, тем не менее, всегда можно найти компромиссное решение, чтобы уйти от шумовых флуктуаций сигнала и уменьшить скачки выходного сигнала на границах диапазона нечувствительности (Рис.4-25). Количественно искажения сигнала связаны с параметром DEADB\_W и могут, следовательно, легко быть проверены.

Функция амплитудного фильтрования DEADBAND работает в соответствии с правилами:

$ ER  = INV + DEADB\_W$ , когда	$inv < -DEADB\_W$
$ ER  = 0$ , когда	$-DEADB\_W \leq inv \leq +DEADB\_W$
$ ER  = INV + DEADB\_W$ , когда	$inv > +DEADB\_W$



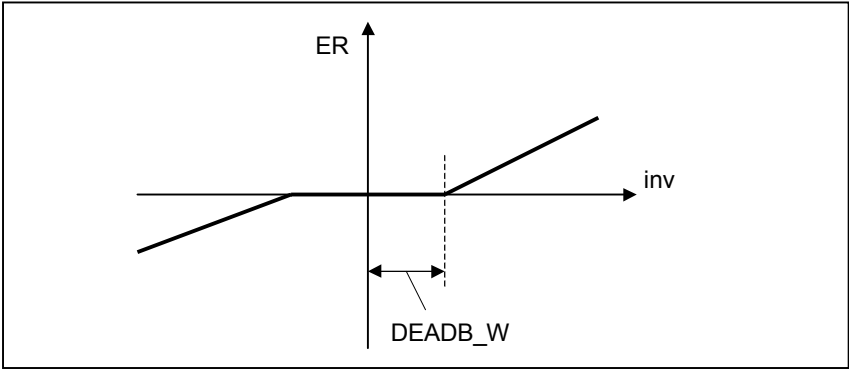


Рис.4-25 Подавление шумов, влияющих на сигнал ошибки (рассогласования) ER, с помощью функции DEADBAND (функция амплитудного фильтрации).

**Параметры  
функции DEADBAND  
(функции  
амплитудного  
фильтрации)**

Функция амплитудного фильтрации DEADBAND не может быть выключена. Фильтрующее воздействие на сигнал может быть проконтролировано с помощью утилиты **curve recorder (запись графиков)** из утилиты конфигурирования (Рис. 2-13).

Параметр DEADB\_W может быть выбран между 0,0 и верхним пределом технического диапазона значений.

Параметр	Значение	Допустимые значения
DEADB_W	Ширина диапазона нечувствительности	0...верхний предел технического диапазона значений

Входной параметр			DEADBAND			Выходной сигнал		
Параметр	Тип	*)				Параметр	Тип	*)
DEADB_ON	BOOL	FALSE						
INV	REAL					ER	REAL	0.0
DEADB_W	REAL	1,0						

\*) назначение при создании экземпляра DB

Рис. 4-26 Функции и параметры функции DEADBAND (функция амплитудного фильтрации) для сигнала рассогласования (ошибки)

### 4.3.2 Контроль предельных значений сигнала ошибки (ER\_ALARM)

#### Применение

Чтобы избежать опасных или недопустимых состояний процесса при чрезмерном отклонении переменной процесса от уровня сигнала уставки используется функция ER\_ALARM, которая позволяет контролировать уровень сигнала ошибки (рассогласования). Функция определяет, что произошло нарушение граничного значения и сигнализирует, чтобы вызвать соответствующую реакцию.

**Функция ER\_ALARM** Функция ER\_ALARM отслеживает состояние сигнала относительно четырех выбираемых граничных значений в двух контролируемых диапазонах для сигнала ошибки ER(t). Если достигаются или нарушаются границы внутреннего диапазона для ER(t), то функция выдает сигнал предупреждения, а если достигаются или нарушаются границы внешнего диапазона для ER(t), то функция выдает сигнал тревоги.

Численные значения этих пределов устанавливаются во входных параметрах для "Warning" ("Предупреждение") и "Alarm" ("Тревога") (Рис. 4-28). Если сигнал ошибки (ER) нарушает эти границы, это отображается на соответствующих сигнальных выходах QERP\_ALM, QERP\_WRN, QERN\_WRN и QERN\_ALM: сигнальные биты будут установлены (Рис.4-21).

Для предотвращения "дребезга" в сигнальных битах из-за малых флуктуаций входного сигнала или погрешностей округления предназначен гистерезис ER\_HYS. Сигнал ошибки должен будет пройти зону гистерезиса, прежде чем о контрольные сигналы будут сброшены.

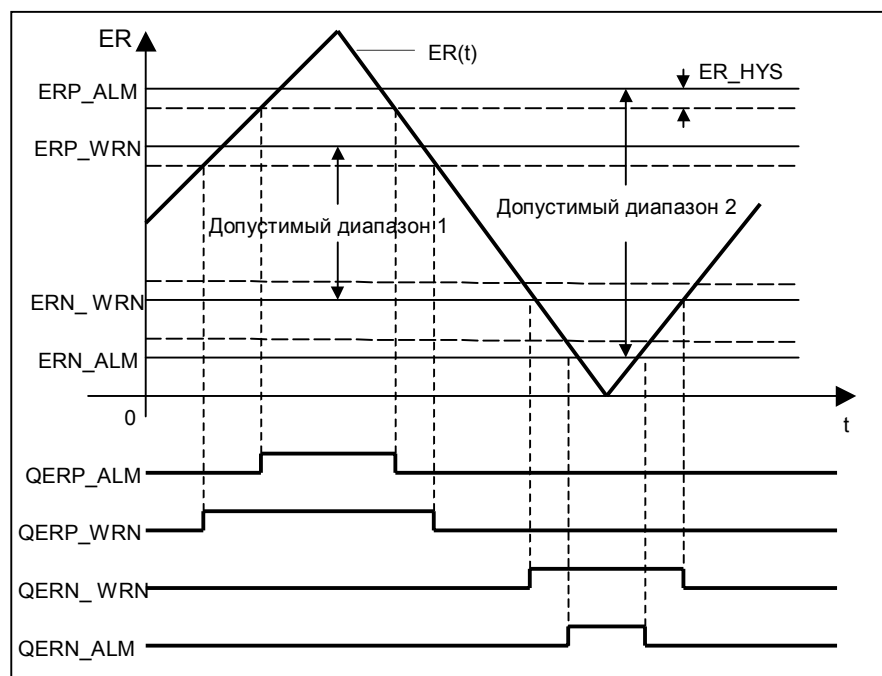


Рис.4-27 Контроль предельных значений сигнала ошибки ER

**Запуск и режимы работы**

При полном перезапуске все сигнальные выходы сбрасываются в 0.

Индикация состояния сигнала ER на сигнальных выходах в таблице:

QPVH _ALM	QPVH _WRN	QPVL _WRN	QPVL _ALM	когда:	и:
TRUE (ИСТИНА)	TRUE (ИСТИНА)	FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)	ER ↑ ER ↓	$ER \geq ERP\_ALM$ $ER \geq ERP\_ALM - ER\_HYS$
FALSE (ЛОЖЬ)	TRUE (ИСТИНА)	FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)	ER ↑ ER ↓	$ER \geq ERP\_WRN$ $ER \geq ERP\_WRN - ER\_HYS$
FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)	TRUE (ИСТИНА)	FALSE (ЛОЖЬ)	ER ↑ ER ↓	$ER \leq ERN\_WRN$ $ER \leq ERN\_WRN + ER\_HYS$
FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)	TRUE (ИСТИНА)	TRUE (ИСТИНА)	ER ↑ ER ↓	$ER \leq ERN\_ALM$ $ER \leq ERN\_ALM + ER\_HYS$

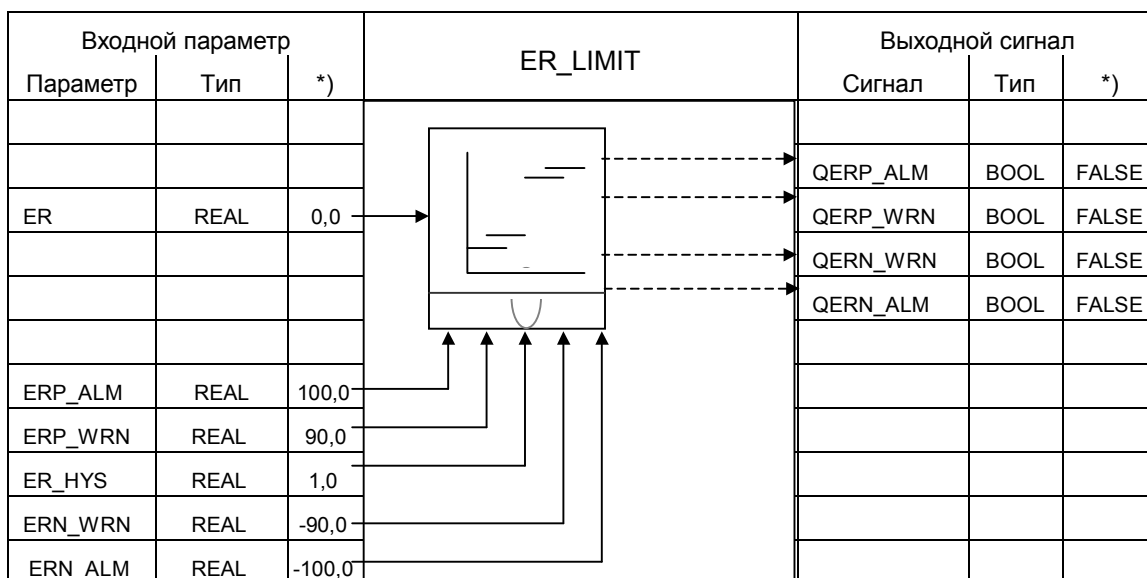
Условие правильной работы функции:

$$ERN\_ALM < ERN\_WRN < ERP\_WRN < ERP\_ALM$$

**Параметры функции ER\_ALARM**

Функцию ER\_ALARM нельзя выключить. При конфигурировании регулятора Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление) убедитесь, что Вы правильно назначили граничные значения для данной функции. Иначе нарушение граничных значений переменной процесса будет контролироваться по параметрам, заданным по умолчанию (Рис.4-28).

Параметр	Значение	Допустимые значения
ERP_ALM	Верхняя граница ER ("тревога")	$\geq 0$ , технический диапазон
ERP_WRN	Верхняя граница ER ("предупр.")	$\geq 0$ , технический диапазон
ERN_WRN	Нижняя граница ER ("предупр.")	$\leq 0$ , технический диапазон
ERN_ALM	Нижняя граница ER ("тревога")	$\leq 0$ , технический диапазон
ER_HYS	Гистерезис ER	$\geq 0\%$



\*) назначение при создании экземпляра DB

Рис. 4-28 Функции и параметры для функции ограничения абсолютных значений ER.

## 4.4 Функции ПИД- (PID-) регулятора

### Нормализация входных сигналов ER и PV

Входные переменные ER и PV ПИД-регулятора должны быть нормализованы перед дальнейшей обработкой к диапазону 0...100 согласно следующим соотношениям:

- Если функция извлечения корня выключена (SQRT\_ON = FALSE (ЛОЖЬ)):

$$ER_{\text{норм}} = ER * 100.0 / (NM\_PVHR - NM\_PVLR)$$

$$PV_{\text{норм}} = (PV - NM\_PVLR) * 100.0 / (NM\_PVHR - NM\_PVLR)$$

- Если функция извлечения корня включена (SQRT\_ON = TRUE (ИСТИНА)):

$$ER_{\text{норм}} = ER * 100.0 / (SQRT\_HR - SQRT\_LR)$$

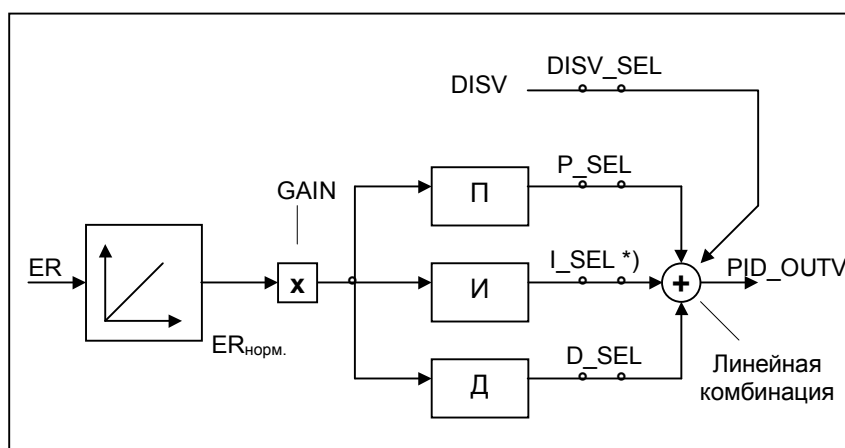
$$PV_{\text{норм}} = (PV - SQRT\_LR) * 100.0 / (SQRT\_HR - SQRT\_LR)$$

При выполнении нормализации коэффициент усиления GAIN ПИД-регулятора может быть задан без учета размерностей. Если единицы измерения верхнего и нижнего пределов физического диапазона изменяются, например, с единиц давления бар на мбар, коэффициент усиления GAIN не должен изменяться.

Нормализованные входные значения  $ER_{\text{норм}}$  и  $PV_{\text{норм}}$  нельзя контролировать.

### Алгоритм управления и структура регулятора

Внутри цикла рассчитывается управляющая переменная регулятора последовательного управления исходя из сигнала ошибки (рассогласования) согласно ПИД-алгоритму. Конструкция регулятора представляет собой параллельную структуру (Рис. 4-29). Компоненты управления – пропорциональный (П-), интегральный (И-) и дифференциальный (Д-) могут быть выключены независимо.



\*) I\_SEL и LMNR\_ON в регуляторе пошагового управления (Step Controller) (PID\_ES)

Рис. 4-29 Алгоритм управления параллельной структуры стандартного регулятора Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление).

**Управление с предсказанием состояния:**

Помеха DISV может также быть подана на сигнальный выход PID\_OUTV регулятора. Эта функция включается или выключается в диалоговом окне PID утилиты конфигурирования с помощью переключателя структуры DISV\_SEL или с помощью "Disturbance Variable On" ("Включение переменной помехи").

**Регулятор с ПД-компонентами в цепи обратной связи:**

В параллельной структуре регулятора каждая ветвь управления получает сигнал рассогласования в качестве своего входного сигнала. В данной структуре ступенчатые изменения уровня сигнала уставки непосредственно воздействуют на регулятор. Управляющая переменная мгновенно реагирует на скачки сигнала уставки благодаря П- и Д-компонентам.

Проектируя регулятор несколько иначе, так, что П- и Д-компоненты будут включены в цепь обратной связи, можно избежать резких изменений уровня управляющей переменной под воздействием скачкообразных изменений сигнала уставки (Рис. 4-30). При использовании такой структуры И-контур регулятора обрабатывает сигнал рассогласования как входной сигнал и только сигнал ошибки со знаком минус (коэффициент = -1) подается в П- и Д-контур.

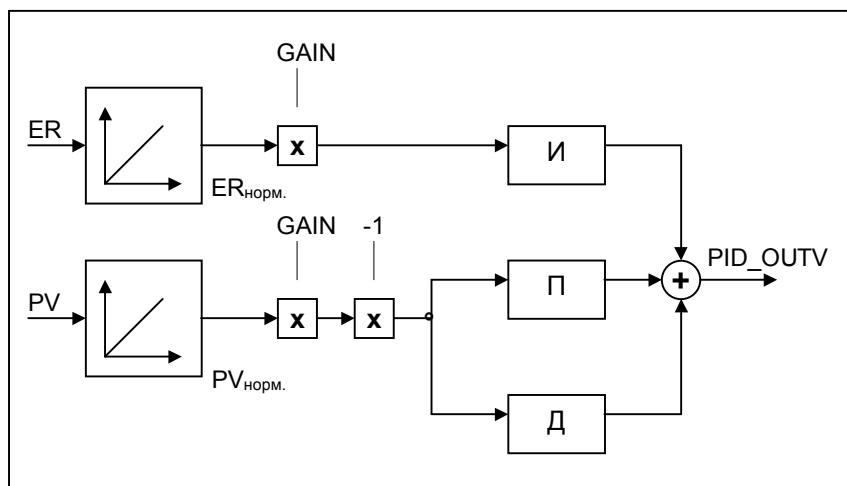


Рис. 4-30 Алгоритм управления с П- и Д-компонентами в цепи ОС

### Определение структуры регулятора

Для выбора эффективной структуры регулирования служат пять переключателей структуры (таблица 4-3). Установка переключателей в нужное положение производится с помощью утилиты конфигурирования выбором П-, И- и Д- компонентов в контурах управления и выбором П- и Д- компонентов в цепи обратной связи (ОС). Эта процедура выполняется после выбора блока управления ПИД (блок-схема) в рабочем окне "PID" ("ПИД").

Таблица 4-3 Выбор структуры регулятора

Режим \ Переключатель	P_SEL	I_SEL *)	D_SEL	PFDB_SEL	DFDB_SEL
П- регулятор	TRUE ИСТИНА	FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)
П- регулятор (П- в ОС)	TRUE ИСТИНА	FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)	TRUE ИСТИНА	FALSE (ЛОЖЬ)
ПИ- регулятор	TRUE ИСТИНА	TRUE ИСТИНА	FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)
ПИ- регулятор (П- в ОС)	TRUE ИСТИНА	TRUE ИСТИНА	FALSE (ЛОЖЬ)	TRUE ИСТИНА	FALSE (ЛОЖЬ)
ПД- регулятор	TRUE ИСТИНА	FALSE (ЛОЖЬ)	TRUE ИСТИНА	FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)
ПД- регулятор (П- в ОС)	TRUE ИСТИНА	FALSE (ЛОЖЬ)	TRUE ИСТИНА	FALSE (ЛОЖЬ)	TRUE ИСТИНА
ПИД- регулятор	TRUE ИСТИНА	TRUE ИСТИНА	TRUE ИСТИНА	FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)
ПИД- регулятор (П/Д- в ОС)	TRUE ИСТИНА	TRUE ИСТИНА	TRUE ИСТИНА	FALSE (ЛОЖЬ)	TRUE ИСТИНА

\*) для регулятора пошагового управления без сигнала позиционной ОС (PID\_ES с LMNR\_ON = FALSE (ЛОЖЬ)) И-компонент в ПИД-алгоритме выключен.

### Реверсирование функций управления

Существует возможность реверсирования (обращения) функций регулятора, т.е., возможен переход от схемы, в которой:

при возрастании уровня переменной процесса  $PV(t)$  происходит падение уровня управляющей переменной  $PID\_OUTV(t)$ ;

к схеме, в которой

при возрастании уровня переменной процесса  $PV(t)$  происходит возрастание уровня управляющей переменной  $PID\_OUTV(t)$ ;

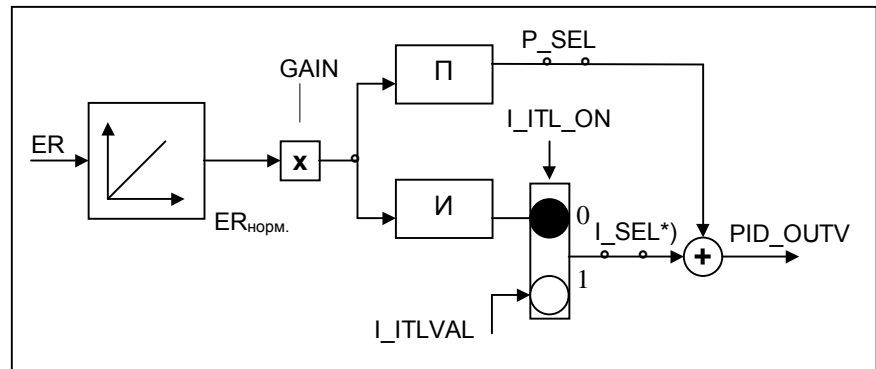
путем установки отрицательного коэффициента усиления для параметра GAIN.

Знак этого параметра влияет на направление изменения управляющего сигнала регулятора последовательного действия.

### П-регулятор

В П-регуляторе И- и Д- компоненты выключены ( $I\_SEL$  и  $D\_SEL$  = FALSE (ЛОЖЬ)). Это означает, что если сигнал рассогласования  $ER$  равен 0, то выходной сигнал  $OUTV$  также равен 0. Если рабочая точка не должна быть равна 0, другими словами, численное ненулевое значение выходного сигнала должно соответствовать нулевому сигналу рассогласования, должен быть активизирован И-компонент регулятора (Рис.4-31).

При активном И-компоненте ненулевая рабочая точка может быть определена для П-регулятора установкой начального значения параметра  $I\_ITLVAL$ . Для этого необходимо установить переключатели  $I\_ITL\_ON$  и  $I\_SEL$  в состояние TRUE (ИСТИНА).



\*) I\_SEL и LMNR\_ON: для регулятора пошагового управления (PID\_ES)

Рис. 4-31 П-регулятор; установка рабочей точки.

Переходная характеристика П- регулятора во временной области:

$$PID\_OUTV(t) = I\_ITLVAL + GAIN \cdot ER_{норм.}(t),$$

где:

$PID\_OUTV(t)$  - управляющая переменная для регулятора в автоматическом режиме;  
 $I\_ITLVAL$  - рабочая точка П-регулятора;  
 $GAIN$  - коэффициент усиления;  
 $ER_{норм.}(t)$  - нормализованное значение сигнала ошибки

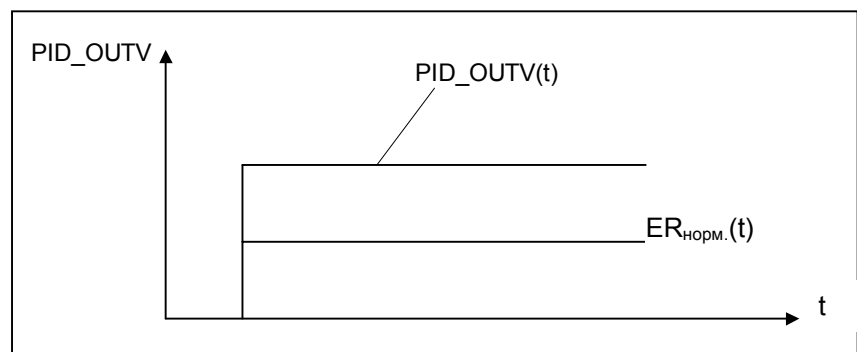


Рис. 4-32 Переходная характеристика П-регулятора

**ПИ- регулятор**

В ПИ-регуляторах Д-компонент исключен ( $D\_SEL = FALSE$  (ЛОЖЬ)). ПИ-регулятор подстраивает выходную переменную  $PID\_OUTV$ , используя И-компонент до тех пор, пока сигнал рассогласования  $ER$  не станет равным 0. Такой алгоритм работает, пока выходная переменная не превысит допустимых пределов для управляющей переменной.

Переходная характеристика во временной области (Рис. 4-33):

$$PID\_OUTV(t) = GAIN \cdot ER_{\text{норм.}}(0) (1 + t/TI),$$

где:

- $PID\_OUTV(t)$  - управляющая переменная для регулятора в автоматическом режиме;  
 $GAIN$  - коэффициент усиления регулятора;  
 $ER_{\text{норм.}}(0)$  - величина скачка сигнала ошибки;  
 $TI$  - постоянная времени (время установления)

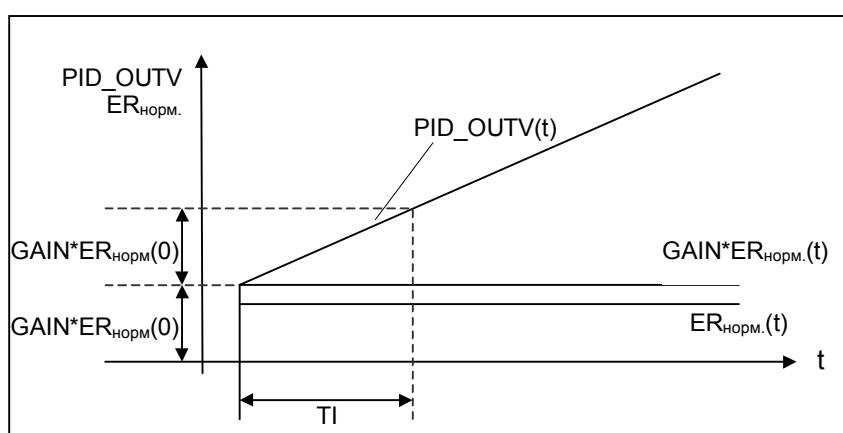
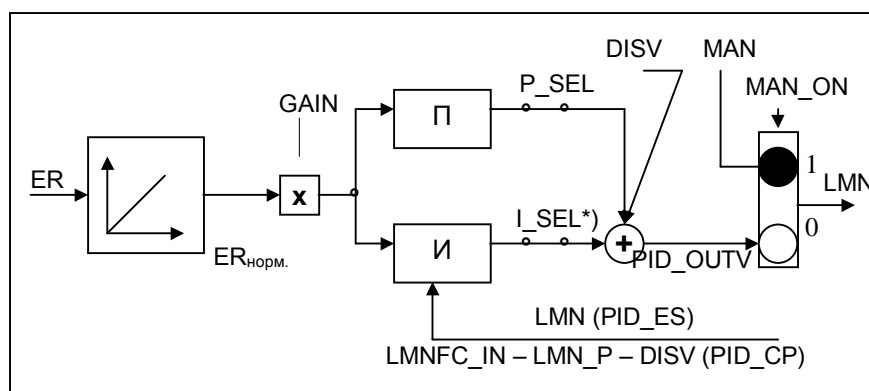


Рис. 4-33 Переходная характеристика ПИ-регулятора

Чтобы получить плавное переключение из ручного режима в автоматический для ПИ-регулятора выходной сигнал:

( $LMNFC\_IN - LMN\_P - DISV$ ) переключается на внутреннюю память интегратора, если управляющая переменная регулировалась в ручном режиме (Рис.4-34). При использовании регулятора пошагового управления с позиционной обратной связью, интегратор учитывает выходной сигнал  $LMN$ .



\*)  $I\_SEL$  и  $LMNR\_ON$ : для регулятора пошагового управления ( $PID\_ES$ )

Рис. 4-34 ПИ-регулятор; плавное переключение из режима "Ручной" в "Автоматический"



Для получения чисто "интегрирующего" регулятора П-компонент может быть исключен из структуры регулятора с помощью переключателя P\_SEL.

### ПД-регулятор

В ПД-регуляторах И-компонент исключен (I\_SEL = FALSE (ЛОЖЬ)). Это значит, что пока сигнал рассогласования ER равен 0, выходной сигнал OUTV также равен 0. Если рабочая точка не должна быть равна 0, другими словами, если численное ненулевое значение выходного сигнала должно соответствовать нулевому сигналу рассогласования, тогда должен быть активизирован И-компонент регулятора (Рис.4-31).

ПД-регулятор преобразует входное значение ER(t) в пропорциональный выходной сигнал с Д-компонентом, полученным дифференцированием значения ER(t), вычисляемого с двойной точностью методом трапеций (аппроксимация Паде).  
Временная характеристика определяется временем дифференцирования (Д-компонента) TD.

Чтобы сгладить сигнал и подавить помехи, в алгоритм обработки Д-компонента вводится временная задержка первого порядка (с корректируемой постоянной времени TM\_LAG). В общем случае достаточно малого значения TM\_LAG для получения хорошего результата. Если  $TM\_LAG \leq 0,5 \cdot CYCLE$ , временная задержка игнорируется.

Переходная характеристика ПД-регулятора во временной области:

$$PID\_OUTV(t) = GAIN \cdot ER_{\text{норм.}}(0) \left( 1 + (TD/TM\_LAG) \cdot e^{-\frac{t}{TM\_LAG}} \right)$$

где:

PID_OUTV(t)	- управляющая переменная для регулятора в автоматическом режиме;
GAIN	- коэффициент усиления;
ER <sub>норм.</sub> (0)	- величина скачка нормализованного сигнала ошибки;
TD	- время дифференцирования
TM_LAG	- временная задержка

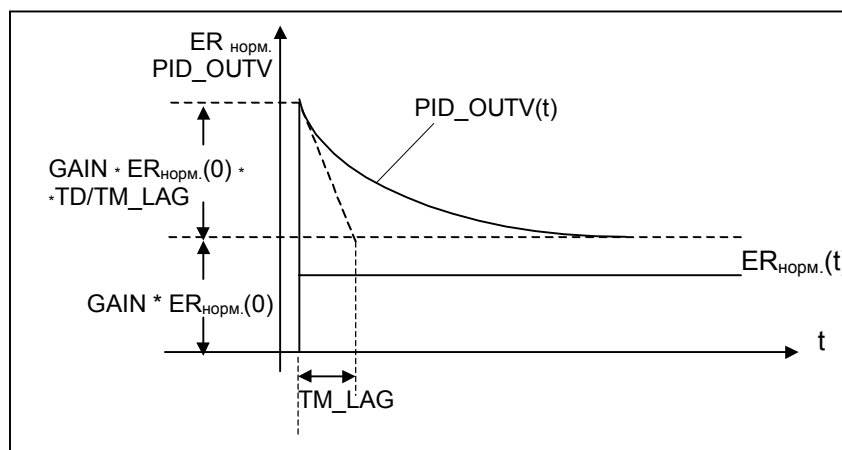


Рис. 4-35 Переходная характеристика ПД-регулятора

## ПИД-регулятор

В ПИД-регуляторах задействованы П-, И- и Д- компоненты (P\_SEL, I\_SEL, D\_SEL = TRUE (ИСТИНА)). ПИД-регулятор подстраивает выходную переменную PID\_OUTV, благодаря И-компоненту, до тех пор, пока сигнал ошибки ER не станет равен 0. Такой алгоритм работает, пока выходная переменная не превысит допустимых пределов для управляющей переменной. Если же управляющая переменная выходит за пределы допустимых значений, действие И-компонента возвращает ее значение на уровень, который был достигнут на момент достижения граничного значения.

ПИД-регулятор преобразует нормализованное входное значение  $ER_{норм.}(t)$  в пропорциональный выходной сигнал с добавлением результатов обработки в контурах с Д-компонентом и с И-компонентом, полученных соответственно дифференцированием и интегрированием значения  $ER(t)$ , вычисляемых с двойной точностью методом трапеций (аппроксимация Паде). Временная характеристика определяется временем дифференцирования TD и временем интегрирования (восстановления) TI.

Чтобы сгладить сигнал и подавить помехи, в алгоритм обработки Д-компонента вводится временная задержка первого порядка (с корректируемой постоянной времени TM\_LAG). В общем случае достаточно малого значения TM\_LAG для получения хорошего результата. Если  $TM\_LAG \leq 0,5 \cdot CYCLE$ , временная задержка игнорируется.

Переходная характеристика ПИД-регулятора:

$$PID\_OUTV(t) = GAIN \cdot ER_{норм.}(0) \cdot \left( 1 + \frac{t}{TI} + \left( \frac{TD}{TM\_LAG} \right) \cdot e^{-\frac{t}{TM\_LAG}} \right)$$

где:

PID_OUTV(t)	- управляющая переменная для регулятора в автоматическом режиме;
GAIN	- коэффициент усиления;
$ER_{норм.}(0)$	- величина скачка нормализованного сигнала ошибки;
TI	- время интегрирования (установления)
TD	- время дифференцирования
TM_LAG	- временная задержка

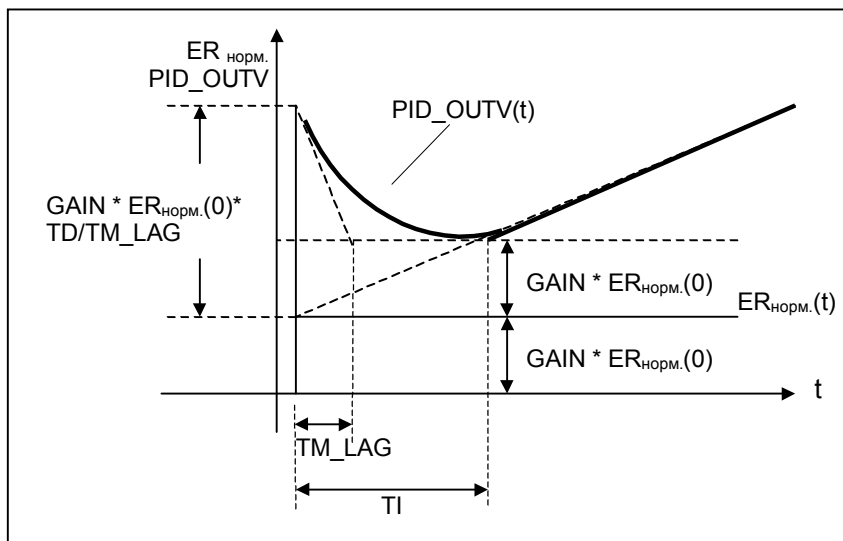


Рис. 4-36 Переходная характеристика ПИД-регулятора

#### Назначение и использование параметров ПИД-регулятора

ПИ/ПИД-функции стандартных ПИД регуляторов Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление) дают возможность управлять большинством производственных процессов. Функции и методы, не задействованные в данном регуляторе, необходимы только в особых случаях (см. раздел 1.2, о других программах S7 для задач управления).

Остается рассмотреть одну практическую задачу - назначение параметров для ПИ/ПИД-регулятора, другими словами найти “правильные” параметры настройки для регулятора. Качество назначенного параметра - решающий фактор для качества ПИД-управления. Процесс назначения параметров требует значительного практического опыта, специальных знаний или больших затрат времени.

Эти проблемы могут быть сняты, если использовать **утилиту конфигурирования (configuration tool)**. Функция **идентификации процесса (process identification)** из утилиты конфигурирования позволяет установить начальные значения параметров регулятора с использованием адаптивного метода (метода подбора). В результате идентификации процесса создается модель процесса, затем рассчитываются наиболее подходящие параметры настройки для системы управления. Это в значительной степени автоматизированная процедура освобождает пользователя от необходимости настраивать установленный ПИД-регулятор вручную, используя интерактивные методы.

## 4.4 Обработка сигналов в алгоритме ПИД-регулятора

### 4.5.1 Интегратор (INT)

#### Применение

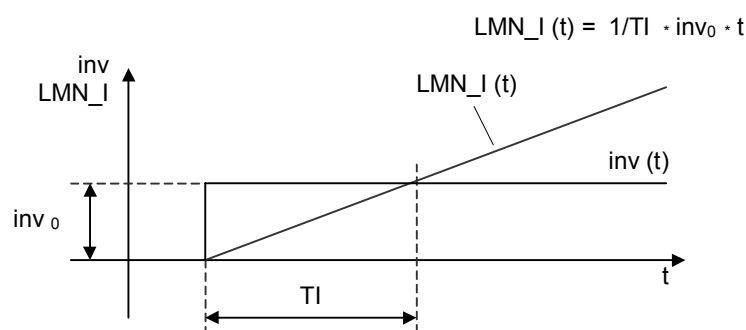
Функция интегратора используется в стандартном ПИ-/ПИД-регуляторе для выполнения операции интегрирования (работа И-компонента регулятора). При установлении рабочей точки интегрирующее воздействие в этих регуляторах гарантирует компенсацию сигнала ошибки, т.е. сигнал рассогласования может стать нулевым при любом значении управляющей переменной

#### Функция INT

Интегратор генерирует выходной сигнал, скорость изменения которого пропорциональна величине изменения абсолютного значения входной переменной. Временная характеристика определяется  $T_I$  (временем установления).

Переходная функция во временной области:

$$\text{OUTV}(t) = 1/T_I \int \text{inv}(t) dt$$



$\text{LMN\_I}(t)$	-	выходной сигнал интегратора
$\text{inv}_0$	-	величина скачка на входе
$T_I$	-	время установления (постоянная времени)

#### Разрешенный диапазон значений для параметров $T_I$ и $\text{CYCLE}$

Благодаря ограниченности точности данных типа REAL (действительные значения), обрабатываемых CPU, при работе интегратора может возникнуть такой эффект: если время дискретизации  $\text{CYCLE}$  слишком мало по сравнению со значением  $T_I$  и если входное значение  $\text{inv}$  слишком мало по сравнению с выходным значением  $\text{OUTV}$ , интегратор оставит выходной сигнал без изменения.

Этого эффекта можно избежать, применяя следующее правило:

$$\text{CYCLE} > 10^{-4} \cdot T_I$$

При таком условии интегратор будет реагировать на изменения входного сигнала, которые составляют малую долю – порядка стомиллионных долей процента от текущего выходного значения:

$$\text{inv} > 10^{-10} \cdot \text{OUTV}$$

Чтобы гарантировать соответствие передаточной функции интегратора аналоговой характеристике, интервал дискретизации, должен быть меньше, чем 20% от величины постоянной времени  $T_I$ , другими словами,  $T_I$  должен быть в пять раз больше, чем выбранный интервал дискретизации:

$$CYCLE < 0,2 \cdot T_I$$

Алгоритм регулятора допускает значения для времени дискретизации  $CYCLE$  в диапазоне:

$$CYCLE \leq 0,5 \cdot T_I$$

## Запуск и режимы

### - Инициализация И-компонента

Если активизирован переключатель  $I\_ITL\_ON = TRUE$  (ИСТИНА), значение  $I\_ITLVAL$  подано на выход интегратора. При переходе на штатный режим, когда  $I\_ITL\_ON = FALSE$  (ЛОЖЬ), интегратор начинает интегрировать входной сигнал, начиная с уровня  $I\_ITLVAL$  (Рис. 4-37).

### - Регулятор непрерывного управления $PID\_CP$

При переключении регулятора с ручного режима на автоматический режим работы интегральный компонент регулятора должен обрабатывать входные сигналы, в общем случае имеющие в этих режимах различные величины. С этой точки зрения могут быть выбраны следующие параметры настройки регулятора:

Плавное переключение с ручного режима на автоматический. При  $SMOO\_CHG = TRUE$  (ИСТИНА) (по умолчанию) И-компонент в ручном режиме настраивается так, чтобы управляющая переменная оставалась неизменной во время переключения с ручного на автоматический режим. При этом сигнал ошибки будет компенсироваться медленно.

Сигнал меняется скачком при переходе с ручного режима на автоматический. При  $SMOO\_CHG = FALSE$  (ЛОЖЬ), И-компонент в ручном режиме настраивается так, чтобы управляющая переменная делала скачок (минуя П- и Д-компоненты), начиная со значения управляющей переменной в момент переключения между режимами. Величина скачка соответствует изменению управляющей переменной при ступенчатом изменении уровня сигнала уставки от текущего уровня переменной процесса до текущего уровня уставки. Сигнал рассогласования в такой системе управления компенсируется быстрее. Такое поведение желательно, например, для управления температурными процессами. Однако, если в цепь обратной связи поместить П-компонент ( $PFDB\_SEL = TRUE$  (ИСТИНА)), то только действующие значения будут выделяться на П-компоненте.

При ступенчатом изменении сигнала уставки, управляющая переменная будет обрабатываться П-компонентом во время переключения между режимами. Выходной сигнал во время переключения будет меняться плавно.

Аналогичным будет результат при включении в цепь ОС Д-компонента (DFDB\_SEL = TRUE (ИСТИНА)).

#### - Регулятор пошагового управления PID\_ES

И-компонент в ручном режиме настраивается так, чтобы окончательный управляющий элемент отработал на величину скачка сигнала И-компонента с текущей позиции во время переключения с ручного на автоматический режим. Величина скачка сигнала И-компонента соответствует изменению управляющей переменной при переходе уставки от текущего значения переменной процесса до уровня текущего установленного значения.

Однако, если в цепь обратной связи поместить П-компонент (PFDB\_SEL = TRUE (ИСТИНА)), то только сигнал переменной процесса будет выделяться на П-компоненте. При ступенчатом изменении сигнала уставки, управляющая переменная будет обрабатываться П-компонентом во время переключения между режимами. Выходной сигнал во время переключения будет меняться плавно.

Д-компонент, установленный при ручном режиме на 0, во время переключения на автоматический режим сохранит нулевое выходное значение.

#### - Ручной режим (Manual mode)

Если управляющий сигнал установлен вручную или переключатели структуры MAN\_ON или LMNOP\_ON установлены в положение TRUE (ИСТИНА) (MAN\_ON = TRUE или LMNOP\_ON = TRUE), значение из внутренней памяти интегратора изменяется на значение (LMNFC\_IN – LMN\_P – DISV) (Рис. 4-34).

В регуляторе пошагового управления с сигналом позиционной обратной связи (PID\_ES) сигнал интегратора будет изменен на выходной сигнал LMN.

#### - Задержка интегратора

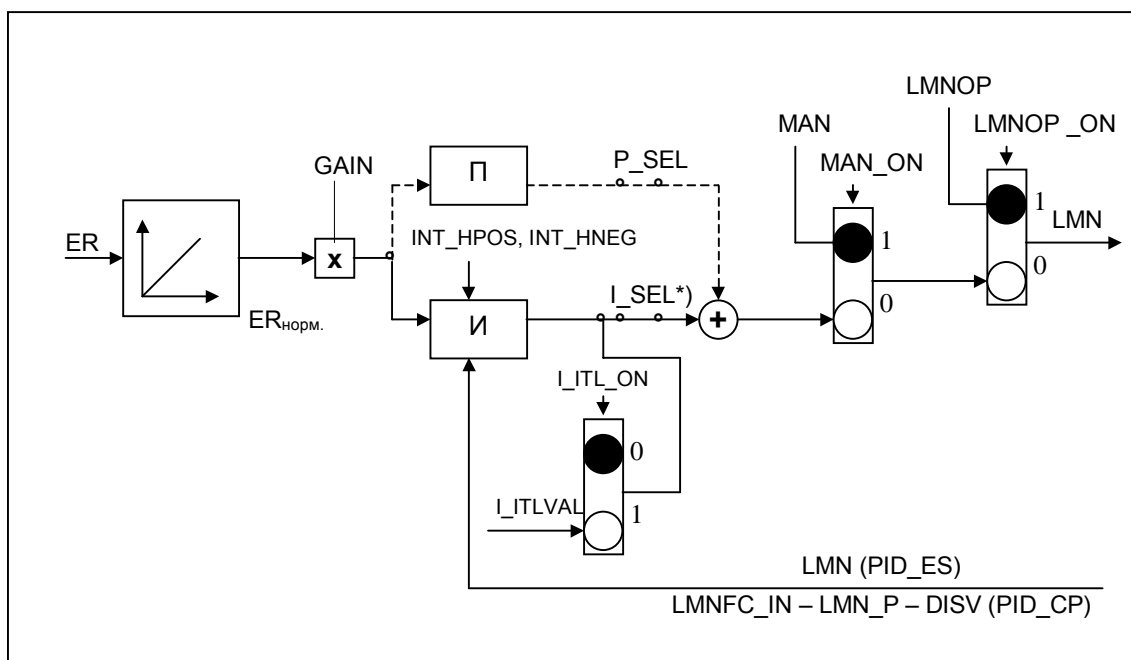
Для блокирования работы функции-интегратора в положительном или отрицательном направлении могут использоваться двоичные входы INT\_HPOS и INT\_HNEG. Такая процедура может потребоваться в каскадных регуляторах. Если, например, управляющая переменная вторичного регулятора приближается к верхнему пределу, дальнейшее увеличение величины управляемой переменной главного регулятора может быть предотвращено интегратором. Это программируется на языке STL следующими инструкциями:

STL	Explanation
U	"Secondary controller".QLMN_HLM
=	"Master controller".INT_HPOS
u	"Secondary controller".QLMN_LLM
=	"Master controller".INT_HNEG

**- Интегрирование**

Если активизирован выключатель  $I\_SEL = TRUE$  (ИСТИНА), то обработка в интеграторе активизирована, выполняя операцию, начиная со значения  $I\_ITLVAL$ . Динамические характеристики функции определяются временем установления  $T_I$ . Если интегрирование выключено ( $I\_SEL = FALSE$  (ЛОЖЬ)), то И-компонент, другими словами, внутренняя память и выход  $LMN\_I$  интегратора сброшены в 0.

Переключатель Режим	$I\_ITL\_ON$	$MAN\_ON$ или $LMNOP\_ON$	$INT\_HPOS$	$INT\_HNEG$
Инициализация ( $LMN\_I$ )	TRUE (ИСТИНА)	любое состояние	любое состояние	любое состояние
Ручной режим	FALSE (ЛОЖЬ)	TRUE (ИСТИНА)	любое состояние	любое состояние
Блокирование интегратора в положительном направлении	FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)	TRUE (ИСТИНА)	FALSE (ЛОЖЬ)
Блокирование интегратора в отрицательном направлении	FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)	TRUE (ИСТИНА)
Блокирование интегратора в обоих направлениях	FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)	TRUE (ИСТИНА)	TRUE (ИСТИНА)
Интегрирование	FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)



\*)  $I\_SEL$  и  $LMNR\_ON$ : для регулятора пошагового управления ( $PID\_ES$ )

Рис. 4-37 Режимы интегратора в ПИ-/ПИД-регуляторе

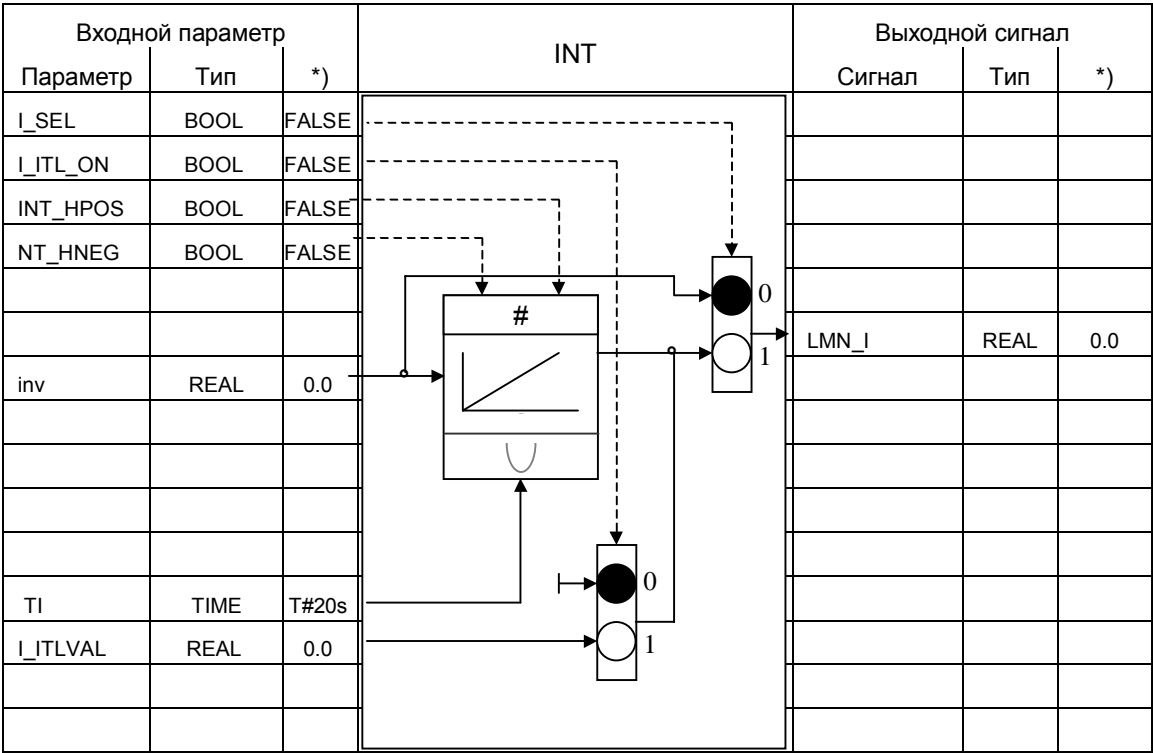
Граничные значения

Выходной сигнал и память интегратора ограничиваются верхним и нижним пределами LMN\_HLM и LMN\_LLM.

Параметры функции INT

Выходное значение OUTV интегратора можно контролировать в параметре LMN\_I.

Параметр	Значение	Допустимые значения
TI	Время установления	$\geq 5 \cdot \text{CYCLE}$
I_ITLVAL	Значение для инициализации интегратора	-100,0 ... +100,0 [%]



\*) назначение при создании экземпляра DB

Рис. 4-38 Функции и параметры интегратора



## 4.5.2 Дифференциатор (DIF)

### Применение

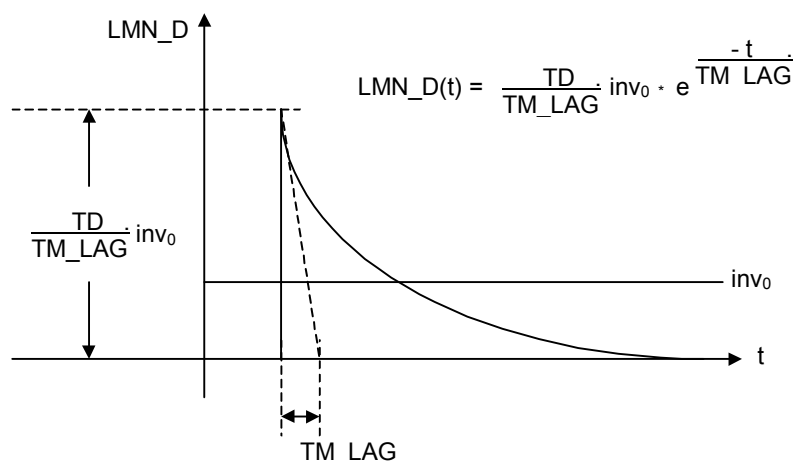
Функция дифференцирования используется в контуре Д-компонента стандартного ПД- и ПИД-регуляторов. В Д-компоненте переменная процесса дифференцируется динамически.

### Функция DIF

При работе дифференциатора генерируется выходной сигнал, величина которого изменяется пропорционально скорости изменения входного сигнала. Временная характеристика дифференциатора определяется временем дифференцирования TD и временем задержки дифференциатора TM\_LAG.

Для демпфирования (сглаживания) сигналов и подавления помех в цепи обработки может быть введена задержка, постоянная времени которой устанавливается параметром TM\_LAG.

Переходная характеристика при ступенчатом воздействии входного сигнала  $inv_0$  имеет вид:



где:

- LMN\_D(t) - выходной сигнал дифференциатора
- $inv_0$  - ступенчатый сигнал на входе дифференциатора
- TD - время дифференцирования
- TM\_LAG - время задержки

### Разрешенный диапазон значений для параметров TD и CYCLE

Для обеспечения правильной обработки данных в CPU рекомендуется придерживаться следующих правил при выборе постоянных времени:

$$TD \geq CYCLE \text{ и } TM\_LAG \geq 0,5 \cdot \square\square\square\square CYCLE$$

Если для постоянной времени TD будет выбрано значение, меньшее, чем CYCLE, то дифференциатор будет работать с TD, равным CYCLE.

Если будет выбрано  $TM\_LAG < 0,5 \cdot \square\square\square\square CYCLE$ , то дифференциатор будет работать без задержки. Тогда величина скачка входного сигнала будет умножена на параметр (TD/CYCLE), и это значение будет подаваться на выход. Это означает, что в следующем цикле обработки LMN\_D будет сброшен в 0.

**Запуск и режимы - Ручной режим**

Если было выбрано плавное переключение с ручного режима на автоматический (SMOO\_CHG = TRUE), Д-компонент устанавливается в 0 в ручном режиме. Переключение на автоматический режим выполняется без скачка управляющей переменной.

Если не было выбрано плавное переключение с ручного режима на автоматический (SMOO\_CHG = FALSE), Д-компоненту назначается в ручном режиме значение, соответствующее текущему сигналу ошибки. Переключение на автоматический режим выполняется со скачком управляющей переменной, который приводит к более быстрой компенсации ошибки.

**- Дифференцирование**

Если переключатель D\_SEL установлен в TRUE (ИСТИНА), Д-компонент активизируется. Динамические характеристики функции определяются временем дифференцирования TD и времени задержки TM\_LAG.

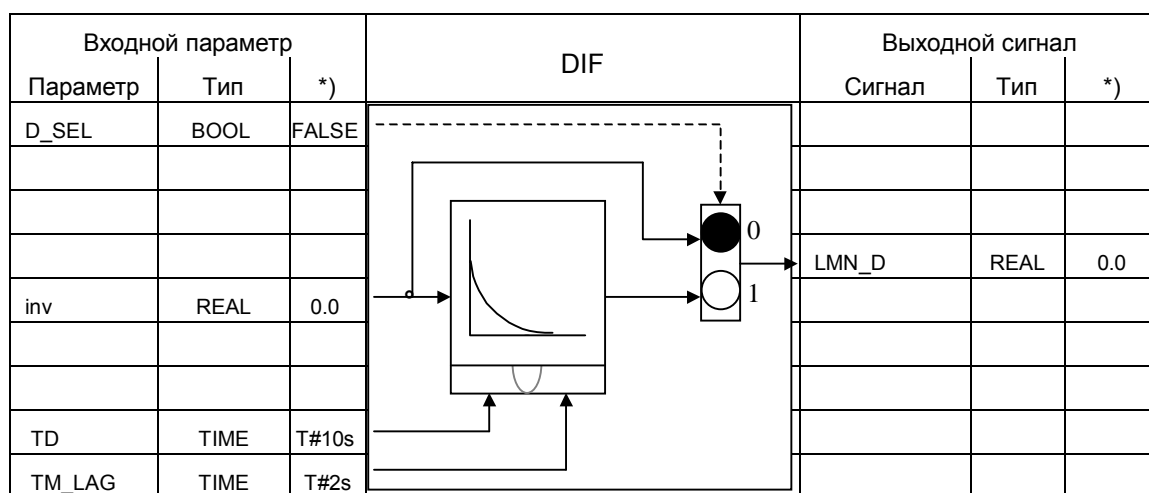
Если дифференцирование выключено (D\_SEL = FALSE (ЛОЖЬ)), то Д-компонент, другими словами, внутренняя память и выход LMN\_D дифференциатора, сброшены в 0.

Режим \ Переключатель	MAN_ON и LMNOP_ON
Ручной режим	TRUE (ИСТИНА)
Дифференцирование	FALSE (ЛОЖЬ)

**Параметры функции DIF**

Выходное значение дифференциатора можно контролировать в параметре LMN\_D.

Параметр	Значение	Допустимые значения
TD	Время дифференцирования	$\geq \text{CYCLE}$
TM_LAG	Время задержки Д-компонента	$\geq 0,5 \cdot \text{CYCLE}$



\*) назначение при создании экземпляра DB

Рис. 4-39 Функции и параметры функции дифференцирования



# Регулятор непрерывного управления (PID\_CP)

## 5

В данной главе рассматриваются следующие вопросы:

- Функции управления ПИД-регулятора непрерывного действия
- Обработка сигналов в цепях управляющей переменной (PID\_CP)
- Регулятор непрерывного действия в каскадной системе управления
- Генератор импульсов

## 5.1 Функции управления ПИД-регулятора непрерывного действия

### Функциональный блок PID\_CP

Кроме функций в цепях уставки и переменной процесса функциональный блок (FB) PID\_CP обеспечивает все функции ПИД-регулятора с возможностью ручной подстройки аналоговой управляющей переменной. При этом существует возможность включать и выключать дополнительные функции.

Используя FB в программируемом логическом контроллере в системе SIMATIC S7, Вы сможете управлять технологическими процессами и системами посредством непрерывных входных и выходных переменных (сигналов). Регулятор может использоваться в системе стабилизации заданного значения параметра (уставки) или автономно, или в составе многоконтурной системы управления, такой, например, как каскадная, смешанная или пропорциональная.

### Блок-схема регулятора непрерывного управления

Режим работы регулятора непрерывного управления основан на алгоритме ПИД-управления для регулятора, работающего в дискретном режиме (что означает, что регулятор вызывается через равные отрезки времени) с аналоговым выходным сигналом; при необходимости регулятор снабжается каскадом импульсного генератора для генерации выходного сигнала в виде модулированных по длительности импульсов (ШИМ) для обеспечения двух- или трехуровневого управления для пропорциональных приводов.

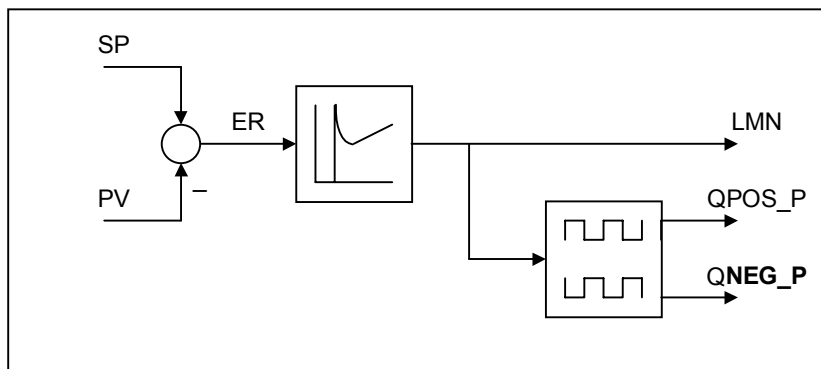


Рис. 5-1 Блок-схема регулятора с аналоговым управляющим сигналом (на основе ПО "Standard PID Control" ("Стандартное ПИД-управление"))

**Перезапуск и****полный перезапуск**

Функциональный блок PID\_CP включает в себя программу инициализации, которая запускается, если установлен параметр COM\_RST = TRUE (ИСТИНА).

**Функция "Пила" (RMP\_SOAK)**

При включении функции "Пила" (RMP\_SOAK) временные отрезки с номерами DB\_NBR PI[0 ... NBR\_PTS].TMV между точками координат суммируются и отображаются в параметрах: полное время T\_TM и полное оставшееся время RT\_TM.

Если точка PI[n].TMV скорректирована в интерактивном режиме или установлены TM\_CONT и TM\_SNBR, то полное время T\_TM и полное оставшееся время RT\_TM также изменяются. Так как вычисление параметров T\_TM и RT\_TM значительно увеличивает время работы функции RMP\_SOAK при большом числе координатных точек, такие расчеты выполняются только при полном перезапуске или при установке TUPDT\_ON = TRUE (ИСТИНА).

**Функция интегрирования (INT)**

При запуске регулятора интегратор инициализируется значением I\_ITLVAL. При его вызове по циклическому прерыванию он запускается с этим значением.

На всех других выходах устанавливаются значения, принятые по умолчанию.

## 5.2 Обработка сигнала управляющей переменной

### 5.2.1 Режимы, влияющие на сигнал управляющей переменной

#### Ручной режим и смена режимов

В дополнение к автоматическому режиму "automatic" с его выходным сигналом, формируемым согласно ПИД-алгоритмам (PID\_OUTV) в стандартном ПИД-регуляторе на основе Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление) предусмотрены еще два режима, при которых управляющая переменная может регулироваться вручную:

"Ручной режим без генератора" ("Manual mode without generator") и "Ручной режим с прогоном генератора сигнала вверх/вниз" "Manual mode with up/down generator" (MAN\_GEN).

Используя параметр MAN, можно подстраивать управляющую переменную извне или устанавливая значения сигнала вручную, или по программе пользователя. Входное значение MAN ограничивается верхним и нижним предельными значениями (соответственно, LMN\_HLM и LMN\_LLM).

Обработка и прохождение заданного вручную сигнала показаны на следующей схеме (Рис.5-2). Если MAN\_GEN включен в то время, как регулятор находится в другом режиме, активным текущим значением управляющей переменной является сигнал с выхода MAN\_GEN. Переключение на вручную заданное значение генератора всегда плавное.

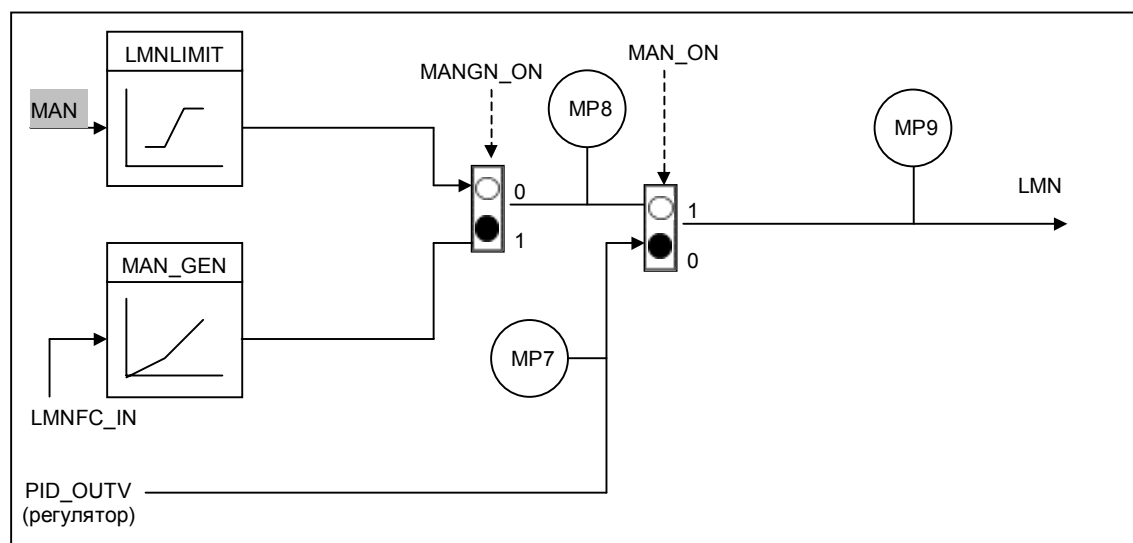


Рис. 5-2 Генерирование управляющей переменной в ручном режиме в регуляторе на основе Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление).



**Автоматический режим**

Если установлен режим  $MAN\_ON = FALSE$  (ЛОЖЬ) (блок-схема утилиты конфигурирования), управляющая переменная, сформированная в соответствии с ПИД-алгоритмом поступает на выход. В ручном режиме ( $MAN\_ON = TRUE$  (ИСТИНА)) И-компонент регулятора включается так, что при переходе на автоматический режим начальное значение сигнала на выходе регулятора ненулевое (см. "Запуск и режимы работы", раздел 4.5.1). Выходной сигнал, сформированный в соответствии с ПИД-алгоритмом, подается на контрольную точку МР7.

При автоматическом режиме установленное вручную значение  $MAN$  через переключатели подключено к цепям управляющей переменной (с вычетом сигнала Д-компонента). Поэтому при переключении на ручной режим значение управляющей переменной остается на уровне выходного сигнала, полученного при последнем расчете. Это значение может быть изменено только посредством вмешательства оператора.

**Ручной режим без генератора**

В данном режиме ( $MANGN\_ON = FALSE$  (ЛОЖЬ) и  $MAN\_ON = TRUE$  (ИСТИНА)) управляющий сигнал вводится вручную как абсолютная величина на вход  $MAN$ . Это значение отображается в контрольной точке МР8.

**Ручной режим с генератором**

В данном режиме ( $MANGN\_ON = TRUE$  (ИСТИНА) и  $MAN\_ON = TRUE$  (ИСТИНА)) текущий управляющий сигнал увеличивается или уменьшается с помощью переключателя  $MAN\_GEN$  внутри рабочего диапазона управляющей переменной.

**Установки для переключения режимов**

Следующая таблица иллюстрирует возможные режимы регулятора последовательного управления с соответствующими значениями управляющих сигналов для переключателей структуры.

Таблица 5-1 Режимы регулятора последовательного управления

Переключатель		
Режим	$MANGN\_ON$	$MAN\_ON$
Автоматический режим	Любое состояние	$FALSE$ (ЛОЖЬ)
Ручной режим без генератора	$FALSE$ (ЛОЖЬ)	$TRUE$ (ИСТИНА)
Ручной режим с генератором	$TRUE$ (ИСТИНА)	$TRUE$ (ИСТИНА)

## 5.2.2 Генератор управляющего сигнала в ручном режиме (MAN\_GEN)

**Применение** Используя переключение функции генератора в режимы "настройка прогоном параметра вверх" и "настройка прогоном параметра вниз", можно вручную настраивать управляющую переменную. Выбранное значение можно контролировать в MP8.

**Функция MAN\_GEN** Функция MAN\_GEN генерирует сигнал управляющей переменной, который может быть задан или изменен с помощью переключения. Выходная переменная OUTV может быть увеличена или уменьшена посредством установки двоичных входов MANUP и MANDN.

Диапазон сигнала управляющей переменной ограничен верхним и нижним пределами LMN\_HLM/LMN\_LLM, которые могут быть установлены с помощью функции граничных значений LMNLIMIT. Численные значения предельных значений в виде относительных (%) величин можно устанавливать с помощью соответствующих входных параметров. Выходы сигналов QSP\_HLM и QSP\_LLM индицируют превышение этих предельных значений.

Для работы с малыми изменениями сигнала регулятор не должен иметь параметр "Время дискретизации" ("Sampling time") больше 100 мс.

Скорость изменения выходной переменной зависит от длительности времени, в течение которого происходит активация MANUP или MANDN, и от выбранных границ (см. ниже):

Во время первых 3-х секунд после установки MANUP и MANDN скорость изменения выходной переменной составляет:

$$\frac{d \text{ outv}}{dt} = \frac{\text{MAN\_HLM} - \text{MAN\_LLM}}{100 \text{ с}},$$

а по истечении трех секунд:

$$\frac{d \text{ outv}}{dt} = \frac{\text{MAN\_HLM} - \text{MAN\_LLM}}{10 \text{ с}}$$

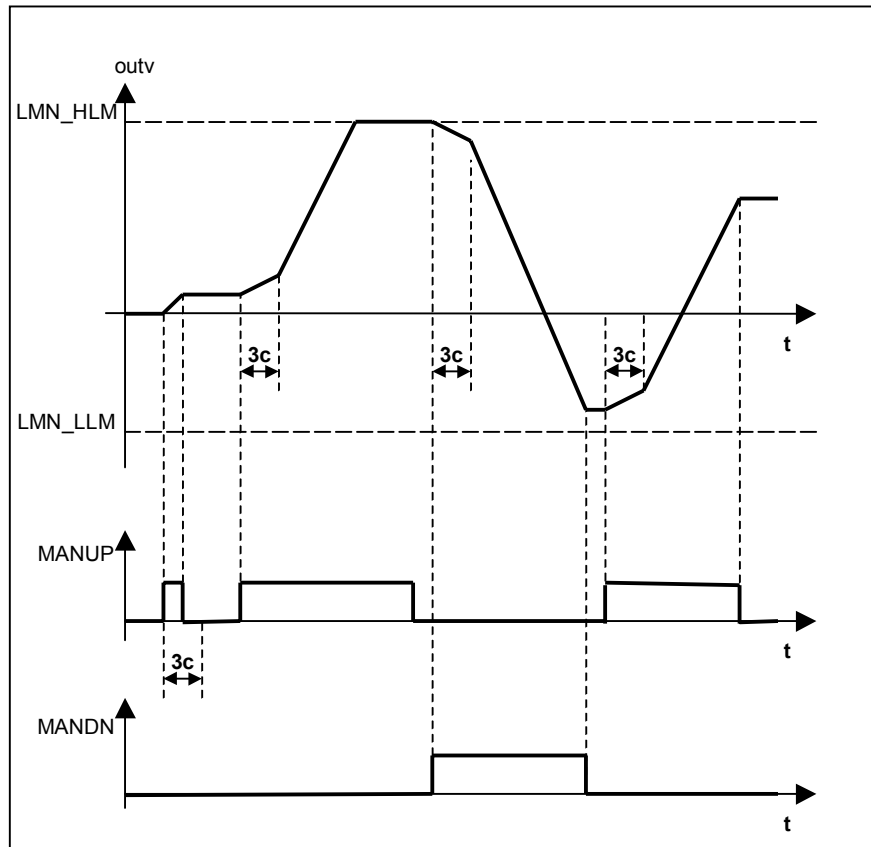


Рис. 5-3 Изменения управляющей переменной в зависимости от состояния переключателей MANUP и MANDN.

При периоде дискретизации 100 мс и диапазоне изменения управляющей переменной  $(-100,0 \dots +100,0\%)$  последняя изменяется на 0,2% на цикл в течение первых 3-х секунд. Если MANUP включается на более длительное время, то скорость изменения управляющей переменной увеличивается десятикратно, в данном случае до 2% на цикл (Рис. 5-3).

#### Запуск и режим работы генератора сигнала управляющей переменной

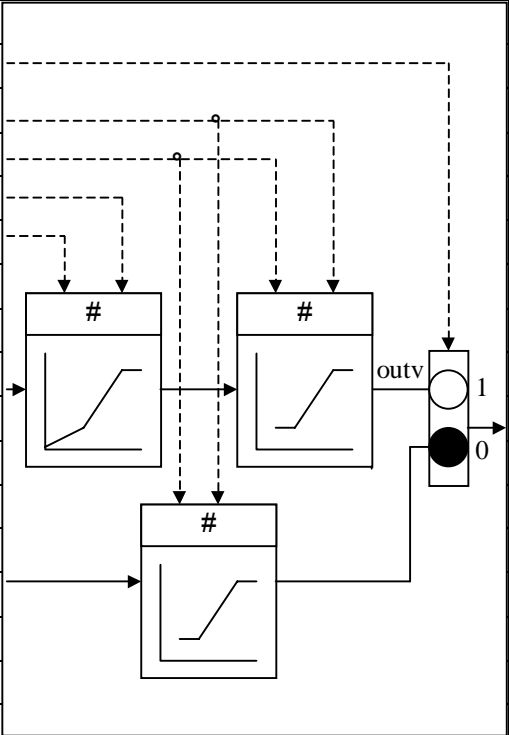
- Во время полного перезапуска выход *outv* устанавливается в 0.0.
- При последующем включении генератора управляющей переменной ( $MANGEN\_ON = TRUE$  (ИСТИНА)) на выходе *outv* появляется сигнал LMNFC\_IN. Это значит, что при переходе к режиму генератора управляющей переменной из других режимов всегда обеспечивается гладкое изменение сигнала. Пока переключатели MANUP и MANDN (переключатели "вверх/вниз" утилиты конфигурирования) не задействованы, на выход поступает сигнал LMNFC\_IN.

## Параметры

### функций MAN\_GEN

Выходной параметр `outv` является неявным параметром. Он может быть проверен в контрольной точке MP8 с помощью утилиты конфигурирования.

Параметр	Значение	Допустимые значения
MAN	Установленная вручную управляющая переменная	-100,0 ... +100,0 [%]

Входной параметр			MAN_GEN	Выходной сигнал		
Параметр	Тип	*)		Сигнал	Тип	*)
						
MANGN_ON	BOOL	False				
LMN_HLM	REAL	100.0				
LMN_LL	REAL	0.0				
MANUP	BOOL	False				
MANDN	BOOL	False				
LMNFC_IN	REAL	0.0				
MAN	REAL	0.0				

\*) назначение при создании экземпляра DB

Рис. 5-4 Функции и параметры генератора управляющей переменной

### 5.2.3 Вызов FC в цепи управляющей переменной (LMNFC)

#### Применение

С помощью вставки FC-блока, определенного пользователем, в цепи управляющей переменной можно обработать управляющую переменную PID\_OUTV, созданную в соответствии с ПИД-алгоритмом, перед тем, как передать ее на выход регулятора.

#### Функция LMNFC

Если активизировать функцию LMNFC с помощью установки входа управления LMNFC\_ON = TRUE (ИСТИНА), будет вызываться определенная пользователем функция FC. Номер блока FC вводится с помощью параметра LMNFCNBR.

Регулятор вызывает FC пользователя. Входные/выходные параметры FC пользователя не снабжаются значениями. Вы должны, следовательно, запрограммировать передачу данных с помощью S7 STL. Пример программы показан ниже:

STL	Explanation
<hr/>	
FUNCTION "User FC"	
VAR_TEMP	
INV:REAL;	
OUTV:REAL;	
END_VAR	
BEGIN	
L       "Controller_DB".LMNFC_IN	
T       #INV	
//User function OUTV=f(INV)	
L       #OUTV	
T       "Controller_DB".LMNFC_OUT	
END_FUNCTION	

Значение сигнала LMNFC\_ON определяет, подключается ли в данной точке канала управляющей переменной запрограммированная пользователем функция в виде стандартного FC (например, PT-элемент) или сигнал управляющей переменной не подвергается здесь обработке.

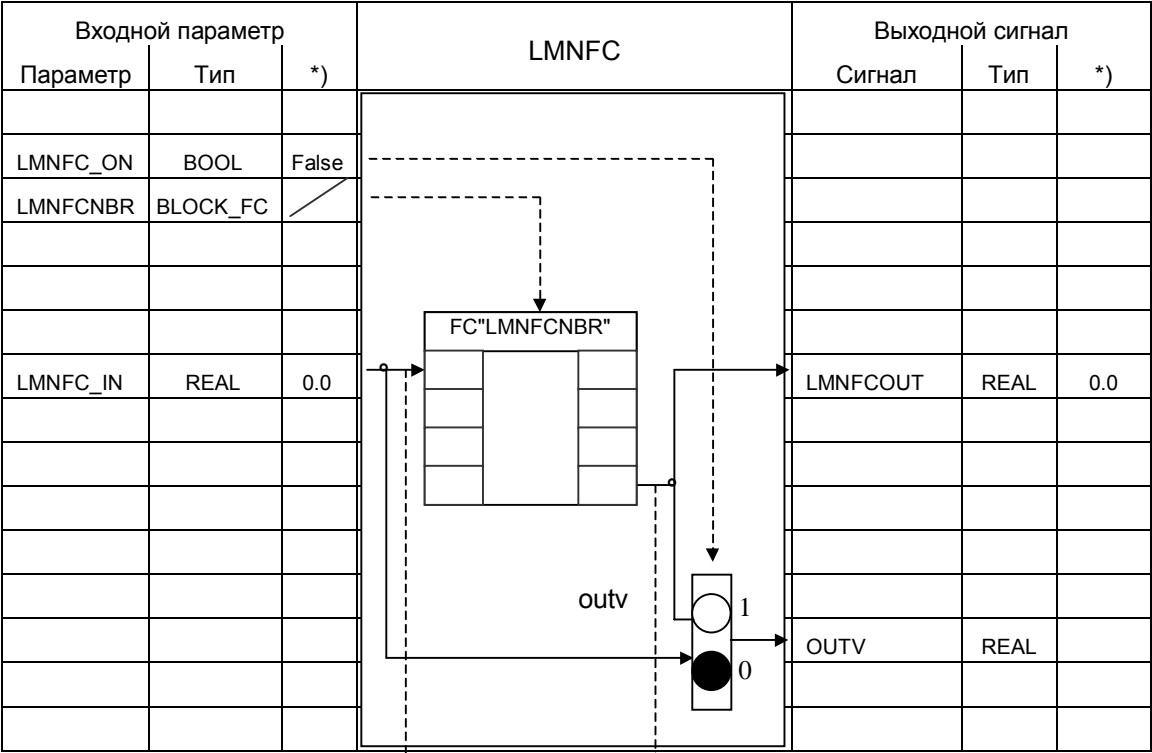
#### Примечание



Блок не проверяет, существует ли FC. Если FC не существует, то процессор переходит в режим STOP по причине внутренней системной ошибки.

Параметры функции LMNFC

Входное значение LMNFC\_IN является неявным параметром. Он может быть проконтролирован или в LMNFC\_IN, или в контрольной точке MP9 с помощью утилиты конфигурирования. Начальное значение OUTV также неявный параметр и не может быть проверен посредством утилиты конфигурирования (Рис.2-15).



Подключение должно быть запрограммировано в FC пользователя

\*) назначение при создании экземпляра DB

Рис. 5-5 Вызов FC блока в цепи управляющей переменной

## 5.2.4 Ограничение скорости изменения сигнала управляющей переменной (LMN\_ROC)

### Применение

Ограничительные функции типа "Пила" (фильтры типа "Пила") используются в цепях управляющей переменной, если необходимо избежать скачкообразного изменения управляющей переменной регулятора (например, в случае, когда имеется редуктор между мотором и нагрузкой, так как резкое увеличение скорости вращения мотора вызывает перегрузку редуктора).

### Функция LMN\_ROC

Функция LMN\_ROC ограничивает скорость изменения управляющей переменной для изменения от нулевого значения в сторону увеличения и в сторону уменьшения. Функция включается при LMNRC\_ON = TRUE (ИСТИНА).

Границы для скорости изменения в диапазонах отрицательных и положительных значений вводятся с помощью двух входов: LMN\_URLM, LMN\_DRLM. Скорость изменения – это скорость относительного роста или уменьшения значения сигнала (%) в секунду. Более быстро меняющиеся сигналы уменьшаются до этих ограничительных значений.

Если, например, LMN\_URLM сконфигурирован как 10,0 [%/с], следующие значения будут прибавлены к "старому значению" (old) сигнала outv на каждом цикле, пока  $|inv| > |outv|$ :

Значение периода дискретизации:

1 с	=> outv <sub>old</sub> + 10 %
100 мс	=> outv <sub>old</sub> + 1 %
10 мс	=> outv <sub>old</sub> + 0,1 %

Обработка сигнала показана на следующем графике, построенном на основе примера. Ступенчатая функция на входе inv(t) становится пилообразной функцией на выходе функции-фильтра типа "Пила" outv(t).

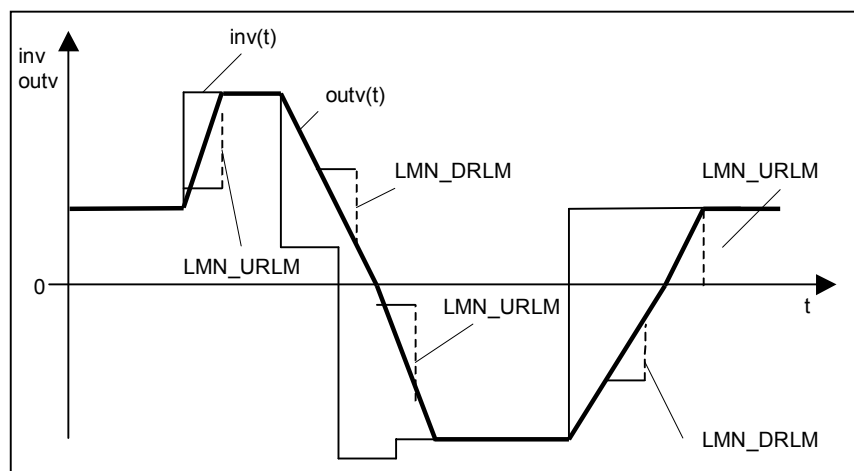


Рис.5-6 Ограничение скорости изменения управляющей переменной LMN(t)

При достижении пределов скорости изменения сигнала сигнал на выходе отсутствует.

Параметры функции LMN\_ROC

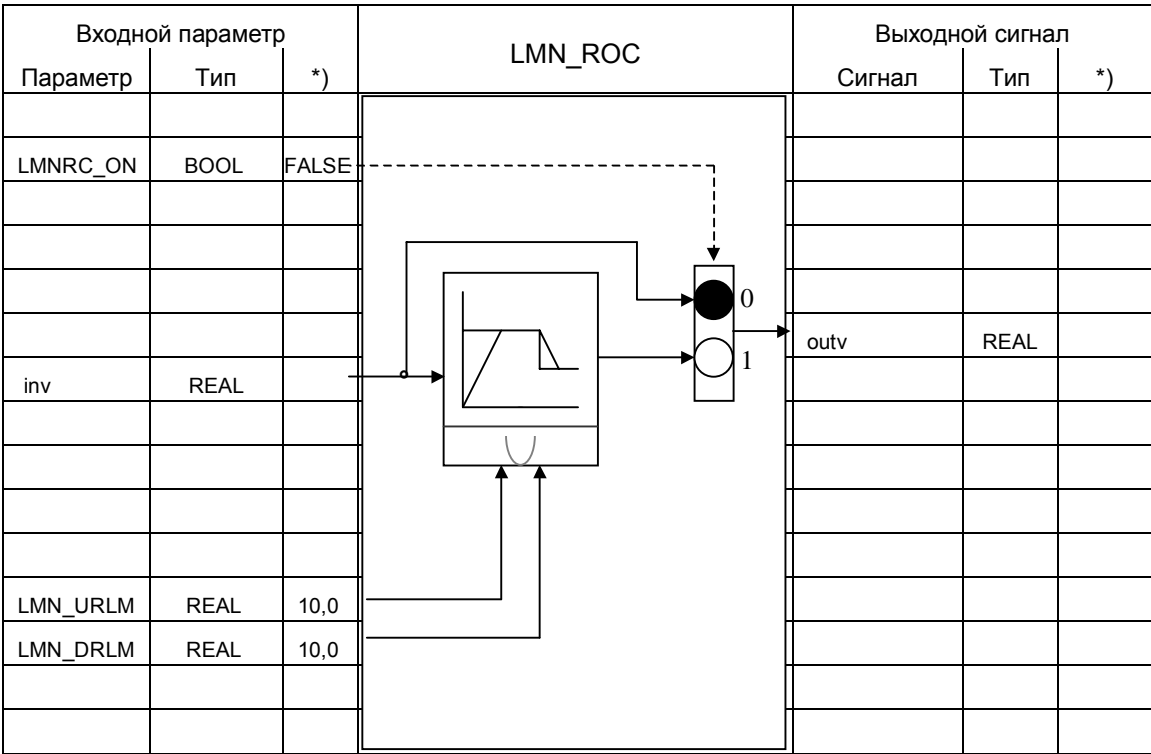
Свойства параметров функции LMN\_ROC показаны в таблице:

Параметр	Пилообразный сигнал ("пила")
LMN_URLM	outv  возрастает
LMN_DRLM	outv  убывает

Входное значение inv и выходное значение outv являются неявными параметрами и не доступны с помощью утилиты конфигурации (Рис.2-15).

Параметр	Значение	Допустимые значения
LMN_URLM	Предельная скорость возрастания управляющей переменной	$\geq 0$ [%/с]
LMN_DRLM	Предельная скорость убывания управляющей переменной	$\geq 0$ [%/с]

Скорости изменения в секунду всегда вводятся как положительные величины.



\*) назначение при создании экземпляра DB  
Рис. 5-7 Функции и параметры для фильтра ограничения скорости изменения управляющей переменной



### 5.2.5 Ограничение абсолютного значения управляющей переменной (LMNLIMIT)

#### Применение

Рабочий диапазон значений (положений), другими словами, диапазон, внутри которого может принимать определенные значения (положения) привод, определяется диапазоном значений управляющей переменной. Так как границы разрешенного диапазона управляющей переменной обычно не совпадают с граничными значениями 0% и 100% полного диапазона управляющей переменной, часто приходится устанавливать ограничения на диапазон изменения последней.

Чтобы избежать критических или недопустимых состояний процесса управляющая переменная не должна нарушать верхнее и нижнее граничные значения своего рабочего диапазона в цепи управляющей переменной.

#### Функция LMNLIMIT

Функция LMNLIMIT ограничивает сигнал  $LMN(t)$  выбираемыми нижним и верхним граничными значениями  $LMN\_LLM$  и  $LMN\_HLM$ , если входной сигнал (входная переменная)  $INV$  выходит за эти границы. Так как данная функция не может быть выключена пользователем, верхний и нижний пределы для  $INV$  всегда должны назначаться при конфигурировании регулятора.

Численные значения этих пределов (в виде %) устанавливаются во входных параметрах. Если входные значения  $inv(t)$  превышают эти границы, это отображается на соответствующих сигнальных выходах (Рис.2-15).

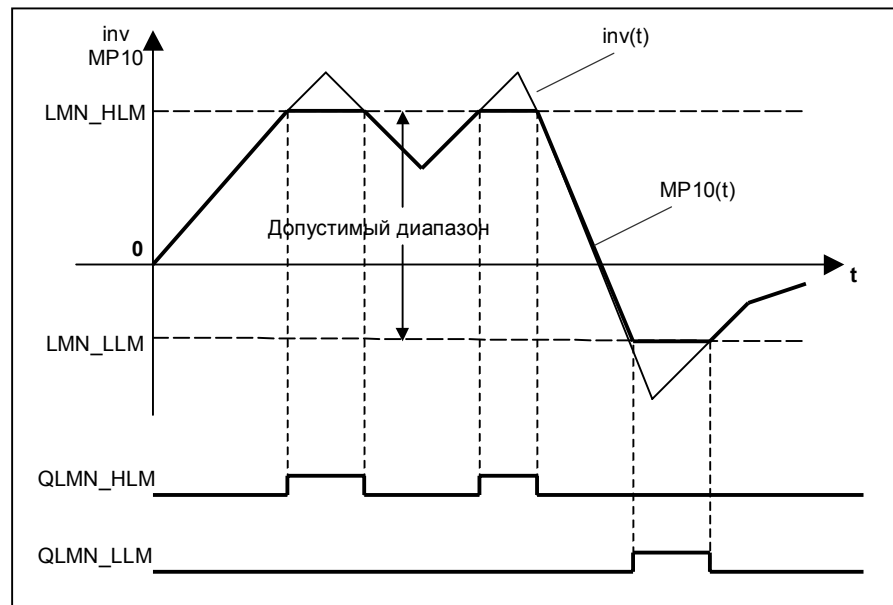


Рис.5-8 Границы для абсолютных значений управляющей переменной  $LMN(t) = MP10(t)$

Запуск и режимы работы

В случае полного перезапуска все сигнальные выходы устанавливаются в 0.  
Действие ограничения показано ниже в таблице:

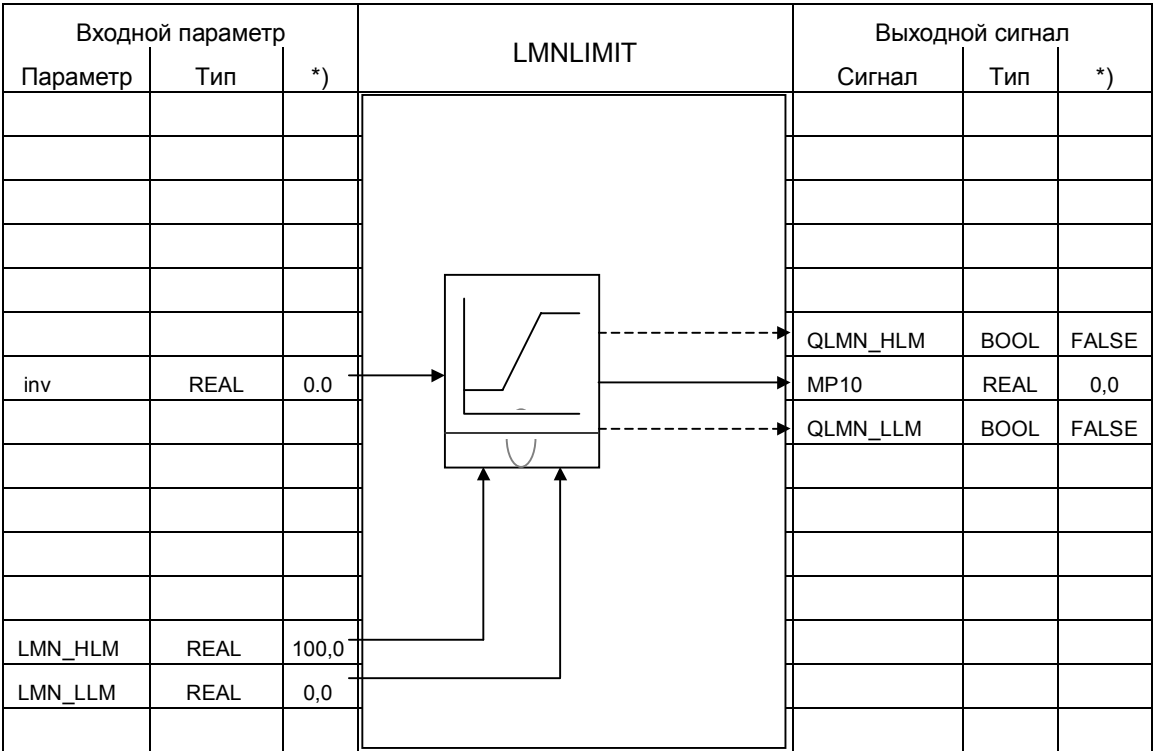
LMN	QLMN_HLM	QLMN_LLM	Условие
LMN_HLM	TRUE (ИСТИНА)	FALSE (ЛОЖЬ)	$inv \geq LMN\_HLM$
LMN_LLM	FALSE (ЛОЖЬ)	TRUE (ИСТИНА)	$inv \leq LMN\_LLM$
INV	FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)	$LMN\_LLM < inv < LMN\_HLM$

Действующее значение управляющей переменной регулятора отображается на выходе (параметр LMN) в контрольной точке MP10.

Параметры функции LMNLIMIT

Входное значение inv является неявным параметром и доступно для контроля в параметре LMNFC\_IN или в контрольной точке MP9 с помощью утилиты конфигурации.  
Условие для правильной работы функции ограничения:  
 $LMN\_LLM < LMN\_HLM$

Параметр	Значение	Допустимые значения
LMN_HLM	Верхняя граница сигнала управляющей переменной.	$LMN\_LLM \dots 100.0 \text{ [%]}$
LMN_LLM	Нижняя граница сигнала управляющей переменной.	$-100.0 \dots LMN\_HLM \text{ [%]}$



\*) назначение при создании экземпляра DB  
Рис. 5-9 Функции и параметры для функции ограничения абсолютных значений управляющей переменной.

## 5.2.6 Нормализация управляющей переменной к формату физической переменной (LMN\_NORM)

### Применение

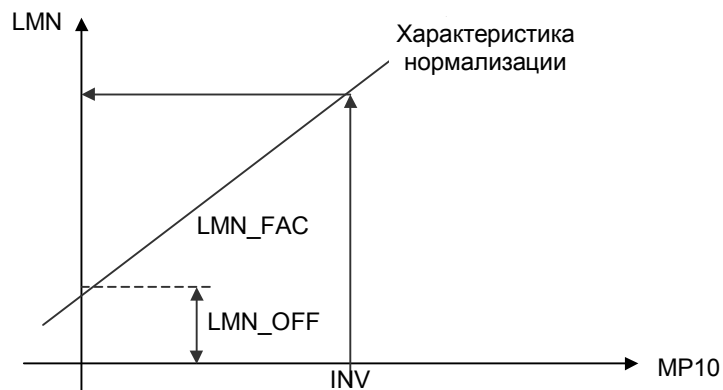
Если управляющая переменная, приложенная ко входу процесса, должна быть в виде физической величины, текущее ее значение в диапазоне 0...100 % должно быть преобразовано (нормировано = нормализовано) в величину из физического диапазона значений (например, 150...3000 об/мин) управляющей переменной.

### Функция LMN\_NORM

Функция LMN\_NORM нормализует (нормирует) аналоговый выходной сигнал регулятора. Аналоговая управляющая переменная переносится (преобразуется) в выходную переменную LMN с помощью прямолинейной характеристики нормализации. Выходной сигнал может быть проконтролирован в параметре LMN с помощью утилиты конфигурирования.

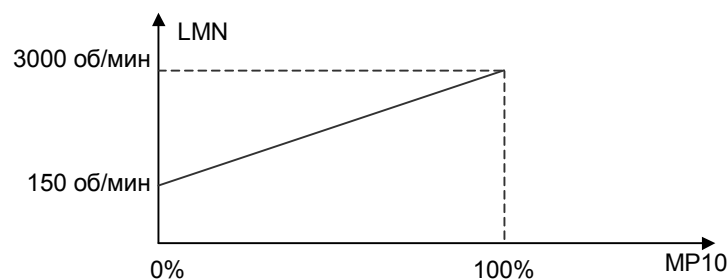
Для получения прямолинейной характеристики нормализации, чтобы переводить относительное значение сигнала во "внутреннем" представлении (в % в формате действительных чисел - REAL) во "внешние" физические значения, должны быть определены следующие параметры:

- Коэффициент (для наклона): LMN\_FAC.
- Смещение прямолинейной характеристики относительно нуля: LMN\_OFF



Нормализованное значение рассчитывается исходя из входного значения MP10 в соответствии с формулой:

$$LMN = MP10 \cdot LMN\_FAC + LMN\_OFF$$



$$LMN\_FAC = \frac{LMN_{max} - LMN_{min}}{100}$$

$$LMN\_OFF = LMN_{min}$$

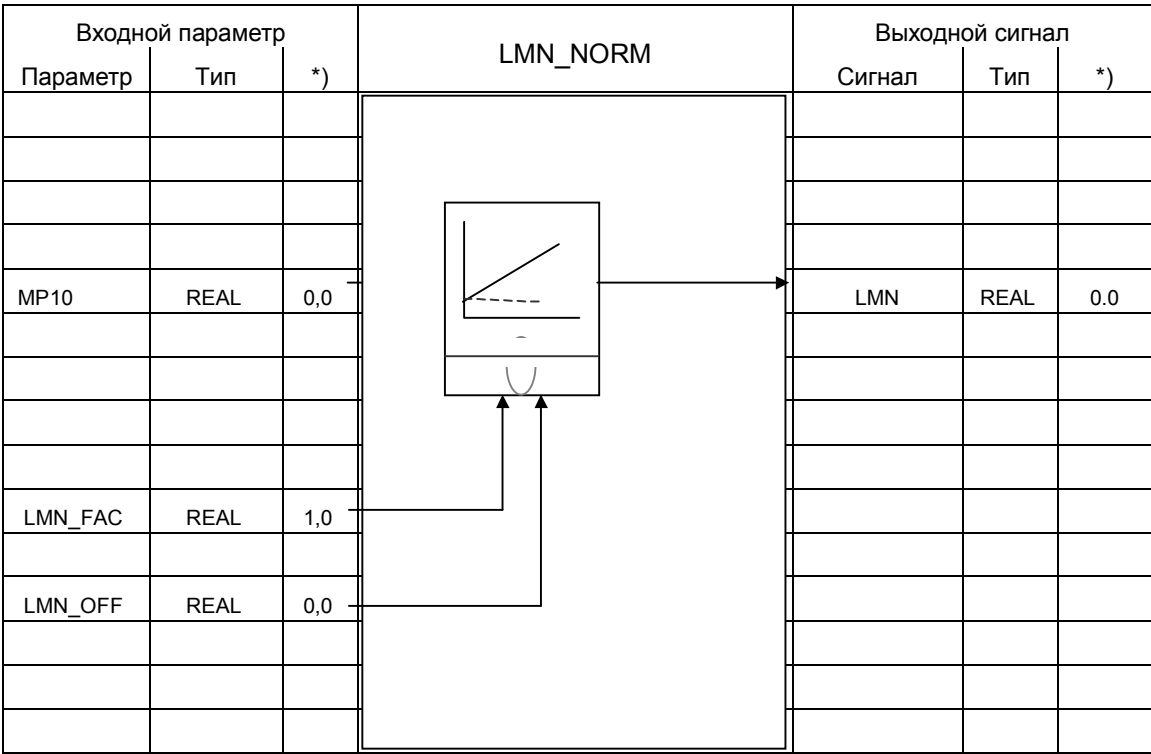
Функция LMN\_NORM не накладывает ограничений на значения и не проверяет параметры.

**Параметры  
функции  
LMN\_NORM**

Выходной параметр OUTV является неявным параметром и доступен для контроля в параметре LMN с помощью утилиты конфигурирования (см. Рис. 2-15).

Для определения наклона характеристики нормализации посредством параметра LMN\_FAC может выбираться весь технический диапазон значений.

Параметр	Значение	Допустимые значения
LMN_FAC	Коэффициент управляющей переменной (Manipulated value factor)	Полный диапазон значений (безразмерных)
LMN_OFF	Смещение управляющей переменной (Manipulated value offset)	Технический диапазон значений (физических величин)



\*) назначение при создании экземпляра DB  
Рис. 5-10 Функции и параметры при нормализации управляющей переменной

### 5.2.7 Сигнал управляющей переменной в формате периферийных входов/выходов (CRT\_OUT)

#### Применение

Если управляющая переменная передается в аналоговый выходной модуль, внутреннее численное значение в формате числа с плавающей точкой (%) должно преобразовываться в численное значение слова данных, связанного с выходом LMN\_PER. Эта задача преобразования данных выполняется с помощью функции CRT\_OUT.

#### Функция CRT\_OUT

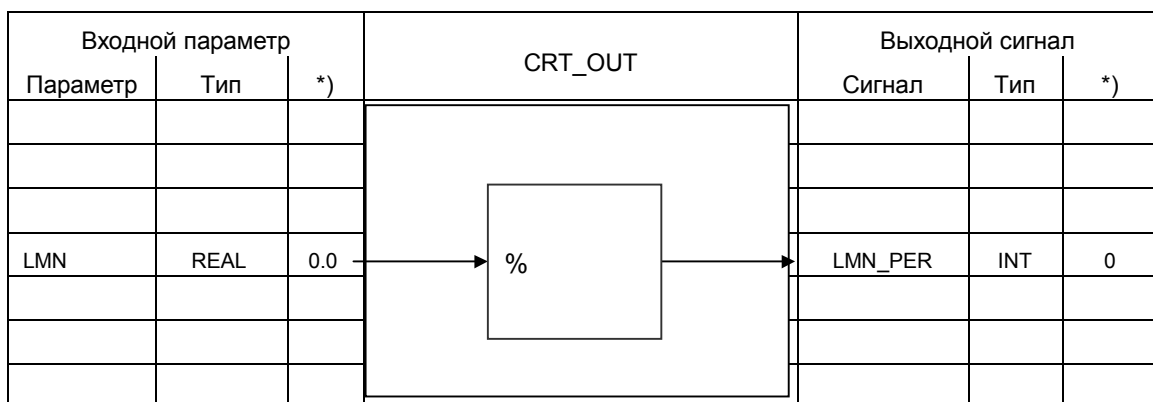
Функция CRT\_OUT переводит значение управляющей переменной в формате числа с плавающей точкой на входе LMN в значение, преобразованное к формату для входов/выходов периферии. При этом не производится проверок на наличие переполнения (для положительных и отрицательных значений). Типы модулей не принимаются в расчет.

Следующая ниже таблица обеспечивает обзор диапазонов и численных значений до и после выполнения преобразования данных согласно алгоритму нормализации функцией CRT\_OUT.

Управляющая переменная LMN [%]	Значение LMN_PER (периферийные вх/вых)
118,515	32767
100,000	27648
0,003617	1
0,000	0
-0,003617	-1
-100,000	-27648
-118,519	-32768

#### Параметры функции CRT\_OUT

Входное значение является неявным параметром в формате чисел с плавающей точкой. Оно может быть проверено на выходе LMN с помощью утилиты конфигурирования.



\*) назначение при создании экземпляра DB

Рис. 5-11 Функции и параметры при преобразовании управляющей переменной в формат вх/вых периферии

## 5.2.8 Обработка управляющей переменной утилитой конфигурирования

Отображение  
и установка LMN  
с утилитой  
Loop Monitor  
(Монитор  
регулятора)

Утилита конфигурирования имеет свой собственный интерфейс с FB регулятора. Поэтому в любой момент можно разорвать цепь управляющей переменной и задать для нее свое собственное значение, то есть LMN\_OP, например, для проверки достижения цели при работе с РГ/ПК, на котором установлена утилита конфигурирования (см. Рис.5-12)

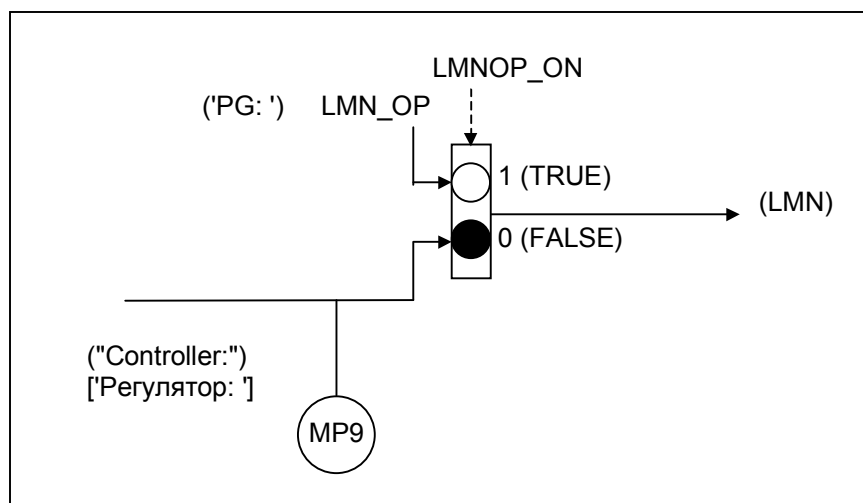


Рис.5-12 Подключение к цепям управляющей переменной с использованием утилиты конфигурирования.

Одна из трех панелей интерфейса с FB регулятора в утилите **loop monitor** (монитор регулятора) помечена **manipulated value** (**управляющая переменная**). Здесь управляющая переменная, подключенная к контрольной точке MP9, отображается в поле "Controller:" ("Регулятор:"). Вход с пометкой "PG:" используется для отображения и изменения параметра LMN\_OP.

Переключение  
вариантов LMN с  
помощью утилиты  
конфигурирования

Если переключатель в утилите конфигурирования стоит в позиции "PG", сигнал переключения переключателя структуры установлен в LMN\_OP\_ON = TRUE (ИСТИНА) и LMN\_OP поступает в FB регулятора в качестве управляющей переменной.

Если активирована функция ограничения скорости изменения сигнала LMN\_ROC в цепи управляющей переменной, то Вы можете переключаться между "PG" и "Controller:" ("Регулятор:") без резких скачков в уровне сигнала. Величина сигнала из точки MP9 может быть проконтролирована в поле "Controller:" ("Регулятор:"). Далее этот сигнал посредством функции ограничения скорости изменения Ramp ("Пила") (LMN\_ROC) преобразуется в LMN. Все эти манипуляции сигналами в цепях управляющей переменной оказывают влияние на процесс, только если Вы перешлете их в PLC, нажав кнопку "Send" ("Переслать") в интерфейсе утилиты Loop Monitor (Монитор регулятора).

### 5.3 Регулятор непрерывного управления каскадного типа

#### Прерывание каскадного регулятора

В каскадной структуре несколько регуляторов непосредственно влияют друг на друга. Следовательно, необходимо гарантировать, чтобы при прерывании в любой точке такой структуры, работа всей структуры в целом заканчивалась без дополнительных проблем.

Во вторичных (уровень: slave) регуляторах каскадной системы управления сигнал QCAS формируется посредством операции OR для сигналов состояния (status signals) переключателей в цепях уставки и управляющей переменной. Этот сигнал обеспечивает такое состояние переключателей во вторичных регуляторах, которое обуславливает режим корректировки в системе управления. Переменная корректировки (correction variable) – это всегда переменная процесса вторичного контура управления (Рис. 5-13).

Это значит, что сигналы компараторов регулятора, в которых вычисляется разность между входными сигналами, стремятся к нулю. Поэтому перевод регулятора в режим одноконтурной или каскадной системы управления производится "гладко" (сигналы изменяются плавно).

Регулятор непрерывного управления (PID\_CP) может использоваться как первичный регулятор в каскадной системе управления или как вторичный регулятор во вторичных (slave) контурах.

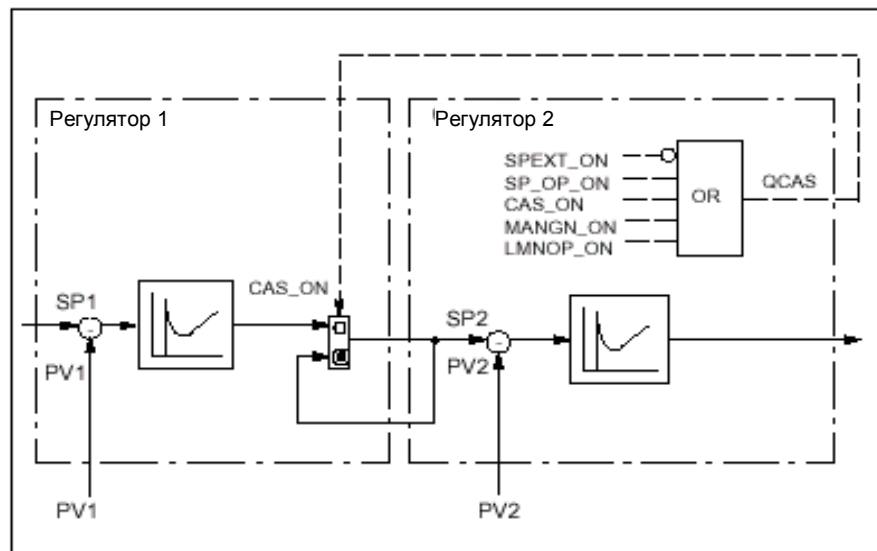


Рис. 5-13 Двухконтурная каскадная система управления

#### Примечание

Управляющая переменная главного (master) регулятора LMN всегда должна поступать на вход внешней уставки (external setpoint value) SP\_EXT вторичного регулятора.

**Соединение блоков** Следующая схема показывает структуру регулятора или соединение его блоков в многоконтурной каскадной системе управления.

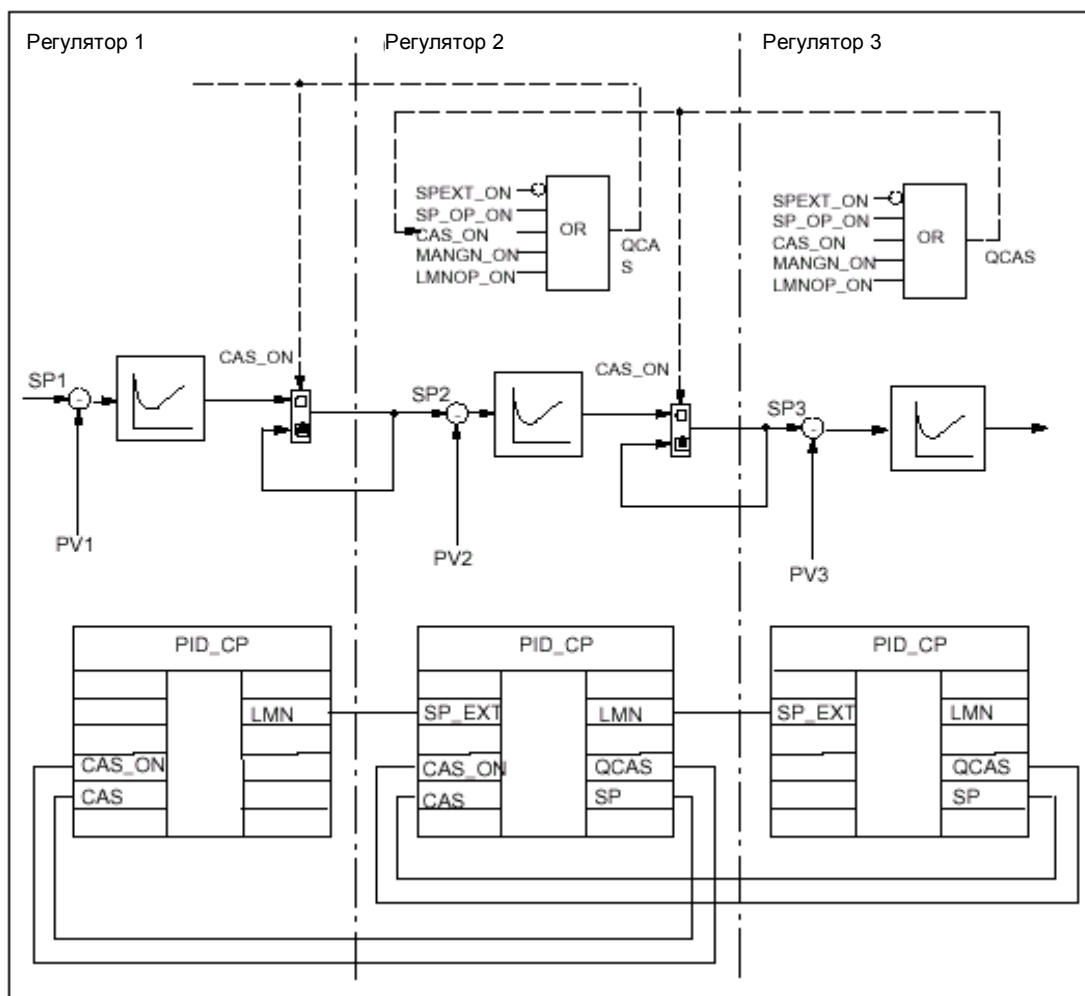


Рис. 5-14 Соединение каскадов в системе с двумя вторичными регуляторами



## 5.4 Модуль генератора импульсов (PULSEGEN)

### Применение

Функция "генератор импульсов" обеспечивает импульсный выход регулятора на основе ПО "Standard PID Control" ("Стандартное ПИД-управление") для того, чтобы можно было управлять пропорциональными приводами. Функция позволяет реализовать ПИД-регуляторы с двух- и трехуровневым выходом с ШИМ модуляцией управляющего сигнала.

### Генератор импульсов

Модуль генератора импульсов стандартного блока FB "PID\_CP" преобразует входную переменную LMN ПИД-регулятора в последовательность импульсов с ШИМ-модуляцией с постоянным периодом следования, который устанавливается с помощью параметра PER\_TM.

Длительность импульса на периоде следования пропорциональна входной переменной. Период устанавливается с помощью параметра PER\_TM, и этот параметр не равен рабочему циклу генератора (processing cycle). Цикл PER\_TM содержит несколько рабочих циклов генератора импульсов, и числом вызовов функции "генератор импульсов" на периоде PER\_TM определяется точность ШИМ-модуляции данной функции.

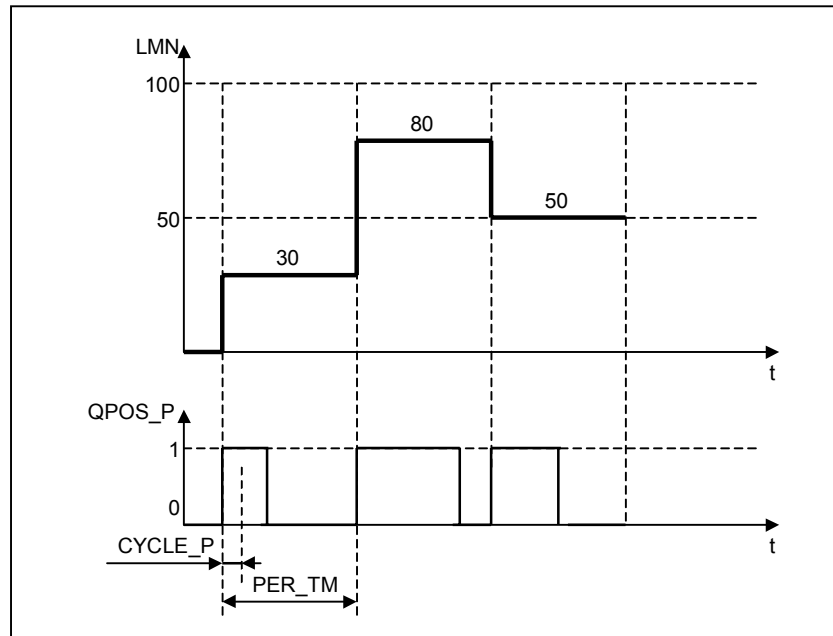


Рис. 5-15 Широтно-импульсная модуляция (ШИМ)

Входная переменная с уровнем 30% при 10 вызовах генератора импульсов на каждый период PER\_TM означают:

- "1" на выходе QPOS для первых трех вызовов генератора импульсов (30% из 10 вызовов);
- "0" на выходе QPOS для остальных семи вызовов генератора импульсов (70% из 10 вызовов).

**Время дискретизации  
регулятора CYCLE  
(sampling time)  
и дискрет  
ширины импульса  
CYCLE\_P**

Если необходимо использовать модуль генератора импульсов (PULSE\_ON = TRUE (ИСТИНА)), необходимо сначала задать временную характеристику (такт) для ОВ вызовов при вводе CYCLE\_P. Длительность генерируемых импульсов всегда кратно этому значению.

Определение времени дискретизации для других функций управления PID\_CP обеспечивается при вводе CYCLE. Функциональный блок PID\_CP работает с функциями управления и определяет длительность импульсов в соответствии с параметром "время дискретизации" CYCLE.

Необходимо обеспечивать, чтобы параметр CYCLE всегда был кратен параметру CYCLE\_P. Если это условие не будет выполняться, то в функциональном блоке PID\_CP автоматически будет сделано округление величины дискретизации времени для функций управления до значения, кратного CYCLE\_P. Тогда функции, зависящие от времени (например, функции сглаживания, интегрирования, дифференцирования) не будут работать правильно.

Параметр CYCLE может быть выбран меньшим по величине, чем период времени PER\_TM\_P или PER\_TM\_N. Это может быть предпочтительным, с одной стороны, для уменьшения износа оконечного регулирующего элемента, с другой стороны, для обеспечения большей гибкости в управлении быстрым процессом. Предпочтительное значение для CYCLE такое же, как для регулятора непрерывного управления без генератора импульсов, когда CYCLE не может быть меньше 10% длительности основной постоянной времени процесса в системе управления.

Пример для CYCLE\_P, CYCLE и PER\_TM\_P или PER\_TM\_N:

PER\_TM\_P = 10 с, CYCLE = 1 с, CYCLE\_P = 100 мс.

Новое значение управляющей переменной рассчитывается каждую секунду. Сравнение значения управляющей переменной с текущей длиной выходного импульса или длиной перерыва (паузы) выполняется каждые 100 мс.

Если на выходе импульс, и расчетное значение управляющей переменной больше, чем отношение (текущая длина выходного импульса / PER\_TM\_P), импульс продлевается. В противоположном случае импульс на выходе будет снят.

Если на выходе импульса нет и величина (100 % - расчетное значение управляющей переменной) больше, чем отношение (текущая длительность паузы между выходными импульсами / PER\_TM\_P), то пауза продлевается. В противоположном случае на выход будет выдан импульс.

Для каждого отдельно взятого процесса увеличение или уменьшение управляющей переменной в течение периода вызывает увеличение или уменьшение длительности импульса на выходе регулятора. Если в отдельно взятом случае (CYCLE < PER\_TM\_P), период времени сконфигурирован настолько большим, что это вызывает колебания значения управляющего сигнала, то действующий период времени будет уменьшен до приемлемого значения функциональным блоком PID\_CP.

**Точность функции  
импульсного  
генератора**

Чем меньше по длительности дискрет импульсов CYCLE\_P в сравнении с периодом времени PER\_TM\_P (или PER\_TM\_N), тем точнее широтно-импульсная модуляция выходных импульсов.

Чтобы достигнуть достаточно точного управления, рекомендуется придерживаться соотношения:  $CYCLE_P \leq PER\_TM / 100$ .

### Создание очень коротких дискретов выходных импульсов

В случае процессов с очень быстрой динамикой необходимо формировать выходные импульсы с очень коротким дискретом (например, 10 мс).

Из-за длительности выполнения программы не имеет смысла запускать функции алгоритма управления во время тех же временных прерываний ОВ, которые приняты для вычисления выходного импульса. Переместите обработку функций управления или в ОВ 1 или в ОВ с большим периодом прерывания (обработка функций управления в ОВ 1 предпочтительна, только когда время сканирования ОВ 1 заметно меньше времени дискретизации регулятора CYCLE).

Используйте параметр SELECT для определения моментов выполнения программы. В следующей таблице приведен краткий обзор конфигурации параметра SELECT:

SELECT	Назначение блока	Метод выполнения
0	Функции управления алгоритма и расчет выходных импульсов	Функции управления алгоритма и расчет выходных импульсов в одном и в подобных блоках
1	Вызов в ОВ1 (функции управления)	Функции управления в ОВ1, импульсный выход в ОВ ("быстрого") периодического прерывания
2	Вызов в ОВ периодического прерывания (выходные импульсы)	
3	Вызов ОВ ("медленного") периодического прерывания (функции управления)	Функции управления в ОВ ("медленного") периодического прерывания, импульсный выход в ОВ ("быстрого") периодического прерывания
4	Вызов ОВ ("быстрого") периодического прерывания (выходные импульсы)	

Следующие абзацы поясняют методы, приведенные в таблице, для очень коротких дискретов импульсов более подробно.

- Функции управления в ОВ1, выходной импульс в ОВ периодического прерывания

Если FB "PID\_CP" вызывается с параметром SELECT = 2, выполняется вычисление выходного импульса и проверяется факт окончания интервала дискретизации CYCLE, начиная с последней обработки функций управления.

Если этот интервал дискретизации истек, записывается значение TRUE (ИСТИНА) в переменную QC\_ACT в экземпляре DB.

Если FB "PID\_CP" вызывается с параметром SELECT = 1, оценка переменной QC\_ACT в экземпляре DB выполняется следующим образом:

если QC\_ACT имеет значение FALSE (ЛОЖЬ), программа блока завершается немедленно; в этом случае требуется очень короткое время выполнения;

если QC\_ACT имеет значение TRUE (ИСТИНА), расчет функций управления выполняется один раз и QC\_ACT сбрасывается.

Из-за такой процедуры интервал дискретизации для функции управления FB "PID\_CP" не может соблюдаться точно. Его значение колеблется вокруг времени выполнения блока OB1 (включая все прерывания). Поэтому этот процесс подходит только, если время выполнения OB1 мало в сравнении с интервалом дискретизации CYCLE.

- Функция управления в OB "медленного" периодического прерывания, выходной импульс в OB "быстрого" периодического прерывания.

Если FB "PID\_CP" вызывается с параметром SELECT = 2, всегда выполняется вычисление выходного импульса.

Если FB "PID\_CP" вызывается с параметром SELECT = 3, всегда выполняется вычисление функции управления.

### **Примечание**

Желательно программировать вызов FB "PID\_CP" с множеством формальных операндов только один раз в блоке-функции FC, который также имеет входной параметр SELECT. Тогда этот входной параметр связан с параметром SELECT FB "PID\_CP", и только этот FC вызывается в OB1 или в OB периодического прерывания.

Эта процедура снижает требуемое количество изменений в программе и требуемое количество памяти для программы.

### **Режимы регулятора импульсным выходом**

В соответствии с назначенными параметрами для генератора импульсов ПИД-регулятор может быть сконфигурирован как регулятор с трехуровневым выходом, с двухполярным или однополярным двухуровневым выходом. Следующая таблица показывает установки переключателей структуры для различных режимов.

Режим \ Переключатель	MAN_ON	STEP3_ON	ST2BI_ON
Трехуровневый регулятор	FALSE (ЛОЖЬ)	TRUE (ИСТИНА)	любое состояние
Двухуровневый регулятор, биполярный (-100%...+100%)	FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)	TRUE (ИСТИНА)
Двухуровневый регулятор, однополярный (0%...+100%)	FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)
Ручной режим	TRUE (ИСТИНА)	любое состояние	любое состояние

### **Трехуровневый регулятор**

В режиме трехуровневого регулятора сигнал управления может иметь три состояния: "больше – выкл - меньше", "вперед – стоп - назад", "нагрев – выкл - охлаждение" и т.д. В зависимости от требований к управлению процессом, значения состояния двоичных выходных сигналов QPOS\_P и QNEG\_P назначаются соответствующим рабочим состояниям оконечного управляющего элемента. В таблице показаны два примера:

	Нагрев Вперед	Выкл Стоп	Охлаждение Назад
QPOS_P	TRUE (ИСТИНА)	FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)
QNEG_P	FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)	TRUE (ИСТИНА)

Определением значений для минимальной длительности импульса или минимальной длительности паузы  $P\_B\_TM$  можно предотвратить чрезвычайно малые значения для времени включения и выключения, которые могут значительно сократить срок службы приводов и управляющих элементов (Рис. 5-16). Чтобы достичь этого, значения выходных импульсов должны быть приведены в соответствие с порогом чувствительности для привода.

#### **Примечание**

Малые абсолютные значения входной переменной  $LMN$ , генерирующие импульс меньшей длительности, чем  $P\_B\_TM\_P$  подавляются. Для больших абсолютных значений входной переменной  $LMN$ , генерирующих импульс большей длительности, чем  $(PER\_TM\_P - P\_B\_TM\_P)$ , устанавливаются в соответствие импульсы с длительностью 100% и (-100%).

Рекомендуется придерживаться соотношения:

$$P\_B\_TM\_P \leq 0.1 \cdot PER\_TM\_P.$$

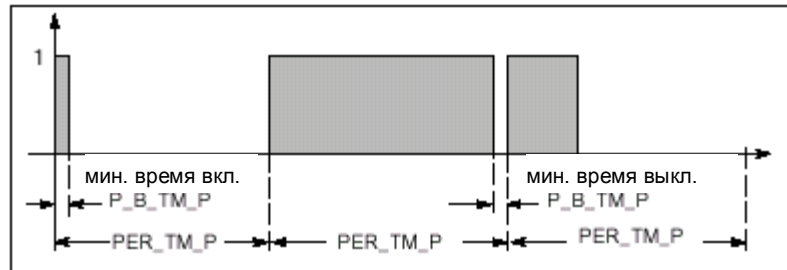


Рис. 5-16 Режимы включения и выключения на импульсном выходе регулятора

Длительность положительного и отрицательного импульсов может быть рассчитана умножением уровня входной переменной (в %) на период следования выходных импульсов:

$$\text{Длительность} = (LMN/100) \cdot PER\_TM\_P \text{ [с]}$$

импульса

Если импульсы с минимальными длительностями или паузы с минимальными длительностями подавляются, то характеристика преобразования в начале и конце диапазона преобразования имеет характерные отклонения от прямой зависимости (Рис.5-17).

Выражение, представленное выше, также справедливо для  $P\_B\_TM\_N$  и  $PER\_TM\_N$  (см. Рис.5-17).

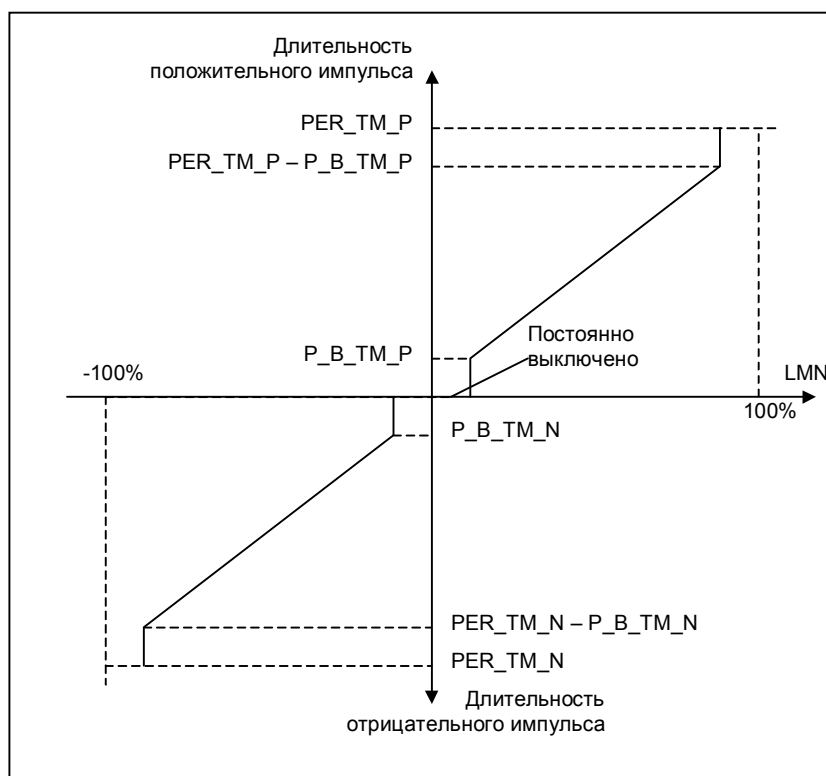


Рис.5-17 Симметричная характеристика 3-хуровневого регулятора (коэффициент пропорциональности равен 1)

### Асимметричный 3-хуровневый регулятор

Используя коэффициент  $RATIOFAC$ , коэффициент пропорциональности, связывающий длительности положительного и отрицательного импульсов. Коэффициент может быть изменен. В термических процессах, например, могут быть различные постоянные времени системы для нагревания и охлаждения. Если при одинаковых абсолютных значениях входной переменной  $|INV|$ , длительность отрицательного выходного импульса должна быть короче длительности положительного импульса, должен быть установлен коэффициент пропорциональности меньше 1 (см. Рис.5-18):

Длительность положит. имп. > Длительность отрицат. имп.

$RATIOFAC < 1$

Длит. отрицат. имп.:  $LMN/100 \cdot PER\_TM\_N \cdot RATIOFAC$

Длит. положит. имп.:  $LMN/100 \cdot PER\_TM\_P$

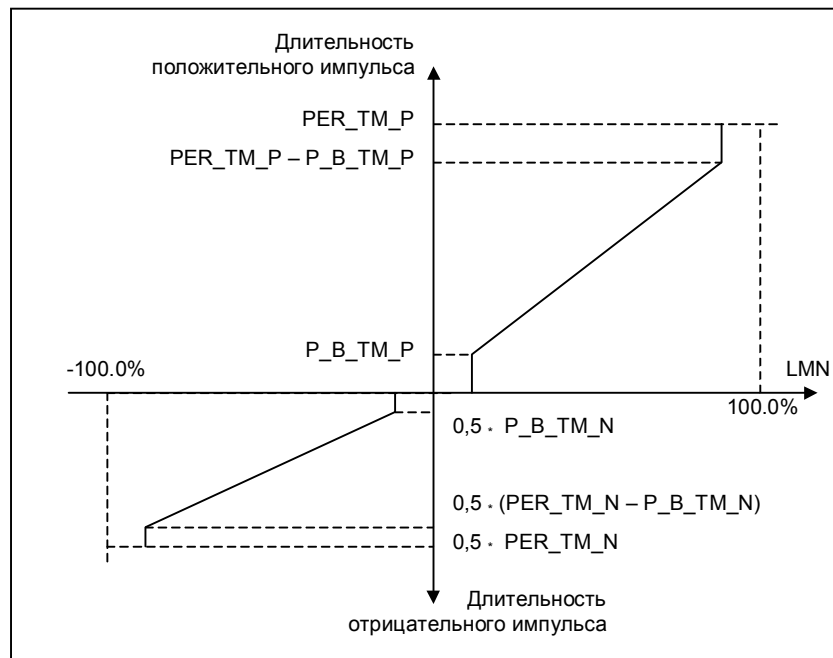


Рис.5-18 Асимметричная характеристика 3-хуровневого регулятора (коэффициент пропорциональности равен 0,5)

Если при одинаковых абсолютных значениях входной переменной  $|INV|$ , длительность положительного выходного импульса должна быть короче длительности отрицательного импульса, должен быть установлен коэффициент пропорциональности больше 1 (см. Рис.5-18):

Длительность положит. имп. < Длительность отрицат. имп.

$RATIOFAC > 1$

Длит. отрицат. имп.:  $LMN/100 \cdot PER\_TM\_N$

Длит. положит. имп.:  $LMN \cdot PER\_TM\_P/(100 \cdot RATIOFAC)$

Коэффициент пропорциональности также влияет на минимальный импульс или минимальную по длительности паузу (Рисунок 5-18). Математически, это означает что при  $RATIOFAC < 1$ , значение длительности для отрицательных импульсов умножается на коэффициент пропорциональности, а при  $RATIOFAC > 1$ , значение длительности для положительных импульсов делится на коэффициент пропорциональности.

**Двухуровневый регулятор**

В режиме двухуровневого регулятора к управляющему выводу оконечного управляющего элемента подключается только выход положительных импульсов QPOS\_P. В зависимости от используемого диапазона ( $LMN = -100.0...+100.0\%$  или  $0.0...+100.0\%$ ) двухуровневый регулятор может иметь или биполярный или однополярный диапазон (Рис.5-19, 5-20). В однополярном режиме входное значение LMN может иметь значения только в диапазоне:  $0.0...100.0\%$ .

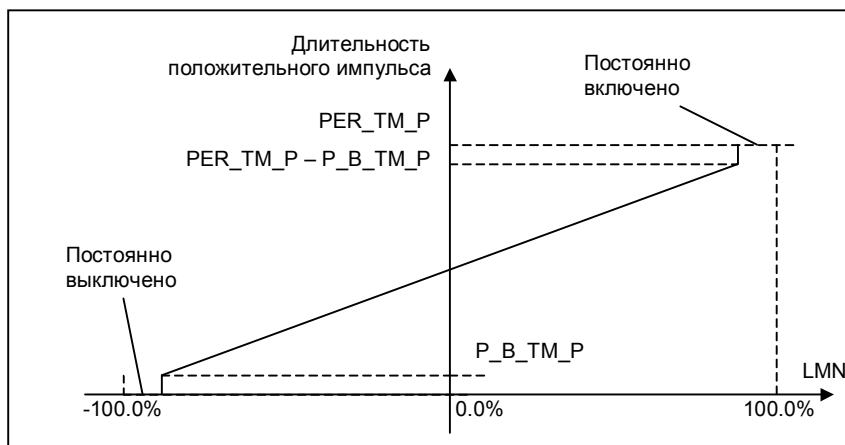


Рис.5-19 Характеристика 2-хуровневого регулятора с биполярным диапазоном ( $-100.0...+100.0\%$ )

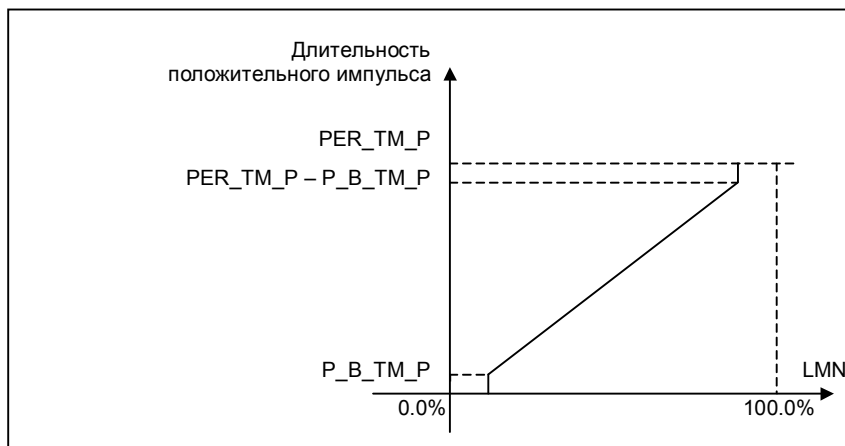


Рис.5-20 Характеристика 2-хуровневого регулятора с однополярным диапазоном ( $0.0...+100.0\%$ )

Инвертированный выходной сигнал выводится на QNEG\_P, если подключение двухуровневого регулятора в системе управления процессом требует логически инвертированного двоичного сигнала.

	Вкл	Выкл
QPOS_P	TRUE (ИСТИНА)	FALSE (ЛОЖЬ)
QNEG_P	FALSE (ЛОЖЬ)	TRUE (ИСТИНА)



# **Параметры модуля генератора импульсов**

Значения входных параметров не ограничиваются в блоке "PID\_CP". Параметры не проверяются.  
Во время полного перезапуска все параметры сбрасываются в 0.0.

Параметр	Значение	Допустимые значения
CYCLE_P	Время дискретизации модуля генератора импульсов	$\geq 1$ мс
SELECT	Выбор варианта точки программы для выполнения функций управления в текущем вызове прерывания (только для случая PULSE_ON = TRUE (ИСТИНА)): 0 – (по умолчанию) ПИД и генератор импульсов 1 – ПИД (вызов блока в ОБ1) 2 – генератор импульсов (вызов блока в ОБ периодического временного прерывания) 3 – ПИД (вызов блока в ОБ периодического временного прерывания)	
QC_ACT	Отображение того факта, будет ли обработана часть функций управления в следующем вызове блока (только для случая SELECT = 0 или 1):	
QPOS_P	Активизация положительных импульсов импульсного генератора	
QNEG_P	Активизация отрицательных импульсов импульсного генератора	
PULSE_ON	Активизация генератора импульсов	
STEP3_ON	Активизация для генератора импульсов режима: трехуровневый регулятор	
ST2BI_ON	Активизация для генератора импульсов режима: двухуровневый регулятор с биполярным диапазоном управления (в случае, если диапазон управления однополярный, параметр STEP3_ON должен быть равен FALSE (ЛОЖЬ))	
PER_TM_P	Для генератора импульсов: период следования положительных импульсов	
PER_TM_N	Для генератора импульсов: период следования отрицательных импульсов	
P_B_TM_P	Для генератора импульсов: минимальная длительность положительного импульса или паузы	
P_B_TM_N	Для генератора импульсов: минимальная длительность отрицательного импульса или паузы	
RATIOFAC	Коэффициент пропорциональности для асимметричных характеристик преобразования LMN в импульсы управления	0.1 ... 10.0

Входной параметр			Модуль генератора импульсов "PID_CP"	Выходной сигнал		
Параметр	Тип	*)		Сигнал	Тип	*)
COM_RST	BOOL	FALSE				
CYCLE	TIME	T#10ms				
SELECT	BYTE	0				
PULSE_ON	BOOL	FALSE				
STEP3_ON	BOOL	TRUE				
ST2BI_ON	BOOL	FALSE				
MP10	REAL	0.0		QC_ACT	BOOL	TRUE
				QPOS_P	BOOL	FALSE
				QNEG_P	BOOL	FALSE
CYCLE_P	TIME	T#10ms				
PER_TM_P	TIME	T#1s				
PER_TM_N	TIME	T#1s				
P_B_TM_P	TIME	T#50ms				
P_B_TM_N	TIME	T#50ms				
RATIOFAC	REAL	1.0				

\*) назначение при создании экземпляра DB

Рис. 5-21 Функции и параметры для функции "генератор импульсов".

# Регулятор пошагового управления (PID\_ES)

## 6

В данной главе рассматриваются следующие вопросы:

- Функции управления ПИД-регулятора пошагового действия
- Обработка сигналов в цепях управляющей переменной ПИД-регулятора пошагового действия с позиционной ОС
- Обработка сигналов в цепях управляющей переменной ПИД-регулятора пошагового действия без позиционной ОС
- ПИД-регулятор пошагового действия в каскадной системе управления

## 6.1 Функции управления ПИД-регулятора пошагового действия

### Функциональный блок PID\_ES

Кроме функций в цепях уставки и переменной процесса функциональный блок (FB2) обеспечивает все функции ПИД-регулятора с выходным сигналом в виде двоичной управляющей переменной, которую можно корректировать вручную. При этом существует возможность включать и выключать дополнительные функции.

С помощью FB в программируемом логическом контроллере в системе SIMATIC S7, Вы сможете управлять технологическими процессами и системами посредством соответствующих приводов. Регулятор может использоваться в системе стабилизации заданного значения параметра (уставки) или автономно, или во вторичных контурах многоконтурных систем управления, таких типов, как каскадная, смешанная или пропорциональная, но указанный регулятор не может использоваться как главный (со статусом master) регулятор.

Обработка сигналов в цепях уставки и переменной процесса, а также обработка и мониторинг сигнала рассогласования (ошибки) в регуляторе пошагового управления идентична обработке в регуляторе непрерывного управления. Детальные описания этих функций для обоих типов регуляторов можно найти в 4 главе данного руководства.

### Нормализация входных переменных ER и PV

Входные переменные ER и PV ПИД-регулятора перед обработкой регулятором должны быть нормализованы в диапазоне (0...100) по формулам:

- Если функция извлечения корня выключена (SQRT\_ON = FALSE (ЛОЖЬ)), то:

$$ER_{\text{норм.}} = ER \cdot 100.0 / (NM\_PVHR - NM\_PVLR)$$

$$PV_{\text{норм.}} = (PV - NM\_PVLR) \cdot 100.0 / (NM\_PVHR - NM\_PVLR)$$

- Если функция извлечения корня включена (SQRT\_ON = TRUE (ИСТИНА)), то:

$$ER_{\text{норм.}} = ER \cdot 100.0 / (SQRT\_HR - SQRT\_LR)$$

$$PV_{\text{норм.}} = (PV - SQRT\_LR) \cdot 100.0 / (SQRT\_HR - SQRT\_LR)$$

Нормализация предполагает, что коэффициент усиления GAIN ПИД-регулятора не имеет размерности. Если верхний и нижний пределы физического диапазона измерения изменится (скажем, с единиц давления бар на мбар), коэффициент усиления не должен измениться.

Нормализованные входные переменные  $ER_{\text{норм.}}$  и  $PV_{\text{норм.}}$  не могут быть проконтролированы.

**Функциональная  
схема регулятора  
пошагового  
управления с  
позиционной ОС**

Режим работы регулятора пошагового управления с формированием сигнала позиционной обратной связи базируется на алгоритме ПИД-управления дискретно включаемого регулятора с добавлением функциональных элементов для генерации двоичного выходного сигнала из аналогового управляющего сигнала регулятора (Рис.6-1).

Трехуровневый переключающий элемент (элемент, имеющий три состояния) преобразует сигнал, получаемый при сравнении управляющей переменной LMN и сигнала позиционной обратной связи (сигнала, отображающего текущее положение движущегося элемента привода), в выходной сигнал в виде положительных или отрицательных импульсов, которые затем могут быть поданы на механический привод для регулирования процесса. Практически это пример системы каскадного регулирования со вторичным контуром управления положением объекта.

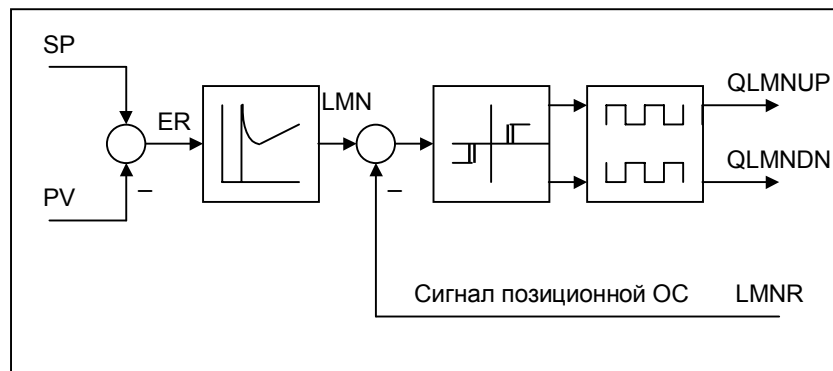


Рис.6-1 Функциональная схема регулятора пошагового управления с обработкой сигнала позиционной обратной связи

**Функциональная  
схема регулятора  
пошагового  
управления без  
формирования  
сигнала ОС от  
позиционирования  
привода**

Действие И-составляющей регулятора пошагового управления без сигнала позиционной обратной связи рассчитывается для интегратора в цепи ОС. Сигнал обратной связи, который сравнивается с выходным сигналом (управляющей переменной) LMN ПД-регулятора, генерируется исходя из положения привода, определяемого косвенным образом.

Как только один из выходов активизируется, значение  $(ER_{\text{норм.}} \cdot \text{GAIN} / \text{TI})$  устанавливается в 0. Это означает, что одно из значений  $(\pm 100/\text{MTR\_TM})$  прикладывается ко входу интегратора, когда работает (активен) привод. Когда выходы неактивны, положение противоположно – на вход интегратора поступает сигнал  $(ER_{\text{норм.}} \cdot \text{GAIN} / \text{TI})$ , так что нулевой разностный сигнал будет поступать на компаратор в цепи управляющей переменной при установившемся процессе.

Трехуровневый переключающий элемент в зависимости от управляющей переменной LMN и знака сигнала обратной связи формирует выходной сигнал в виде положительных или отрицательных импульсов, которые затем могут быть поданы на механический привод для регулирования процесса.

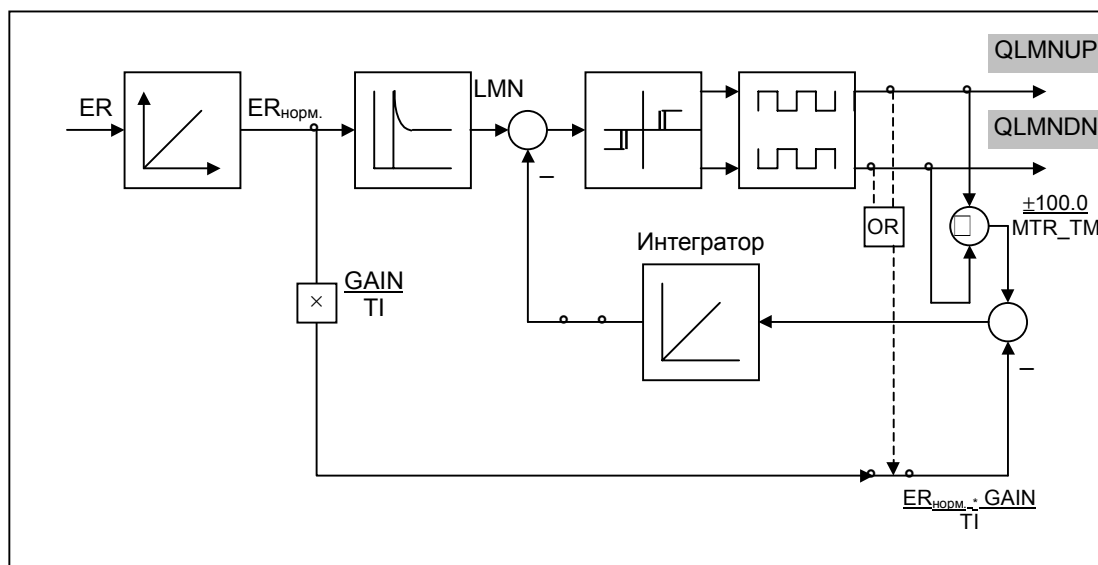


Рис.6-2 Функциональная схема регулятора пошагового управления без формирования сигнала позиционной обратной связи

## Перезапуск и полный перезапуск

Функциональный блок PID\_ES включает в себя программу инициализации, которая запускается, если установлен параметр COM\_RST = TRUE (ИСТИНА).

### Функция "Пила" (RMP\_SOAK)

При включении функции "Пила" (RMP\_SOAK) временные отрезки с номерами DB\_NBR PI[0 ... NBR\_PTS].TMV между точками координат суммируются и отображаются в параметрах: полное время T\_TM и полное оставшееся время RT\_TM.

Если точка PI[n].TMV скорректирована в интерактивном режиме или установлены TM\_CONT и TM\_SNR, то полное время T\_TM и полное оставшееся время RT\_TM также изменяются. Так как вычисление параметров T\_TM и RT\_TM значительно увеличивает время работы функции RMP\_SOAK при большом числе координатных точек, такие расчеты выполняются только при полном перезапуске или при установке TUPDT\_ON = TRUE (ИСТИНА).

### Функция интегрирования (INT)

При запуске регулятора интегратор инициализируется значением I\_ITLVAL. При его вызове по циклическому прерыванию он запускается с этим значением.

На всех других выходах устанавливаются значения, принятые по умолчанию.

## 6.2 Обработка сигнала управляющей переменной регулятора пошагового управления с формированием сигнала позиционной обратной связи

### 6.2.1 Режимы регулятора пошагового управления

#### Структура регулятора пошагового управления

Регулятор пошагового управления (PID\_ES) с позиционной ОС состоит из двух частей: управляющей части, работающей с аналоговыми сигналами, которая в основном идентична структуре функционального блока PID\_CP, и второй части, в которой генерируются двоичные сигналы управления, и в которой организован контур управления, использующий сигнал позиционной обратной связи (Рис.6-3).

Выход сигнала, сформированного согласно ПИД-алгоритму, является опорным входом для позиционного контура управления и, следовательно, определяет состояние привода (с мотором).

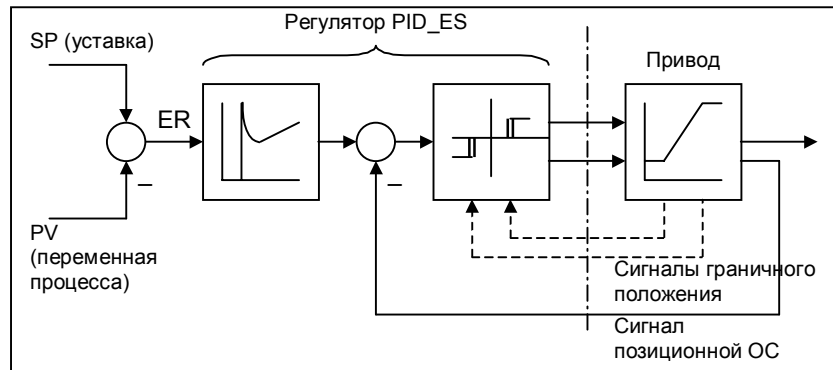


Рис.6-3 Структура регулятора пошагового управления с сигналом позиционной обратной связи

Во избежание перегрузки двигателя в приводе могут формироваться сигналы граничного положения (LMNR\_HS и LMNR\_LS) для управления (для блокирования выходов регулятора) (Рис.2-16). Если привод не формирует сигналы граничного положения, необходимо установить:  
 $LMNR\_HS = LMNR\_LS = FALSE$  (ЛОЖЬ)

#### Примечание

Если привод не формирует сигналы граничного положения, то нельзя определить, достигнуто или нет предельное положение подвижной части привода. При этом возможна ситуация, когда регулятор выдает сигнал на открытие клапана, тогда как тот уже находится в полностью открытом состоянии.

**Режимы работы регулятора пошагового управления**

**Выбор режима: регулятор с сигналом позиционной ОС**

При наличии сигнала позиционной ОС для соответствующего привода должна быть установлена структура регулятора как на Рис. 6-3 включением LMNR\_ON = TRUE (ИСТИНА).

Если не используется сигнал позиционной обратной связи, то выбирается структура регулятора в соответствии с другим состоянием параметра LMNR\_ON = FALSE (ЛОЖЬ).

**Примечание**

Переключатель режимов LMNR\_ON не может использоваться, если регулятор находится в интерактивном режиме (on-line).

**Рабочие режимы**

Регулятор пошагового управления может работать в тех же режимах, что и регулятор непрерывного управления, т.е. в "автоматическом" ("automatic") режиме с использованием замкнутого контура управления и "ручном" ("manual") режиме, в котором приводом управляют вручную с разомкнутым контуром управления. В регуляторе пошагового управления кроме возможности выбора сигналов управления для ручного режима с помощью задания абсолютного значения сигнала (MAN) или регулирования сигнала с помощью генератора сигнала ручного управления (MAN\_GEN) предусмотрена возможность переключения выходных сигналов с помощью LMNS\_ON.

**Автоматический режим**

Если установлен режим MAN\_ON = FALSE (ЛОЖЬ) управляющая переменная, сформированная в соответствии с ПИД-алгоритмом поступает на выходной элемент, имеющий три состояния. При переключении с ручного режима на автоматический происходит скачок управляющей переменной LMN. Но это обстоятельство не приносит вреда, так как процесс управляется с использованием интегрирующего привода, обеспечивающего плавное переключение (с характеристикой "пила"). Сигнал управляющей переменной, сформированный в соответствии с ПИД-алгоритмом, подается на контрольную точку MP7.

**Переключение на ручной режим в автоматическом режиме**

При автоматическом режиме значение I/O сигнала от привода (LMNR\_IN, если LMNRP\_ON = FALSE (ЛОЖЬ) и MP10, если LMNRP\_ON = TRUE (ИСТИНА)) через переключатели подключено к цепям управляющей переменной. При переключении на ручной режим значение управляющей переменной остается на уровне выходного сигнала, соответствующего положению привода. Это значение может быть изменено только посредством вмешательства оператора.

**Ручной режим**

В ручном режиме регулятор пошагового управления имеет три варианта работы (три режима):

- ручной режим с использованием сигнала MAN;
- ручной режим с прогоном сигнала вверх/вниз (генератор сигнала) (MAN\_GEN);
- ручной режим непосредственным переключением двоичных выходов.



Способы генерации сигнала ручного режима показаны на Рис. 6-4. Посредством параметра MAN (-100,0%...+100,0%) значение управляющего сигнала вводится вручную, как абсолютная величина, или же вводится из программы пользователя.

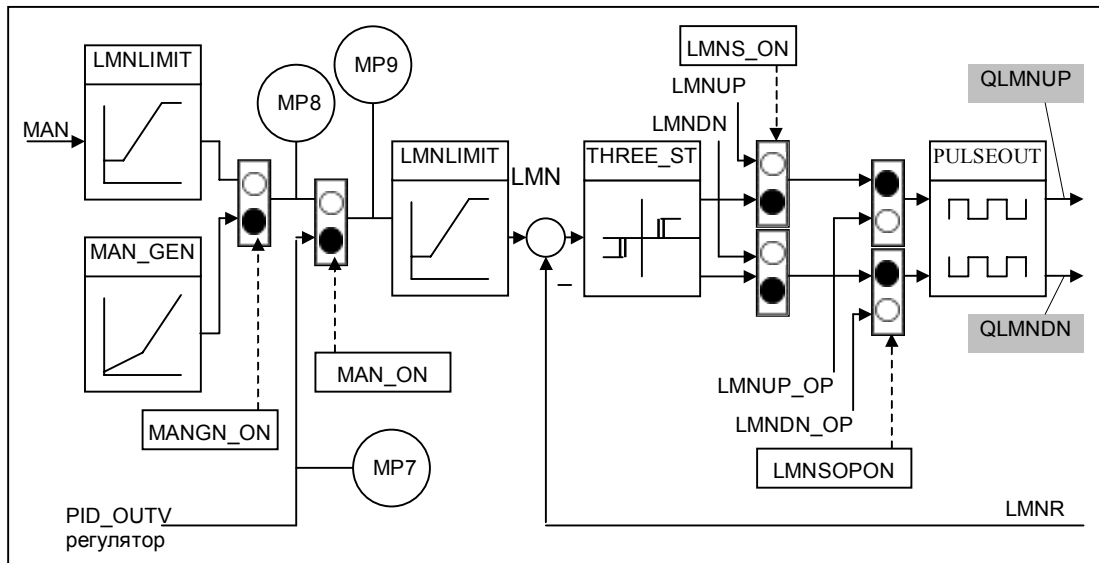


Рис. 6-4 Режимы и генерация сигнала ручного управления регулятора пошагового управления в схеме с сигналом позиционной обратной связи.

Значение управляющей переменной, сформированной с помощью функции MAN\_GEN, может быть проверено в контрольной точке (MP9). С помощью генератора сигнала ручного режима величина управляющей переменной может быть увеличена или уменьшена в пределах между значениями LMN\_HLM и LMN\_LLM. Благодаря непосредственному влиянию на состояние выходного сигнала переключение управляющей переменной на уровни LMNUP или LMNDN всегда имеет приоритет перед другими режимами. Когда такой режим выключается посредством сброса параметра LMNS\_ON = FALSE (ЛОЖЬ), переход к уровню сигнала включаемого режима (согласно установкам переключателей структуры) будет плавным.

### Переключение режимов

Следующая таблица иллюстрирует возможные режимы регулятора пошагового управления с соответствующими значениями управляющих сигналов для переключателей структуры.

Таблица 6-1 Режимы регулятора пошагового управления

Переключатель Режим	MANGN_ON	MAN_ON	LMNS_ON
Автоматический режим	Любое состояние	FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)
Ручной режим без генератора (абс. значение)	FALSE (ЛОЖЬ)	TRUE (ИСТИНА)	FALSE (ЛОЖЬ)
Ручной режим с генератором	TRUE (ИСТИНА)	TRUE (ИСТИНА)	FALSE (ЛОЖЬ)
Ручной режим с переключением импульсов	Любое состояние	Любое состояние	TRUE (ИСТИНА)

## 6.2.2 Воздействие на управляющую переменную с помощью утилиты конфигурирования

Отображение  
установка LMN  
с помощью  
утилиты "Монитор  
регулятора"  
("Loop monitor")

Утилита конфигурирования имеет свой собственный интерфейс с FB регулятора. Поэтому с его помощью можно разорвать цепь управляющей переменной и задать для нее свое собственное значение, то есть LMN\_OP, при работе с PG/ПК, на котором установлена утилита конфигурирования (см. Рис.6-5)

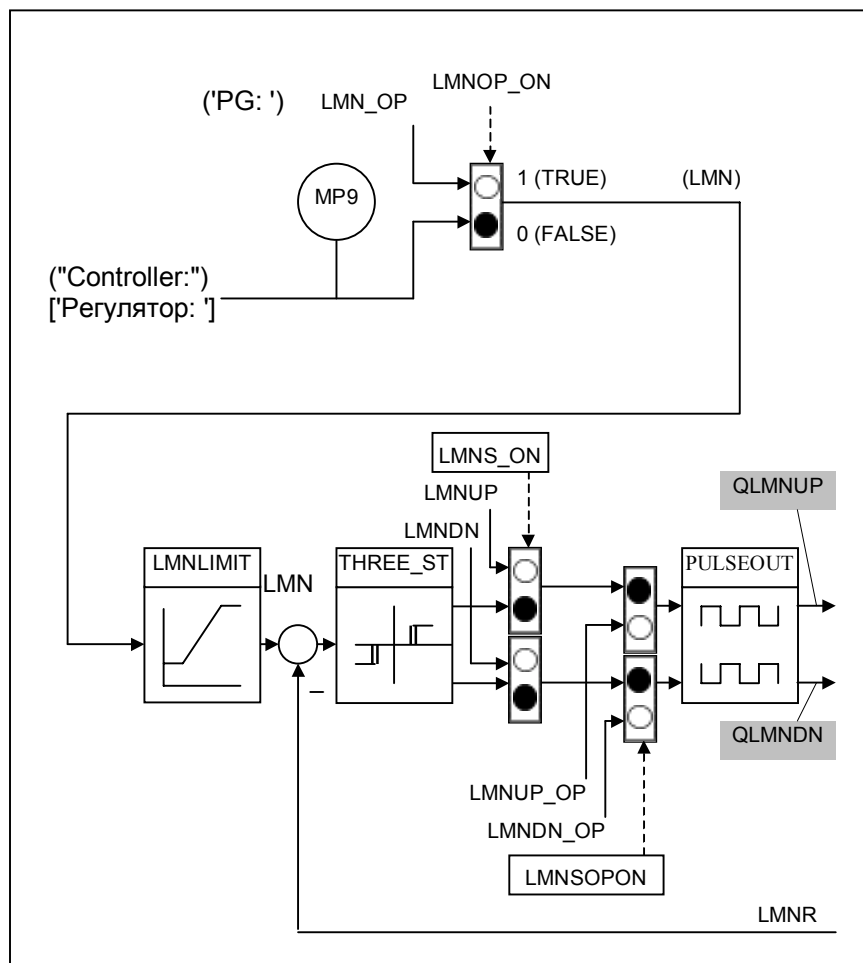


Рис.6-5 Подключение к цепям управляющей переменной с использованием утилиты конфигурирования.

Одна из трех панелей интерфейса с FB регулятора в утилите **loop monitor** (монитор регулятора) помечена **manipulated value** (управляющая переменная). Здесь управляющая переменная, подключенная к контрольной точке MP9, отображается в поле "Controller:" ("Регулятор:"). Вход с пометкой "PG:" используется для отображения и изменения параметра LMN\_OP.

**Переключение  
вариантов LMN с  
помощью утилиты  
конфигурирования**

Если переключатель в утилите конфигурирования стоит в позиции "PG", сигнал переключения переключателя структуры установлен в LMNOP\_ON = TRUE (ИСТИНА) и LMN\_OP поступает в FB регулятора в качестве управляющей переменной.

Если переключатель "PG:"/"Controller:"("Регулятор:") установлен в положение "PG:", параметр LMNSOPON = TRUE (ИСТИНА), выходами управляющего сигнала можно управлять с помощью параметров LMNUP\_OP (верхнее положение) и LMNDN\_OP (нижнее положение) в контуре управления.

Это применимо к регуляторам пошагового управления, как с формированием сигнала позиционной обратной связи, так и без формирования такого сигнала.

Все эти манипуляции сигналами в цепях управляющей переменной оказывают влияние на процесс, только если Вы перешлете их в PLC, нажав кнопку "Send" ("Переслать") в интерфейсе утилиты Loop Monitor (Монитор регулятора).

### 6.2.3 Ограничение абсолютного значения управляющей переменной (LMNLIMIT)

#### Применение

Рабочий диапазон значений (положений), другими словами, диапазон, внутри которого может принимать определенные значения (положения) привод, определяется диапазоном значений управляющей переменной. Так как границы разрешенного диапазона управляющей переменной обычно не совпадают с граничными значениями 0% и 100% полного диапазона управляющей переменной, часто приходится устанавливать ограничения на диапазон изменения последней.

Чтобы избежать критических или недопустимых состояний процесса управляющая переменная не должна нарушать верхнее и нижнее граничные значения своего рабочего диапазона в цепи управляющей переменной.

#### Функция LMNLIMIT

Функция LMNLIMIT ограничивает сигнал  $LMN(t)$  выбираемыми нижним и верхним граничными значениями  $LMN\_LLM$  и  $LMN\_HLM$ , если входной сигнал (входная переменная)  $INV$  выходит за эти границы. Так как данная функция не может быть выключена пользователем, верхний и нижний пределы для  $INV$  всегда должны назначаться при конфигурировании регулятора.

Численные значения этих пределов (в виде %) устанавливаются во входных параметрах. Если входные значения  $inv(t)$  превышают эти границы, это отображается на соответствующих сигнальных выходах (Рис.6-7).

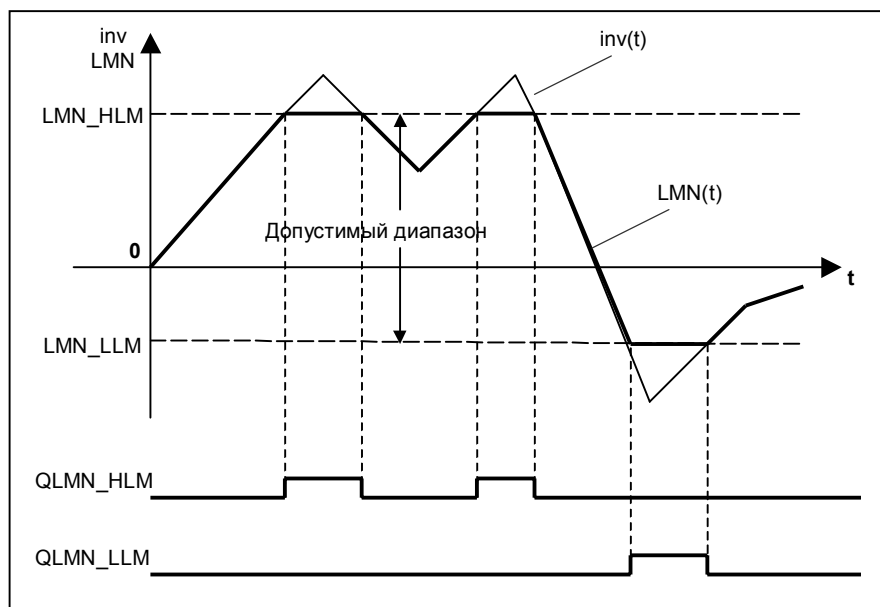


Рис.6-6 Ограничение абсолютного значения управляющей переменной  $LMN(t)$

**Запуск и режимы работы**

В случае полного перезапуска все сигнальные выходы устанавливаются в 0.  
Действие ограничения показано ниже в таблице:

LMN	QLMN_HLM	QLMN_LLM	Условие
LMN_HLM	TRUE (ИСТИНА)	FALSE (ЛОЖЬ)	$inv \geq LMN\_HLM$
LMN_LLM	FALSE (ЛОЖЬ)	TRUE (ИСТИНА)	$inv \leq LMN\_LLM$
INV	FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)	$LMN\_LLM < inv < LMN\_HLM$

Действующее значение управляющей переменной регулятора отображается на выходе (параметр LMN).

**Параметры функции LMNLIMIT**

Входное значение *inv* является неявным параметром и доступно для контроля в параметре LMNFC\_IN или в контрольной точке MP9 с помощью утилиты конфигурации.  
Условие для правильной работы функции ограничения:  
 $LMN\_LLM < LMN\_HLM$

Параметр	Значение	Допустимые значения
LMN_HLM	Верхняя граница сигнала управляющей переменной.	$LMN\_LLM \dots 100.0$ [%]
LMN_LLM	Нижняя граница сигнала управляющей переменной.	$-100.0 \dots LMN\_HLM$ [%]

Входной параметр			LMNLIMIT	Выходной сигнал		
Параметр	Тип	*)		Сигнал	Тип	*)
inv	REAL	0,0		QLMN_HLM	BOOL	FALSE
				LMN	REAL	0,0
				QLMN_LLM	BOOL	FALSE
LMN_HLM	REAL	100,0				
LMN_LLM	REAL	0,0				

\*) назначение при создании экземпляра DB  
Рис. 6-7 Функции и параметры для функции ограничения абсолютных значений управляющей переменной.

6.2.4 Обработка сигнала позиционной обратной связи (LMNR)

**Адаптация сигнала** Перед передачей сигнала позиционной обратной связи на компаратор в цепи управляющей переменной этот сигнал должен быть обработан соответствующими функциями (Рис.6-8). Для этого сигнал позиционной обратной связи передается на специальные входы. Вход LMNR\_PER используется для подключения сигналов в формате SIMATIC I/Os (формат периферийных входов/выходов). Вход LMNR\_IN используется для подключения сигналов в формате чисел с плавающей точкой.

Соответствующее внутреннее значение сигнала доступно в контрольной точке MP10, как относительная величина (%).

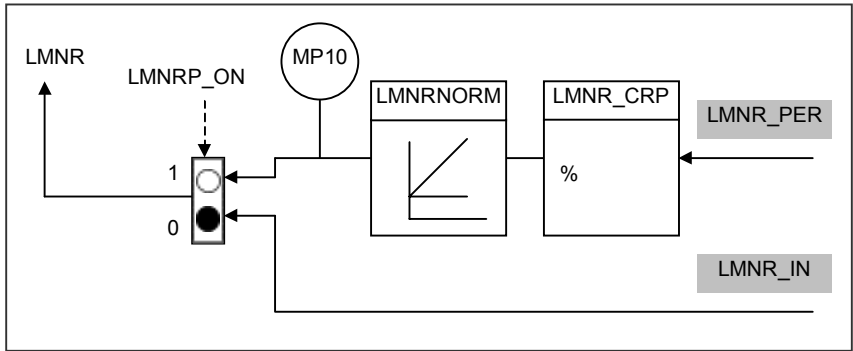


Рис. 6-8 Обработка сигнала позиционной ОС для регулятора пошагового управления

**Функция LMNR\_CRP**

Если сигнал позиционной ОС обеспечивается аналоговым входным модулем, то численное значение слова I/O данных (I/O data word) должно быть преобразовано в число формата с плавающей точкой (как относительная величина [%]).

Функция LMNR\_CRP переводит значение сигнала позиционной ОС на входе LMNR\_PER в относительную величину [%] в формате числа с плавающей точкой. При этом не производится проверок на наличие переполнения (для положительных и отрицательных значений), на уход привода в предельное положение (с "плюсом" и "минусом"), а также на обрыв провода с сигналом управления.

Следующая ниже таблица обеспечивает обзор диапазонов и численных значений до и после выполнения преобразования данных согласно алгоритму нормализации функцией LMNR\_CRP.

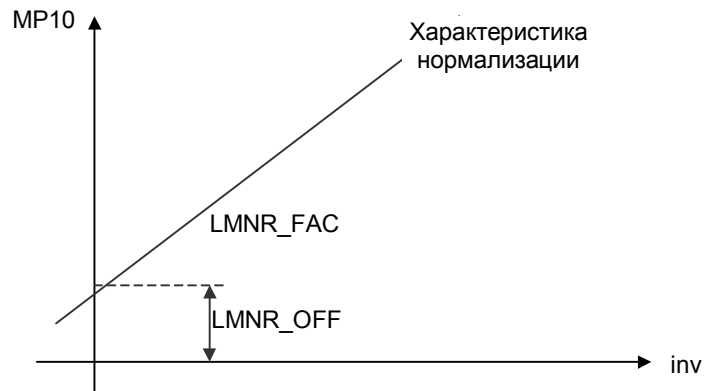
Значение LMNR_PER (периферийные вх/вых)	Выходное значение [%]
32767	118,515
27648	100,000
1	0,003617
0	0,000
-1	-0,003617
-27648	-100,000
-32768	-118,519

### Функция LMNRNORM

Если параметр позиционирования движущихся частей механического привода является физической величиной (например, 240...800 мм или диапазон угловых градусов 0°...60°), тогда входной сигнал позиционной обратной связи, который необходимо конвертировать в относительные единицы в формате числа с плавающей точкой, должен быть также нормализован (нормирован) к диапазону 0.0 ... 100.0%.

Для определения характеристики преобразования (нормализации) должны быть определены следующие параметры:

- коэффициент (коэффициент наклона) LMNR\_FAC;
- смещение характеристики нормализации от нуля LMNR\_OFF.



Нормализованное значение MP10 (Рис.6-8) рассчитывается исходя из входного значения inv (LMNR\_PER) в соответствии с формулой:

$$MP10 = inv \cdot LMNR\_FAC + LMNR\_OFF$$

### Перезапуск

Функция LMNRNORM активна при LMNRP\_ON = TRUE (ИСТИНА). Она не накладывает ограничений на значения и не проверяет параметры.

### Параметры функций LMNR\_CRP и LMNRNORM

Периферийный входной сигнал LMNR\_PER подается в цепь обратной связи при установлении параметра LMNRP\_ON = TRUE (ИСТИНА). Значение LMNR\_PER (во внутреннем формате) доступно в контрольной точке MP10.

Параметр	Значение	Допустимые значения
LMNR_PER	Сигнал обратной связи в формате периферии	
LMNR_FAC	Коэффициент характеристики нормализации входного сигнала позиционной ОС LMNR_PER	Полный диапазон значений [безразмерных]
LMNR_OFF	Нулевое смещение LMNR характеристики нормализации	-100,0 ... +100,0 [%]

Входной параметр			LMNR_CRP и LMNRNORM	Выходной сигнал		
Параметр	Тип	*)		Сигнал	Тип	*)
LMNRP_ON	BOOL	False				
LMNR_IN	REAL	0.0				
LMNR_PER	INT	0		LMNR	REAL	
LMNR_FAC	REAL	1.0				
LMNR_OFF	REAL	0.0				

\*) назначение при создании экземпляра DB

Рис. 6-9 Функции и параметры при нормализации периферийной переменной – сигнала позиционной ОС.



### 6.2.5 Формирование управляющих сигналов (QLMNUP/QLMNDN)

#### Обработка сигналов

Разность между управляющей переменной LMN и сигналом позиционной ОС LMNR управляет трехуровневым элементом управления, обладающим свойством гистерезиса, THREE\_ST. Генератор импульсов PULSEOUT, который следует за этим элементом, обеспечивает такие минимальные значения для длительности импульса и паузы, которые позволяют избежать износа и повреждения приводов (Рис. 6-10). Если срабатывают концевые выключатели (LMNR\_HS/LMNR\_LS), соответствующий управляющий выход регулятора блокируется. Минимальные длительности импульса PULSE\_TM и паузы BREAK\_TM также должны учитываться, если сигналами двоичных выходов управляют вручную (LMNS\_ON = TRUE (ИСТИНА) или LMNSOPON = TRUE (ИСТИНА)). Если при этом срабатывают концевые выключатели, выход регулятора и в ручном режиме блокируется.

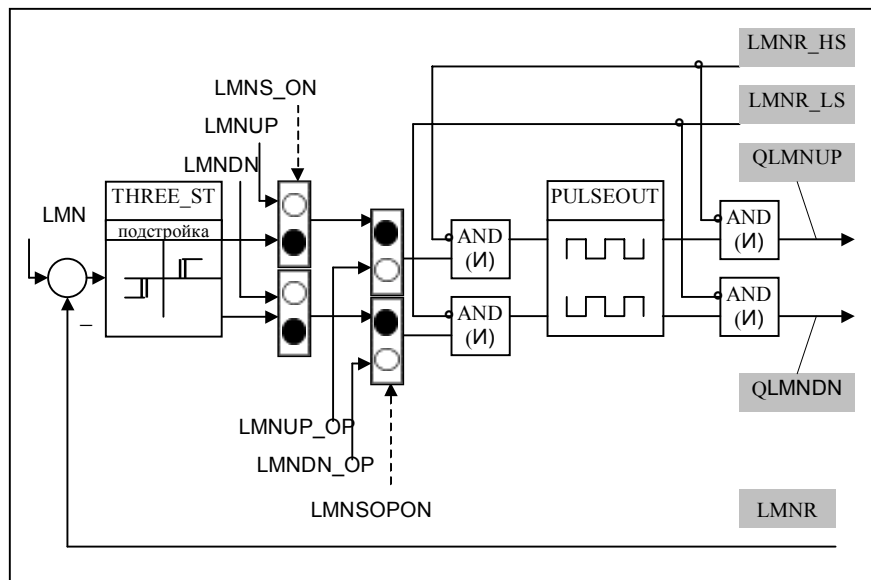


Рис.6-10 Формирование двоичного управляющего сигнала для регулятора пошагового управления с сигналом позиционной ОС

#### Трехуровневый элемент со свойством гистерезиса THREE\_ST

Разница между сигналами - текущей управляющей переменной регулятора и сигналом, обусловленным положением подвижной части привода, вызывает формирование входной переменной для трехуровневого элемента (элемента с тремя состояниями). Два двоичных сигнала формируются на его выходе, устанавливаются или сбрасываются в зависимости от величины и знака разностного входного сигнала.

Трехуровневый элемент реагирует на входной сигнал inv в соответствии с нижеприведенной таблицей (ThrOn = порог включения, ThrOff = порог выключения) и принимает одну из возможных комбинаций двоичных выходных сигналов UP/DOWN (Рис.6-11)

UP (верхний)	DOWN (нижний)	Входная комбинация
TRUE (ИСТИНА)	FALSE (ЛОЖЬ)	$INV \geq ThrOn$ или $INV > (ThrOff$ и $UP_{old} = TRUE$ (ИСТИНА))
FALSE (ЛОЖЬ)	TRUE (ИСТИНА)	$INV \leq -ThrOn$ или $INV < (-ThrOff$ и $DOWN_{old} = TRUE$ (ИСТИНА))
FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)	$ INV  \leq ThrOff$

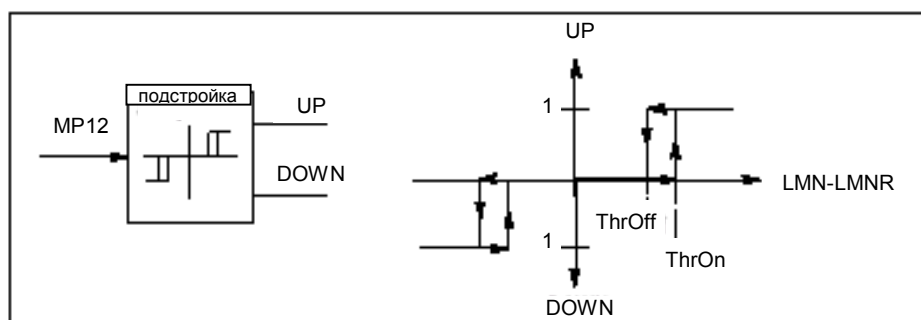


Рис.6-11 Функции трехуровневого элемента THREE\_ST

Порог выключения ThrOff должен быть выше, чем изменение в сигнале позиционной обратной связи после воздействия одного импульса. Это значение зависит от пускового времени двигателя MTR\_TM и рассчитывается следующим образом:

$$ThrOff = 0,5 \cdot \frac{110}{MTR\_TM} \cdot MAX(PULSE\_TM, CYCLE)$$

PULSE\_TM должен быть целым множителем времени дискретизации CYCLE.

### Примечание

Если время включения мотора (пусковое время мотора) слишком велико (на 10% выше реального пускового времени) сигналы управления QLMNUP и QLMNDN постоянно будут включаться и выключаться.

### **Адаптация (подстройка) пороговых значений ThrOn**

Для уменьшения частоты переключения элемента управления при корректировке больших уровней сигнала рассогласования, переходная характеристика элемента (пороговые значения  $\pm ThrOn$ ) автоматически адаптируется во время работы. Величина ThrOff остается постоянной, другими словами, порог ThrOff работает как нижний порог по отношению ThrOn. Для адаптации используется следующий алгоритм:

$$ThrOn = \text{минимальный из параметров } (|LMN-LMN-I|, |LMNR-LMN-I|)$$

Этот автоматический способ адаптации предполагает, что в течение времени, требуемого регулятору для корректировки большого сигнала рассогласования для переменной процесса порог включения высок. Разность между значением сигнала управляющей переменной и значением сигнала И-компонента также велика в этот период времени. Это же характерно и для разности между значением сигнала позиционной обратной связи и значением сигнала И-компонента в течение времени, требуемого для выхода на новую рабочую точку.

Минимальное из этих двух значений определяет текущую величину порога включения и, следовательно, частоту переключения элемента управления с тремя состояниями. Более высокий порог включения соответствует более низкой частоте переключения.

С другой стороны, разность уровней порогов включения и выключения, очень мала, когда процесс находится в устойчивом состоянии. При этом подстройка порогов включения обеспечивает минимальное значение ThrOff. Такая малая величина порога включения гарантирует то, что регулятор реагирует на малые отклонения процесса немедленно.

В режиме ручной настройки (MAN\_ON = TRUE (ИСТИНА)), адаптация (подстройка порогов включения) блокируется, и устанавливается нулевой гистерезис: ThrOn = ThrOff.

#### Функция генератор импульсов PULSEOUT

Генератор импульсов или выдает выходной импульс, или выключает его. При этом имеется некоторая минимальная длительность для импульса и паузы между импульсами.

Для защиты привода, можно выбрать импульс и паузу минимальной длины – соответственно, PULSE\_TM и BREAK\_TM. Длительность выходных импульсов QLMNUP и QLMNDN всегда больше длительности PULSE\_TM и пауза между двумя импульсами всегда больше длительности паузы BREAK\_TM.

Рис.6-12 иллюстрирует функции PULSEOUT на примере сигнала UP.

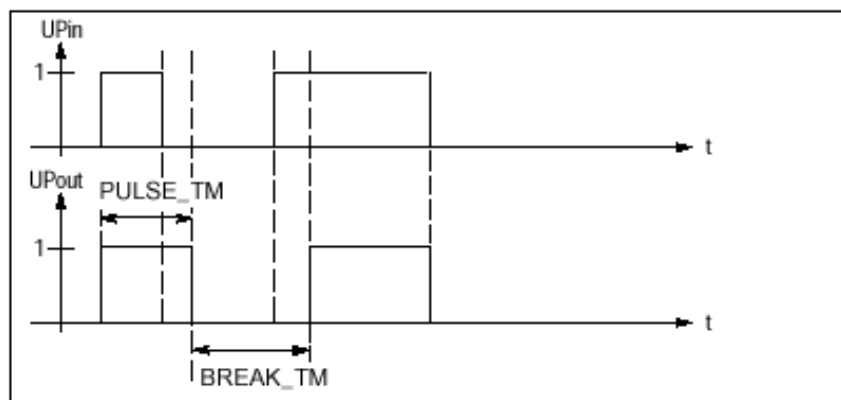


Рис.6-12 Функции генератора импульсов PULSEOUT.



### 6.3 Обработка сигнала управляющей переменной регулятора пошагового управления без сигнала позиционной обратной связи

#### Структура и функции регулятора пошагового управления

Регулятор пошагового управления (PID\_ES) без позиционной ОС состоит из двух частей: ПД-части, работающей с аналоговыми сигналами, и второй части, в которой генерируются двоичные сигналы управления, исходя из разности сигналов – сигнала ПД-компонента и сигнала обратной связи (Рис.6-14).

Интегратор в цепи обратной связи данного регулятора получает сигнал рассогласования из  $\pm 100/MTR\_TM$  и  $ER_{норм.} * GAIN/TI$ . Разностный сигнал, формируемый исходя из сигнала управления для механического привода и сигнала И-компонента, подается на выход интегратора. В установившемся состоянии на выходе интегратора и ПД-компонента будет нулевой уровень. Так как этот сигнал подается на вход элемента с тремя состояниями, двоичные сигналы управления QLMNUP и QLMNDN установятся в состояние FALSE (ЛОЖЬ).

И-компонент ПИД-регулятора заблокирован, другими словами,  $LMN\_I = 0$ . Функции для назначения установок для И-компонента или выполнения функции интегратора не реализованы для регулятора пошагового управления без сигнала позиционной обратной связи. Режим ручной настройки с использованием параметра MAN также опущен, потому что не имеется никакой информации относительно положения механического привода.

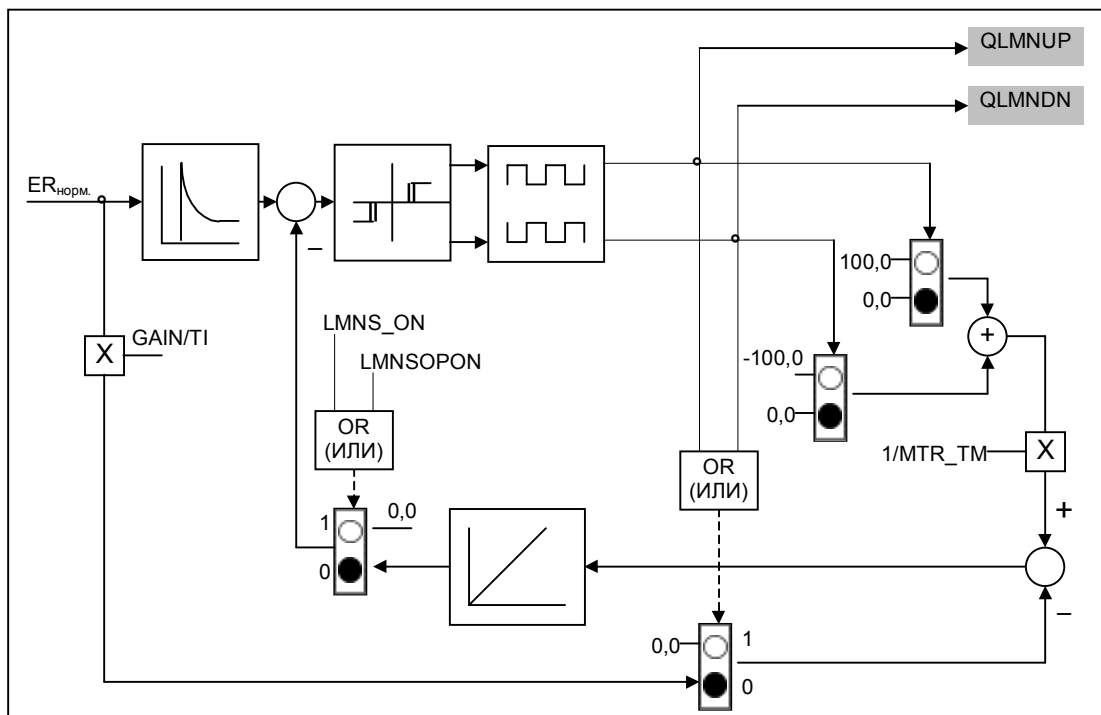


Рис. 6-14 Регулятор пошагового управления в схеме без позиционной обратной связи.

Во избежание перегрузки двигателя могут быть использованы сигналы граничного положения (LMNR\_HS и LMNR\_LS) для блокирования выходов регулятора (Рис.2-17). Если привод не формирует сигналы граничного положения, необходимо установить:

LMNR\_HS = LMNR\_LS = FALSE (ЛОЖЬ)

#### **Примечание**

Если привод не формирует сигналы граничного положения, то нельзя определить, достигнуто или нет предельное положение подвижной части привода. При этом возможна ситуация, когда регулятор выдает сигнал на открытие клапана, тогда как тот уже находится в полностью открытом состоянии.

#### **Режимы работы регулятора пошагового управления**

##### **Выбор режима: регулятор с сигналом позиционной ОС**

При отсутствии сигнала позиционной ОС для соответствующего привода должна быть установлена структура регулятора как на Рис. 6-4 включением LMNR\_ON = FALSE (ЛОЖЬ).

##### **Рабочие режимы**

Из-за отсутствия информации (сигналов) о положении привода, регулятор пошагового управления данной структуры не может работать в ручном режиме с помощью задания абсолютного значения сигнала (MAN) или в режиме регулирования сигнала с помощью генератора сигнала ручного управления (MAN\_GEN).

В регуляторе пошагового управления без сигнала позиционной ОС кроме возможности работы в "автоматическом" ("automatic") режиме имеется возможность (с помощью установки LMNS\_ON = TRUE (ИСТИНА)) "ручного" ("manual") режима, в котором приводом управляют вручную прямым включением выходных импульсов управления.

#### **Ручной ("manual") режим**

Если установлен ручной режим (с помощью LMNS\_ON = TRUE (ИСТИНА)), двоичные выходные сигналы QLMNUP и QLMNDN могут быть установлены с помощью переключателей LMNUP и LMNDN (Рис.6-15). При этом сохраняются значения для минимальной длительности импульса PULSE\_TM и минимальной длительности паузы между импульсами.

Если будет установлен какой-либо из сигналов от конечных выключателей, индицирующих факт достижения приводом крайнего положения LMNR\_HS / LMNR\_LS, в данном режиме соответствующий выходной сигнал будет блокироваться.

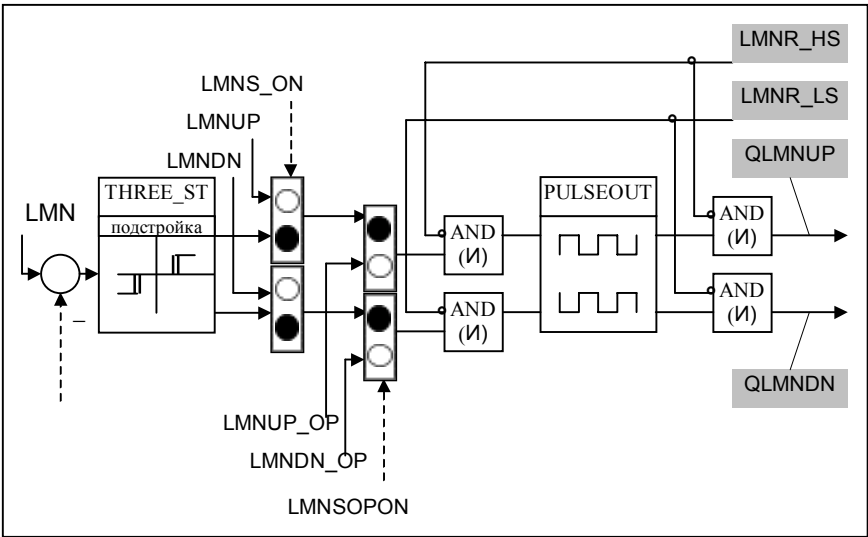


Рис.6-15 Ручной режим для регулятора пошагового управления без сигнала позиционной ОС

Ручной режим с использованием переключателей LMNUP и LMNDN напрямую влияет на выходные сигналы управления и, следовательно, имеет приоритет. При переходе регулятора в автоматический режим посредством LMNS\_ON = FALSE (ЛОЖЬ) выходные сигналы изменяются плавно.

Следующая таблица показывает возможные режимы для регулятора пошагового управления без сигнала позиционной ОС

Таблица 6-2 Режимы регулятора пошагового управления без сигнала позиционной ОС

Переключатель	
Режим	LMNS_ON
Автоматический режим	FALSE (ЛОЖЬ)
Ручной режим установки двоичных выходных сигналов	TRUE (ИСТИНА)

**Формирование управляющих сигналов QLMNUP / QLMNDN**

Разность между значениями сигнала ПД-компонента регулятора и сигнала ОС (MP11) управляет трехуровневым элементом управления, обладающим свойством гистерезиса, THREE\_ST. Генератор импульсов PULSEOUT, который следует за этим элементом, обеспечивает такие минимальные значения для длительности импульса и паузы, которые позволяют избежать износа и повреждения приводов (Рис. 6-16). Если срабатывают концевые выключатели (LMNR\_HS/LMNR\_LS), соответствующий управляющий выход регулятора блокируется.

Минимальные длительности импульса PULSE\_TM и паузы BREAK\_TM также должны учитываться, если сигналами двоичных выходов управляют вручную (LMNS\_ON = TRUE (ИСТИНА) или LMNSOPON = TRUE (ИСТИНА)) (Рис. 6-15).

Если при этом срабатывают концевые выключатели, выход регулятора и в ручном режиме блокируется.

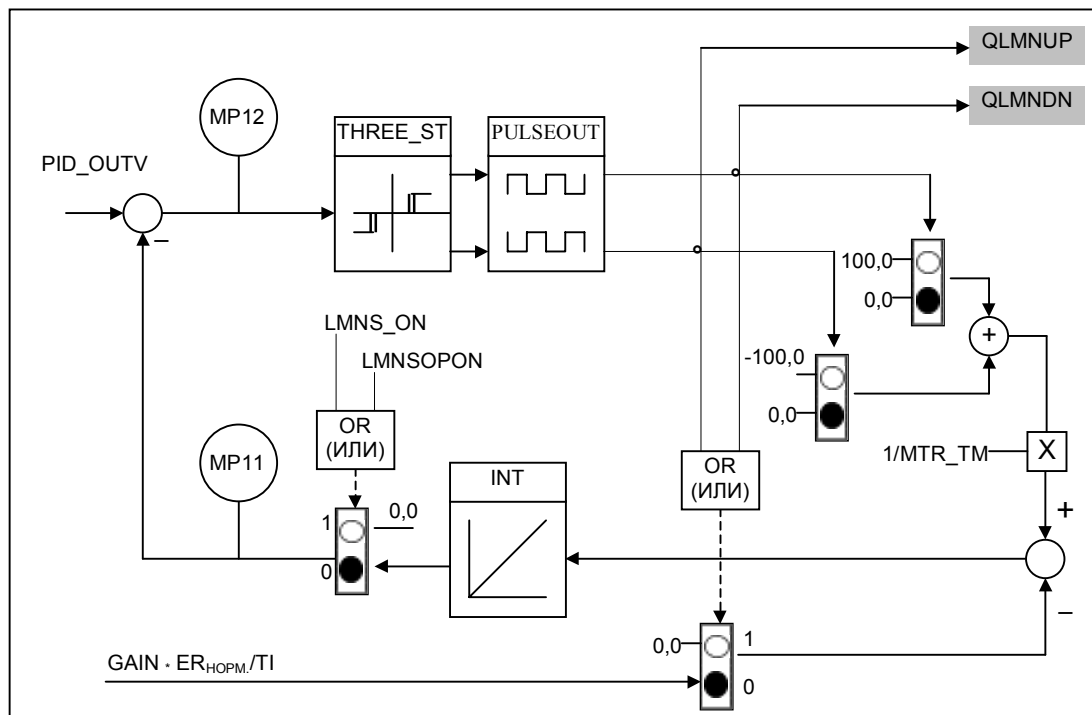


Рис.6-16 Формирование двоичного управляющего сигнала для регулятора пошагового управления без сигнала позиционной ОС.

## Трехуровневый элемент со свойством гистерезиса THREE ST

Разница между сигналами – значением сигнала ПД-компонента регулятора и сигналом ОС формирует входную переменную для трехуровневого элемента (элемента с тремя состояниями). Два двоичных сигнала формируются на его выходе, устанавливаются или сбрасываются в зависимости от величины и знака разностного входного сигнала.

Трёхуровневый элемент THREE\_ST реагирует на входной сигнал MP12 (цепь ОС ПД-компонента регулятора) в соответствии с нижеприведенной таблицей (ThrOn = порог включения, ThrOff = порог выключения) и принимает одну из возможных комбинаций двоичных выходных сигналов UP/DOWN (Рис.6-17)

UP (верхний)	DOWN (нижний)	Входная комбинация
TRUE (ИСТИНА)	FALSE (ЛОЖЬ)	$INV \geq ThrOn$ или $INV > (ThrOff$ и $UP_{old} = TRUE$ (ИСТИНА))
FALSE (ЛОЖЬ)	TRUE (ИСТИНА)	$INV \leq -ThrOn$ или $INV < (-ThrOff$ и $DOWN_{old} = TRUE$ (ИСТИНА))
FALSE (ЛОЖЬ)	FALSE (ЛОЖЬ)	$ INV  \leq ThrOff$



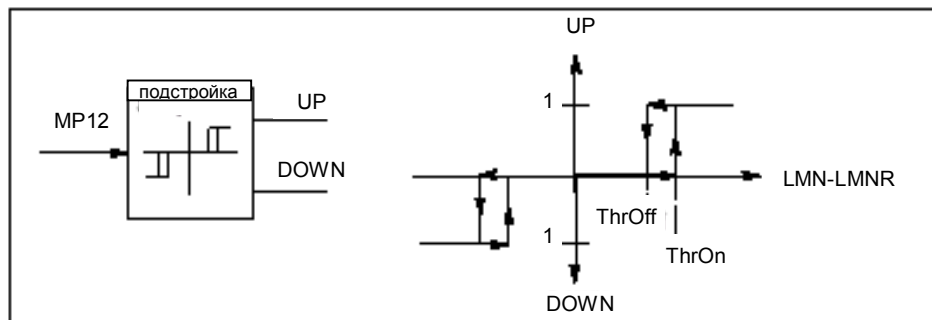


Рис.6-17 Функции трехуровневого элемента THREE\_ST

Порог выключения ThrOff должен быть выше, чем изменение в сигнале обратной связи после воздействия одного импульса. Это значение зависит от времени прогона двигателя привода MTR\_TM и рассчитывается следующим образом:

$$\text{ThrOff} = 0,5 \cdot \frac{110}{\text{MTR\_TM}} \cdot \text{MAX}(\text{PULSE\_TM}, \text{CYCLE})$$

#### Адаптация (подстройка) пороговых значений ThrOn

Для уменьшения частоты переключения элемента управления при корректировке больших уровней сигнала рассогласования, переходная характеристика элемента (пороговые значения  $\pm \text{ThrOn}$ ) автоматически подстраиваются во время работы. Величина ThrOff остается постоянной, другими словами, порог ThrOff работает как нижний порог по отношению ThrOn. Для адаптации используется следующий алгоритм:

$\text{ThrOn} = \text{минимальный из параметров (|сигнал ПД-компонента|, |сигнал ОС (MP11)|)}$

Этот автоматический способ адаптации предполагает, что в течение времени, требуемого регулятору для корректировки большого сигнала рассогласования для переменной процесса порог включения высок. Значение сигнала ПД-компонента также велико в этот период времени. Это же характерно и для разности между значением сигнала обратной связи и значением сигнала И-компонента в течение времени, требуемого для выхода на новую рабочую точку.

Минимальное из указанных выше двух значений определяет текущую величину порога включения и, следовательно, частоту переключения элемента управления с тремя состояниями. Более высокий порог включения соответствует более низкой частоте переключения.

С другой стороны, разность уровней порогов включения и выключения, очень мала, когда процесс находится в устойчивом состоянии. При этом подстройка порогов включения обеспечивает минимальное значение ThrOff. Такая малая величина порога включения гарантирует то, что регулятор реагирует на малые отклонения процесса немедленно.

В режиме ручной настройки ( $MAN\_ON = TRUE$  (ИСТИНА)), адаптация (подстройка порогов включения) блокируется, и устанавливается нулевой гистерезис:  $ThrOn = ThrOff$ .

### Функция генератор импульсов PULSEOUT

В регуляторе без сигнала позиционной обратной связи генератор импульсов имеет те же функции, что и в регуляторе с сигналом позиционной обратной связи (см. 6.2.5).

### Моделирование сигнала позиционной ОС

Если в регуляторе не формируется сигнал позиционной обратной связи методом измерения параметров привода, то этот сигнал может быть смоделирован ( $LMNRS\_ON = TRUE$  (ИСТИНА)). При оптимизации параметров ПИД-регулятора с помощью утилиты конфигурирования сигнал позиционной ОС всегда является необходимой входной переменной.

Сигнал позиционной ОС моделируется с помощью интегратора с постоянной времени (временем установления сигнала), равной пусковому времени мотора  $MTR\_TM$  (Рис.6-18). В состоянии  $LMNRS\_ON = FALSE$  (ЛОЖЬ) начальное значение параметра  $LMNRSVAL$  является выходным сигналом на выходе интегратора  $LMNR\_SIM$ . После переключения  $LMNRS\_ON$  в состояние  $TRUE$  (ИСТИНА) процесс моделирования сигнала позиционной ОС начинается с этого начального значения.

Если  $LMNR\_HS = TRUE$  (ИСТИНА), сигнал интегратора ограничивается сверху, если  $LMNR\_LS = TRUE$  (ИСТИНА), сигнал интегратора ограничивается снизу. Это ограничение моделированного сигнала не имеет никакого отношения к предельным положениям механического привода.

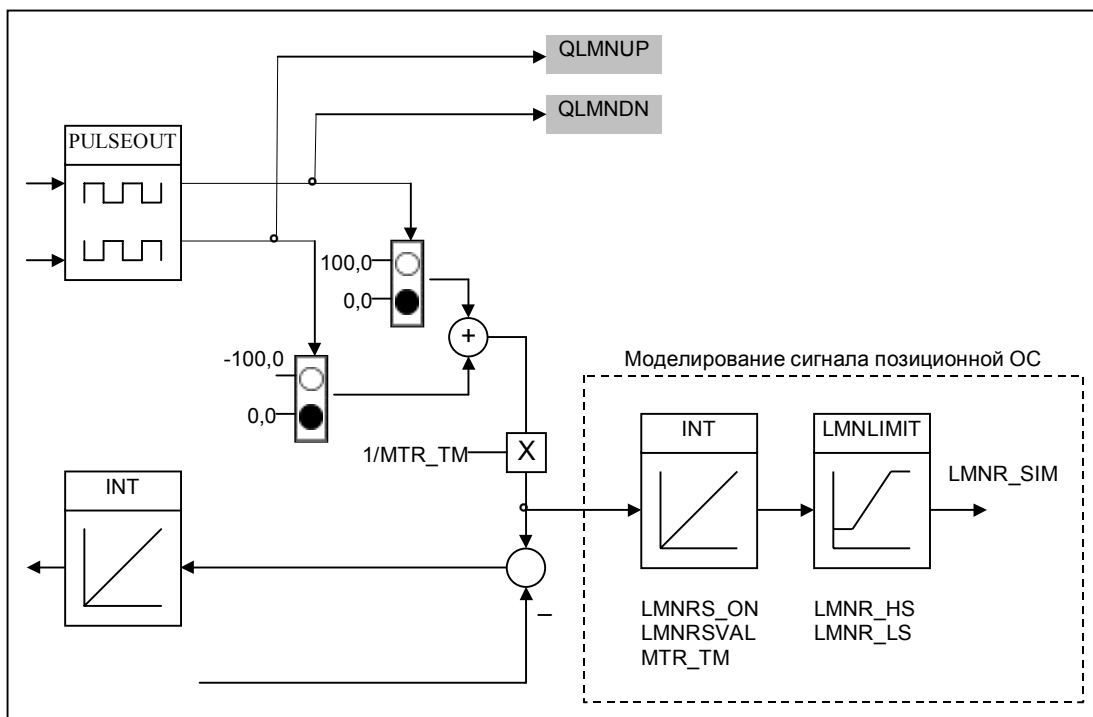


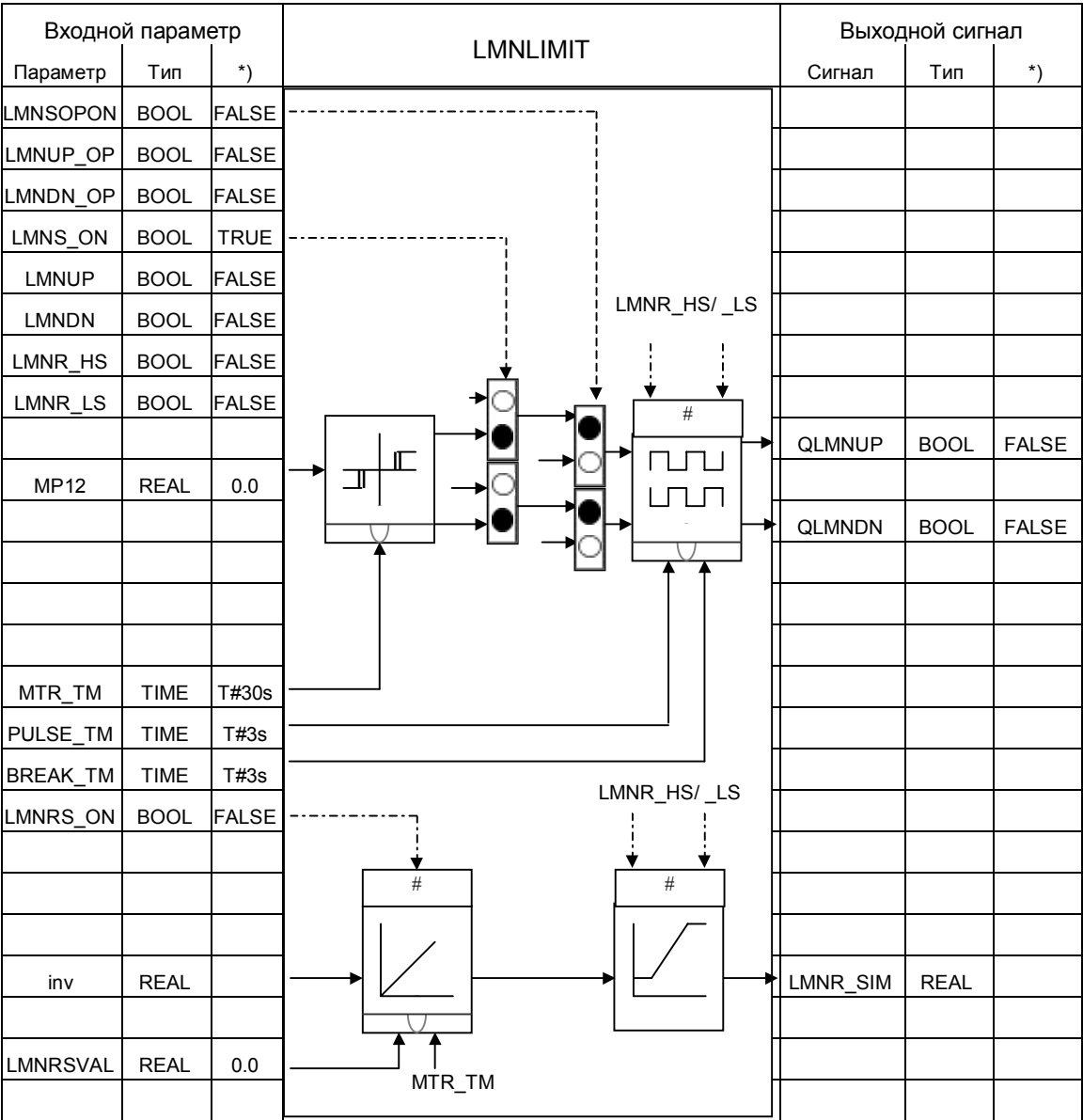
Рис.6-18 Моделирование сигнала позиционной ОС

**Примечание**

Сигнал позиционной ОС при моделировании необязательно соответствует действительному позиционированию привода. Если фактически сигнал от позиционирования привода существует, он всегда должен использоваться.

**Параметры  
THREE\_ST и  
PULSEOUT**

Значения для параметров PULSE\_TM и BREAK\_TM должны быть целыми множителями для времени цикла CYCLE. Если эти значения заданы меньшими, чем цикл CYCLE, то им будет присвоено значение CYCLE.



\*) назначение при создании экземпляра DB

Рис. 6-19 Функции и параметры для генератора управляющих сигналов регулятора пошагового управления без сигнала позиционной ОС

## 6.4 Регуляторы пошагового действия в каскадной системе управления

### Прерывание каскадного регулятора

В каскадной структуре несколько регуляторов непосредственно влияют друг на друга. Следовательно, необходимо гарантировать, чтобы при прерывании в любой точке такой структуры, работа всей структуры в целом заканчивалась без дополнительных проблем.

Во вторичных (уровень: slave) регуляторах каскадной системы управления сигнал QCAS формируется посредством операции OR (ИЛИ) для сигналов состояния (status signals) переключателей в цепях уставки и управляющей переменной. Этот сигнал обеспечивает такое состояние переключателей во вторичных регуляторах, которое обуславливает режим корректировки в системе управления. Переменная корректировки (correction variable) – это всегда переменная процесса вторичного контура управления (Рис. 6-20).

Это значит, что сигналы компараторов регулятора, в которых вычисляется разностный сигнал входных сигналов, стремятся к нулю. Поэтому перевод регулятора в режим одноконтурной или каскадной системы управления производится "гладко" (сигналы изменяются плавно).

Регулятор пошагового управления (PID\_ES) может использоваться в каскадной системе управления только как вторичный (slave) регулятор во вторичных контурах управления.

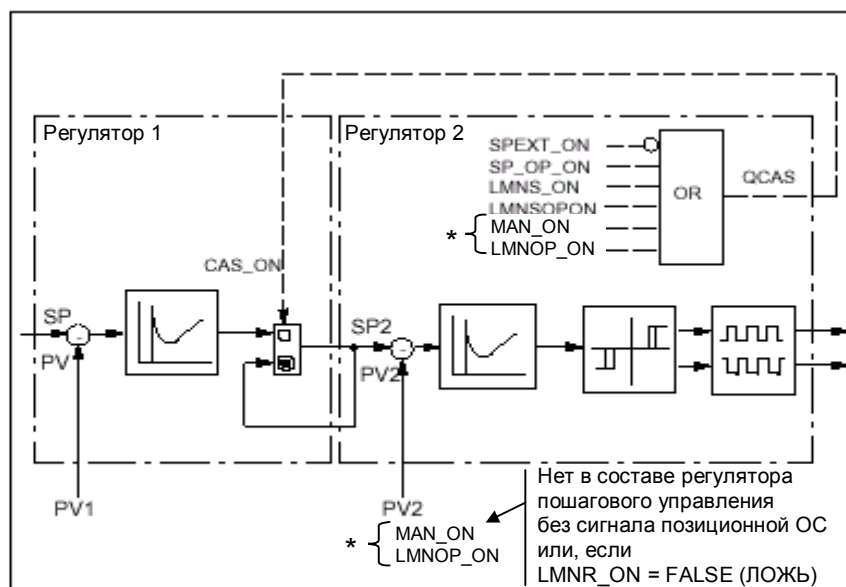


Рис. 6-20 Двухконтурная каскадная система управления с регулятором пошагового действия

**Соединение блоков** Следующая схема показывает структуру регулятора или соединение его блоков в многоконтурной каскадной системе управления.

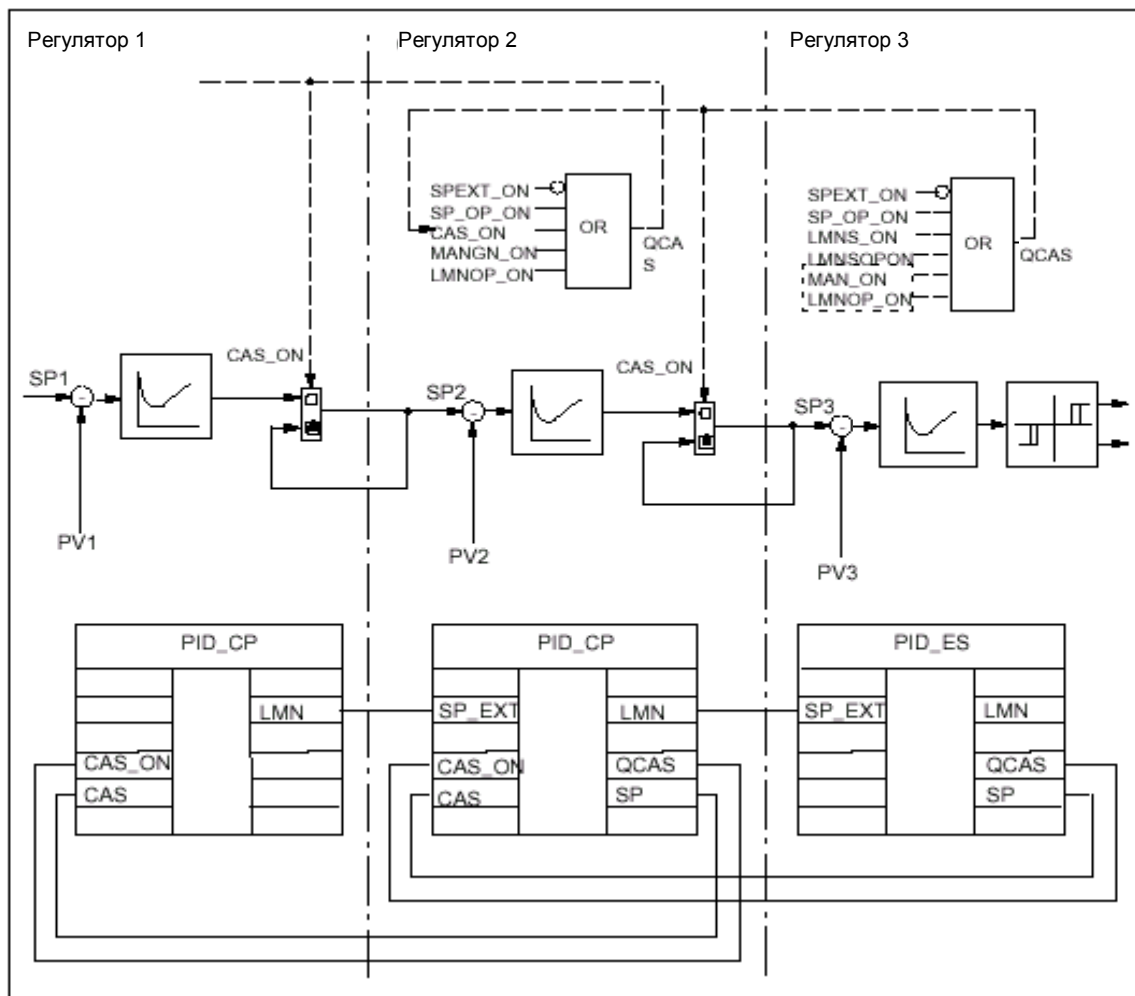


Рис. 6-21 Соединение каскадов двух вторичных регуляторов и регулятора пошагового управления



# **Loop Scheduler (Планировщик циклов) и примеры конфигурации регуляторов**

# **7**

В данной главе рассматриваются следующие вопросы:

- Loop scheduler (Планировщик циклов)
- Пример регулятора пошагового управления с моделью процесса
- Пример регулятора непрерывного управления с моделью процесса
- Пример многоконтурного регулятора пропорционального управления
- Пример регулятора смешанного управления
- Пример каскадной системы управления

### 7.1 Loop scheduler (Планировщик циклов) (LP\_SCHED)

**Применение**

Loop scheduler (Планировщик циклов) (LP\_SCHED) используется в случаях, когда watchdog-прерываний (циклических временных) недостаточно для реализации требуемого режима вызовов отдельных регуляторов в сложной системе управления. Планировщик LP\_SCHED обеспечивает вызов до 256 отдельных регуляторов с периодами времени дискретизации, являющимися целыми кратными для периодов циклических (watchdog) прерываний.

**Краткий обзор**

Функция LP\_SCHED считывает заданные пользователем параметры из блока общего доступа "DB\_LOOP", рассчитывает параметры (переменные) для организации циклов и сохраняет их вновь в блоке "DB\_LOOP".  
Пользователь должен вызвать функциональный блок FC LP\_SCHED в блоке ОБ циклических (watchdog) прерываний.  
Далее пользователь должен запрограммировать, условные вызовы для всех соответствующих контуров управления передачи в том же самом ОБ циклических (watchdog) прерываний. Условия вызовов отдельных контуров управления определяются FC LP\_SCHED и помещаются в блок DB\_LOOP. Блоки регуляторов FB "PID\_CP" и "PID\_ES" не могут быть вызваны "LP\_SCHED", так как входные и выходные параметры этих блоков должны были уже быть назначены.  
Во время работы пользователь может отключать вызовы отдельных контуров управления вручную и даже производить сброс в отдельных контурах управления.

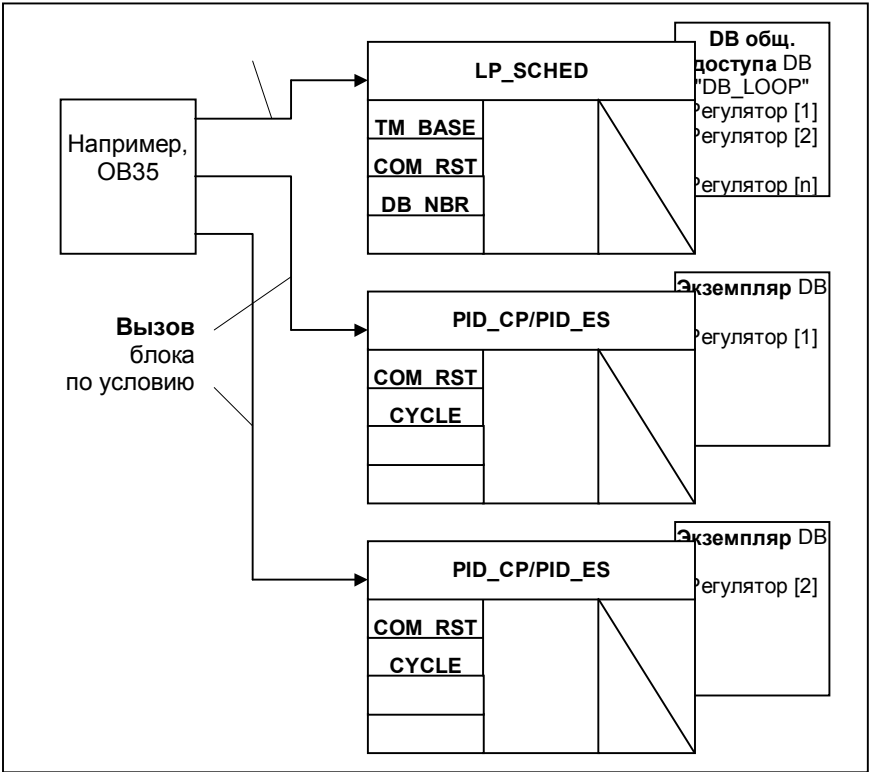


Рис. 7-1 Схема вызова регуляторов с помощью планировщика LP\_SCHED для двух контуров управления.



**Структура блока  
"DB\_LOOP"**

Таблица 7-1 Блок общего доступа "DB\_LOOP" для вызовов регулятора

Параметр	Тип	Диапазон значений	Описание
GLP_NBR	INT	1... 256	Максимальное число регуляторов
ALP_NBR	INT	1... 256	Текущий номер регулятора
Регулятор № 1			
MAN_CYC [1] MAN_DIS [1] MAN_CRST[1] ENABLE [1] COM_RST [1] ILP_COU [1] CYCLE [1]	TIME BOOL BOOL BOOL BOOL INT TIME	$\geq 20$ мс     $\geq 20$ мс	Время цикла, определенное пользователем     Время цикла, рассчитанное функцией FC "LP_SCHED"
Регулятор № 2			
MAN_CYC [2] MAN_DIS [2]	TIME BOOL	$\geq 20$ мс	Время цикла, определенное пользователем Ручная блокировка вызова регулятора

Краткий обзор:

- Вы должны сконфигурировать переменные:  
GLP\_NBR и MAN\_CYC[x],  $x = 1 \dots \text{GLP\_NBR}$ ;
- MAN\_DIS[x] используется для блокировки вызова регулятора x во время работы;
- MAN\_CRST[x] используется для запуска процесса инициализации регулятора x во время работы;
- FC "LP\_SCHED" вводит условие вызова для регулятора x в переменную ENABLE[x];
- Переменные COM\_RST[x] и CYCLE[x] записываются функцией FC "LP\_SCHED". Они используются для подключения вводимых значений COM\_RST[x] и CYCLE[x] функциональных блоков регулятора;
- Переменные ALP\_NBR[x] и ILP\_COU[x] являются внутренними переменными FC "LP\_SCHED". Они могут использоваться для мониторинга FC "LP\_SCHED".

## Конфигурирование планировщика циклов в блоке "DB\_LOOP"

Конфигурирование планировщика циклов должно выполняться без поддержки со стороны утилиты конфигурирования, однако, при этом не должен создаваться полностью обновленный блок данных "DB\_LOOP". Блок можно скопировать из библиотеки "StdCon (V5)". Пользователь должен сконфигурировать следующие переменные в блоке "DB\_LOOP":

- GLP\_NBR: Число контуров управления (или блоков FB регуляторов), вызовы которых определяются FC "LP\_SCHED" (максимальное значение = 256).

- MAN\_CYC [x]  $x = 1, 2, \dots$  GLP\_NBR: требуемый интервал дискретизации, определяемый пользователем для отдельных регуляторов. (Необходимо соблюдать условие, установленное ниже для MAN\_CYC [x] соответствующего контура управления, иначе сконфигурированный пользователем интервал дискретизации нельзя будет гарантировать.)

Если необходимо изменить соответствующие элементы массива MAN\_CYC для одного или большего количества регуляторов во время работы, такое изменение станет действительным во время следующего вызова FC "LP\_SCHED".

## Добавление дополнительных регуляторов

Если необходимо добавить один или более регуляторов в DB "DB\_LOOP", пользователь должен открыть этот блок в редакторе DB Editor. Далее выбирается вид данных в меню "View" ("Вид"). Теперь можно изменить размерность массивов (ARRAY) переменных, например, 1...4 вместо 1...3. Таким же образом можно удалять неиспользуемые регуляторы из системы управления.

После возврата назад, к "Вид данных" в меню "View" ("Вид") необходимо настроить переменную GLP\_NBR и проверить требуемый интервал дискретизации для каждого регулятора (контура управления) (MAN\_CYC[x],  $x = 1, \dots$  GLP\_NBR). При этом должно соблюдаться условие, установленное ниже для MAN\_CYC.

## Вызов функции FC "LP\_SCHED" в программе

Функция FC "LP\_SCHED" должна быть вызвана до всех функциональных блоков FB регуляторов.

Необходимо выполнить следующие действия при назначении входных параметров:

- TM\_BASE: задать цикл в блоке OB циклических (watchdog) прерываний для вызова FC LP\_SCHED;

- COM\_RST: при запуске CPU необходимо один раз вызвать FC LP\_SCHED с параметром COM\_RST = TRUE (ИСТИНА), после чего запустить процесс инициализации и выполнить предустановки (согласно "CPU start up" ("Запуск CPU")); при обработке циклов (циклических (watchdog) прерываний) необходимо вызывать параметр COM\_RST со значением FALSE (ЛОЖЬ);

- DB\_NBR: задать номер доступного для функции FC "LP\_SCHED" блока DB "DB\_LOOP".

После вызова FC "LP\_SCHED" необходимо организовать условный вызов всех FB регуляторов. Обработка FB регулятора будет выполнена, если соответствующий ENABLE-бит (бит управления) в DB "DB\_LOOP", имеет значение TRUE (ИСТИНА). Этот бит создается заранее функцией FC "LP\_SCHED". Если FB регулятора уже был обработан, ENABLE-бит (бит управления) должен получить значение FALSE (ЛОЖЬ).

При вызове FB регуляторов необходимо связать их входные параметры COM\_RST и CYCLE с переменными COM\_RST [x] и CYCLE [x] блока DB "DB\_LOOP". CYCLE [x] содержит текущее значение времени дискретизации x-го контура управления, которое фиксируется функцией FC "LP\_SCHED" при каждом выполнении программы. Если выполнены условия, определенные ниже для конфигурирования переменной MAN\_CYC [x], то CYCLE [x] имеет то же самое значение, что и MAN\_CYC [x]. Другими словами, CYCLE [x] содержит значение, которое получается при округлении значения MAN\_CYC [x] до следующего кратного произведения  $TM\_BASE \cdot GLP\_NBR$ .

Ниже представлен пример для вызова FC "LP\_SCHED" и для условного вызова FB регулятора.

STL	Description (Описание)
CALL "LP_SCHED"	
TM_BASE:=	Задание цикла "watchdog"- прерывания. Например, T#100ms или #CYCLE посредством CYCLE = входной параметр блока, в котором вызывалась функция LP_SCHED.
COM_RST:	Здесь указывается, необходимо ли выполнять инициализацию вызываемых регуляторов. Например, FALSE (ЛОЖЬ) или #COM_RST посредством #COM_RST = входной параметр блока, в котором вызывалась функция LP_SCHED.
DB_NBR	Здесь задается номер DB "DB_LOOP" конфигурации, который должен обрабатываться LP_SCHED. Например, #DB_LOOP посредством #DB_LOOP = имя блока DB, назначенное в таблице символов.
U "DB_LOOP".LOOP_DAT[1].ENABLE	
SPEN M002	Регулятор вызывается при ENABLE=TRUE (истина)
CALL FBx,DBy	
COM_RST:= "DB_LOOP".LOOP_DAT[1].COM_RST	
:	Список формальных операндов
:	Список формальных операндов
CYCLE:= "DB_LOOP".LOOP_DAT[1].CYCLE	
:	Список формальных операндов
:	Список формальных операндов
CLR	
= "DB_LOOP".LOOP_DAT[1].ENABLE	Сброс бита ENABLE
M002:	Продолжение программы, например, условный вызов следующего блока DB регулятора
:	

**Генератор импульсов с LP\_SCHED**

Если необходимо включить генератор импульсов в регулятор непрерывного управления PID\_CP, тогда вместо параметра CYCLE используется запись CYCLE\_P с параметром LOOP\_DAT[x].CYCLE.

**Условие для конфигурирования времени дискретизации**

Функция FC "LP\_SCHED" может обрабатывать только один регулятор за один вызов. Для однократной полной обработки всех регуляторов системы управления требуется следующее количество времени:  $TM\_BASE \cdot GLP\_NBR$ .

При конфигурировании времени дискретизации MAN\_CYC[x] необходимо выполнить следующее условие для каждого регулятора:

Время дискретизации x-го регулятора должно быть кратно произведению базового периода времени на число всех регуляторов системы, обрабатываемых функцией LP\_SCHED:

$$MAN\_CYC[x] = GV (TM\_BASE \cdot GLP\_NBR), \text{ где } x = 1, 2 \dots GLP\_NBR$$

Действительное значение параметра "время дискретизация" CYCLE [x] для x-го регулятора определяется функцией FC "LP\_SCHED" исходя из величины параметра MAN\_CYC [x] при каждом выполнении программы:

- Если придерживаться вышеуказанного правила, то действительное значение параметра "время дискретизация" CYCLE [x] совпадет с интервалом дискретизации MAN\_CYC [x] установленным пользователем.
- Если не придерживаться вышеуказанного правила, то действительное значение параметра "время дискретизация" CYCLE [x] не совпадет с интервалом дискретизации MAN\_CYC [x] установленным пользователем, а его значение будет получено округлением "вверх" до следующего кратного  $TM\_BASE \cdot GLP\_NBR$ .

**Пример использования функции LOOP Scheduler (Планировщик циклов)**

В следующем примере показана последовательность вызовов 4-х регуляторов в ОБ циклических (watchdog) прерываний. За базовое время TM\_BASE может быть обработано не более одного контура управления. Эта последовательность вызовов определяется данными из блока DB "DB\_LOOP".

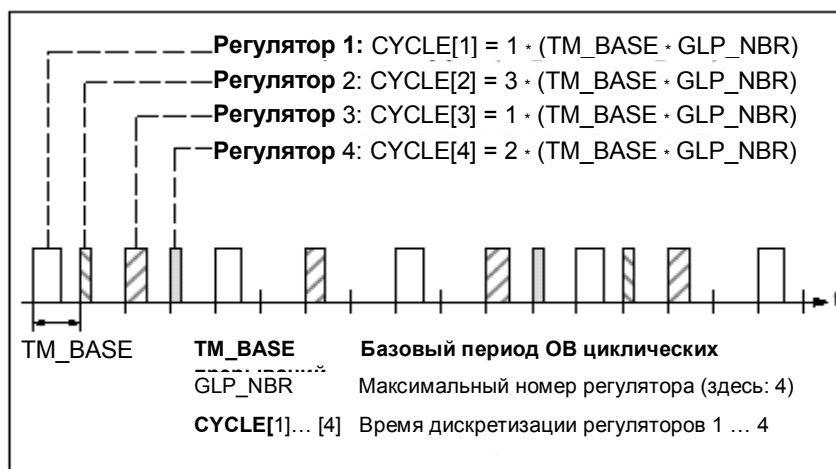


Рис. 7-2 Последовательность вызовов 4-х регуляторов, каждый из которых имеет свой собственный период вызовов.

**Вызов более одного блока  
FB регуляторов за период  
базового времени  
циклических  
прерываний**

Если требуется обработать более одного регулятора за одно прерывание, функция FC "LP\_SCHED" может вызываться несколько раз. Все вызовы этой функции должны быть выполнены перед вызовами FB регуляторов. Затем необходимо задать параметру TM\_BASE функции FC "LP\_SCHED" значение базового времени ОБ циклических прерываний, деленное на число вызовов FC.

Пример: функция FC "LP\_SCHED" вызывается дважды в блоке OB35. OB35 обрабатывается каждые 100 мс. Следовательно входной параметр TM\_BASE должен иметь значение 50 мс.

**Время выполнения**

Необходимо принять во внимание, что суммарное время выполнения FC "LP\_SCHED" и FB регуляторов за время одного циклического прерывания не может превышать базовое время ОБ циклических прерываний.

**Примечание**

В блоке не проверяется, имеется ли в действительности DB общего доступа с номером DB\_NBR, а также соответствует ли параметр GLP\_NBR (самый большой номер регулятора) длине блока данных. Если параметры назначены неправильно, CPU переходит в режим STOP из-за внутренней системной ошибки.

**Возможность  
вмешательства  
во время работы**

Во время работы программы допустимы следующие изменения DB "DB\_LOOP", если изменяется соответствующий параметр и не производится полная загрузка DB в CPU:

- Выключение (блокировка) отдельных регуляторов  
Если переменной MAN\_DIS [x] назначается значение TRUE (ИСТИНА), обработка x-го контура управления будет заблокирована во время работы. Функция FC "LP\_SCHED" не устанавливает ENABLE-бит (бит включения) для этого контура управления в состояние TRUE (ИСТИНА), пока переменной MAN\_DIS [x] не будет назначено значение FALSE (ЛОЖЬ).
- Инициализация регулятора  
Вы можете перезапускать отдельные контуры управления, назначая значение TRUE (ИСТИНА) переменной MAN\_CRST [x]: В этом случае FC "LP\_SCHED" назначает значение TRUE (ИСТИНА) переменной COM\_RST [x] при последующей обработке x-го регулятора. При новой обработке этого контура управления FC "LP\_SCHED" назначает значения FALSE (ЛОЖЬ) переменным MAN\_CRST [x] и COM\_RST [x].
- Изменение периода дискретизации регулятора  
Параметр MAN\_CYC[x] блока "DB\_LOOP" не может быть изменен во время работы.

**Примечание**

Если в системе добавляется или удаляется регулятор, то необходимо вновь выполнить полную загрузку в CPU блока данных "DB\_LOOP"; без необходимости выполнять запуск CPU, необходимо обнулить внутренние счетчики регуляторов ILP\_COU [x] x = 1 ... GLP\_NBR и значение параметра для текущего номера регулятора ALP\_NBR.

## Запуск CPU

Во время запуска CPU необходимо вызвать FC "LP\_SCHED" из соответствующего ОБ запуска и назначить значение TRUE (ИСТИНА) входному параметру COM\_RST. Вы должны затем задать значение FALSE (ЛОЖЬ) этому входному параметру в ОБ циклических (watchdog) прерываний. Функция FC "LP\_SCHED" управляет подпрограммой инициализации, которая запускается, когда входному параметру COM\_RST назначается значение TRUE (ИСТИНА). В блоке DB "DB\_LOOP" во время выполнения инициализации должны быть выполнены следующие предустановки:

- Текущий номер контура управления ALP\_NBR = 0
- Включите: ENABLE [x] = инверсия (MAN\_DIS [x]), где  $x = 1 \dots GLP\_NBR$ .
- Интервал (время) дискретизации CYCLE [x] получает значение, полученное округлением "вверх" значения MAN\_CYC [x], причем округление производится до следующего кратного произведению (TM\_BASE \* GLP\_NBR), где  $x = 1, \dots GLP\_NBR$ .
- Инициализация регулятора: COM\_RST [x] = (TRUE) ИСТИНА, где  $x = 1, \dots GLP\_NBR$
- Внутренний счетчик регуляторов: ILP\_COU [x] = 0, где  $x = 1, \dots GLP\_NBR$

После того, как вызов функции FC "LP\_SCHED" в ОБ запуска организует условный вызов регулятора, производится вышеупомянутая инициализация.

## Мониторинг функции FC "LP\_SCHED"

Функция FC "LP\_SCHED" вводит в переменную ALP\_NBR блока DB "DB\_LOOP" номер регулятора, который должен быть обработан следующим по порядку. Номер соответствующего регулятора определяется из последовательности введенных данных по вызовам в блок DB (см. Табл. 7-1). Переменная ILP\_COU [x] является внутренним счетчиком регулятора функции FC "LP\_SCHED". В ней содержится оставшееся время до следующего вызова x-го регулятора. Единицы измерения времени для содержимого счетчика получаются от произведения базового времени TM\_BASE на число регуляторов GLP\_NBR. Если ILP\_COU = 0, то функция FC "LP\_SCHED" устанавливает бит включения (ENABLE-бит) соответствующего регулятора (TRUE (ИСТИНА)).

## Случаи, когда регулятор не может быть вызван

При использовании функции FC "LP\_SCHED" существуют ситуации, когда отдельные регуляторы не могут быть обработаны:

- когда значение TRUE (ИСТИНА) назначено переменной MAN\_DIS [x], обработка x-го регулятора заблокирована во время работы;
- когда число блоков FB или число регуляторов, которые должны быть обработаны функцией FC "LP\_SCHED", заданы слишком малым значением в параметре GLP\_NBR;
- когда для отдельного регулятора не выполняется следующее условие:

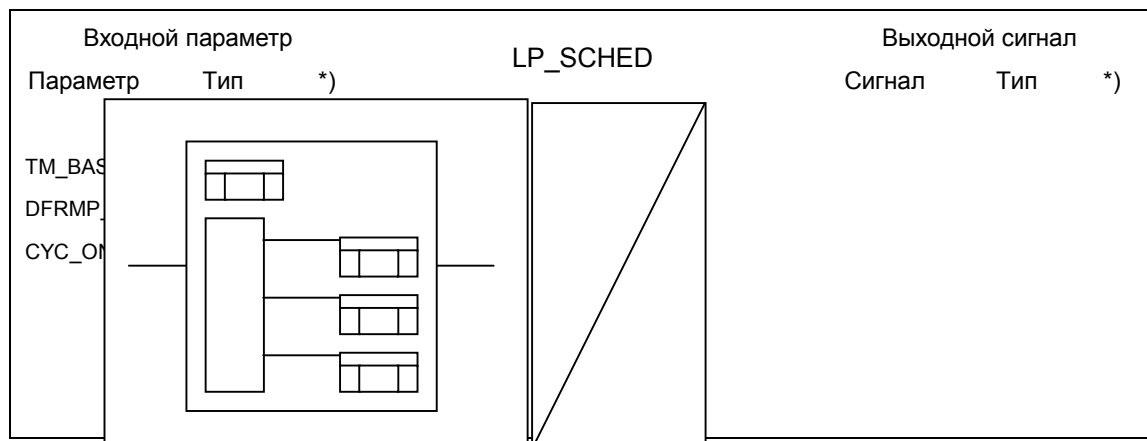
время дискретизации MAN\_CYC [x] отдельных регуляторов, определенное пользователем, не может быть меньше, чем произведение базового времени TM\_BASE на число регуляторов GLP\_NBR;

регулятор, для которого не выполняется данное условие, не будет обрабатываться.

### Параметры функции

**FC "LP\_SCHED"** Функция "LP\_SCHED" управляет вызовом отдельных регуляторов внутри ОВ циклического прерывания.

Значения входных параметров не ограничиваются в блоке. При этом они не проверяются.



\*) назначение при создании экземпляра DB

Рис. 7-3 Блок-схема и параметры функции LP\_SCHED

## 7.2 Example1 (Пример1): Регулятор пошагового управления (система стабилизации заданного уровня) с моделью процесса

### Применение

Example1 (Пример1) охватывает стандартный регулятор пошагового действия (PID\_ES) в комбинации с моделью процесса, который состоит из интегрирующего оконечного элемента управления и последующего элемента с задержкой времени третьего порядка (PT3).

Example1 - простой пример того, как сформировать регулятор пошагового управления, сконфигурировать и проверить его в полном составе в автономном режиме работы с типичными настройками процесса.

Пример поможет неопытным пользователям понять, как можно использовать и конфигурировать регуляторы с импульсными (в отличие от непрерывных) сигналами управления в широко распространенных системах управления с процессами, использующими приводы с двигателями.

Этот пример может использоваться как исходный материал или для обучения.

Выбирая параметры, пользователь может изменять цикл, чтобы аппроксимировать реальный процесс. Используя утилиту конфигурирования, пользователь может выполнить для процесса идентификацию моделированием для получения набора подходящих характеристик регулятора.

### Функции Example1 (Примера1)

Example1 (Пример1) собственно состоит из двух объединенных функциональных блоков PID\_ES и PROC\_S. PID\_ES реализует стандартный регулятор, а PROC\_S моделирует процесс с функциональными элементами "Valve" (вентиль) и PT3 (Рис. 7-4). Кроме переменной процесса регулятор также получает информацию относительно позиции подвижных частей привода и сигналы достижения предельных положений для последних.

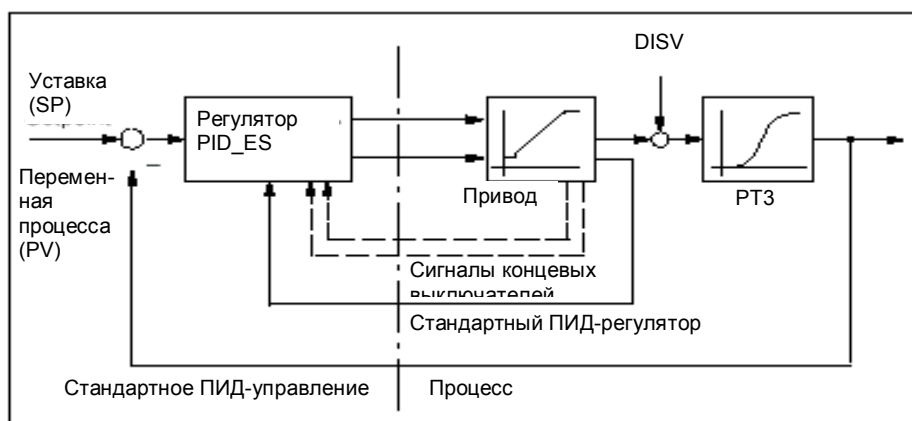


Рис. 7-4 Example1 (Пример1), контур управления



Функциональный блок PROC\_S моделирует последовательное соединение, состоящее из интегрирующего оконечного элемента управления и трех звеньев с задержкой первого порядка (Рис. 7-5). Переменная помехи (а также переменная внешнего воздействия) DISV может накладываться на выходной сигнал оконечного элемента управления так, что сигналы возмущения процесса могут быть здесь скомпенсированы вручную. Коэффициент усиления GAIN может использоваться для определения статического усиления процесса.

Параметр для двигателя "время прогона" MTR\_TM определяется, как время, которое необходимо оконечному элементу управления (приводу) для выполнения прохода (прогона) между крайними положениями.

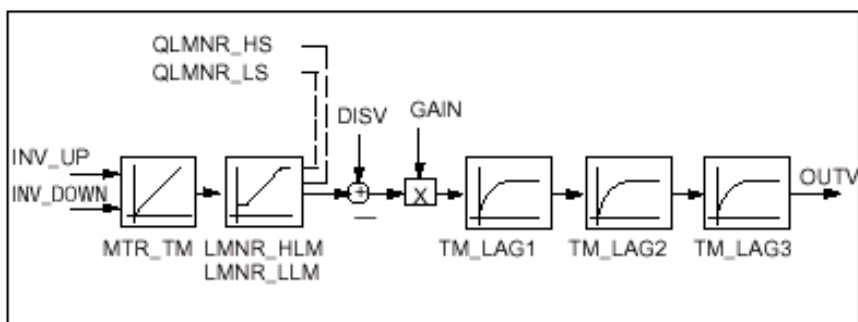


Рис. 7-5 Структура и параметры блока процесса PROC\_S

#### Структура блока

Example1 (Пример1) соответствует функции APP\_1, которая включает блоки для моделируемого процесса, блок для полной перезагрузки (OB100) и блок циклического (watchdog) прерывания (OB35 с циклом 100 мс).

Таблица 7-2 Блоки для Example 1 (Пример 1)

Блок	Символическое имя	Описание
OB100		ОВ полного перезапуска
OB35		ОВ управления по времени: 100 мс
FC100	APP_1	Example 1 (Пример 1)
FB2	PID_ES	ПИД-регулятор пошагового управления
FB100	PROC_S	Процесс для регулятора пошагового управления
DB100	PROCESS	Экземпляр DB для PROC_S
DB101	CONTROL	Экземпляр DB для PID_ES

Двум функциональным блокам (Рис. 7-6) назначены экземпляры DB: DB100 для процесса и DB 101 для регулятора.

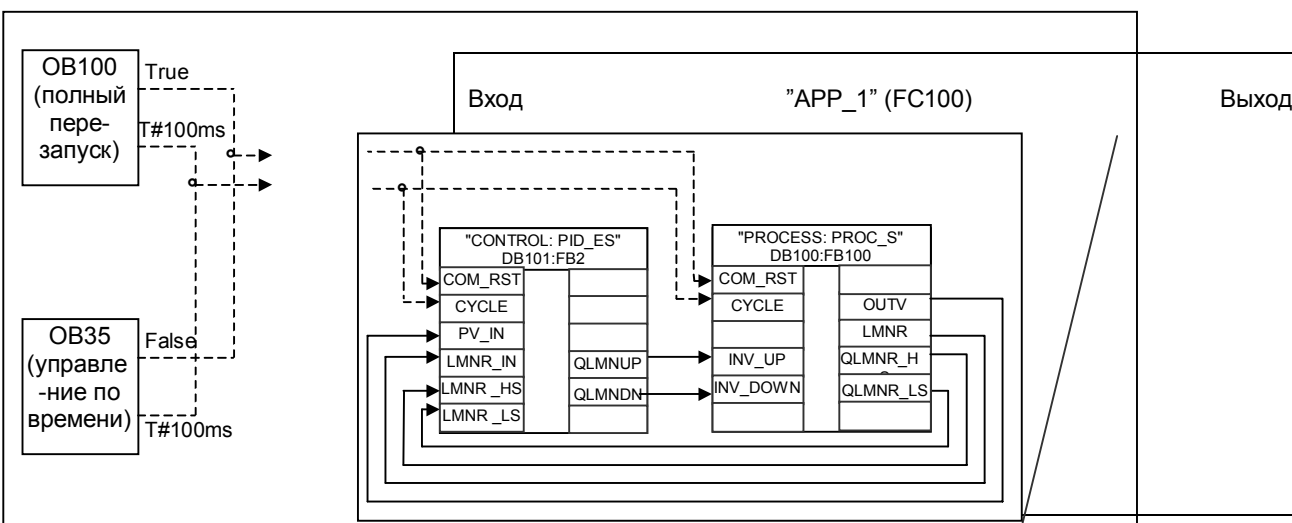


Рис. 7-6 Блоки для Example 1 (Пример 1): соединения и вызовы

### Параметры

#### модели процесса

Параметры блока регулятора PID\_ES и их значения описаны в главе 6. Параметры блока процесса PROC\_S показаны в таблице 7-3.

Таблица 7-3 Параметры блока процесса PROC\_S (DB100:FB100)

Параметр	Тип	Назначение параметра	Описание
INV_UP	BOOL		Входной сигнал "вверх" ("больше")
INV_DOWN	BOOL		Входной сигнал "вниз" ("меньше")
COM_RST	BOOL		Полный перезапуск
CYCLE	TIME	$\geq 1 \text{ мс}$	Время дискретизации
DISV	REAL		Сигнал (переменная) помехи
GAIN	REAL		Коэффициент усиления контура
LMNR_HLM	REAL	LMNR_LLM ... 100.0 [%]	Верхний предел сигнала позиционной ОС
LMNR_LLM	REAL	-100.0 ... LMNR_HLM [%]	Нижний предел сигнала позиционной ОС
MTR_TM	TIME		Время прогона привода
TM_LAG1	TIME	$\geq \text{CYCLE}/2$	Временная задержка 1
TM_LAG2	TIME	$\geq \text{CYCLE}/2$	Временная задержка 2
TM_LAG3	TIME	$\geq \text{CYCLE}/2$	Временная задержка 3
OUTV	REAL		Выходная переменная
LMNR	REAL		Сигнал позиционной ОС
QLMNR_HS	BOOL		Сигнал: привод в верхнем крайнем положении
QLMNR_LS	BOOL		Сигнал: привод в нижнем крайнем положении

После полного перезапуска выходная переменная OUTV также как и все переменные в рабочей памяти обнуляются.

**Подключение и  
вызов Example1  
(Пример1)**

На рис.7-7 показаны внутренние соединения регулятора  
пошагового управления с моделью процесса посредством функции  
FC100.

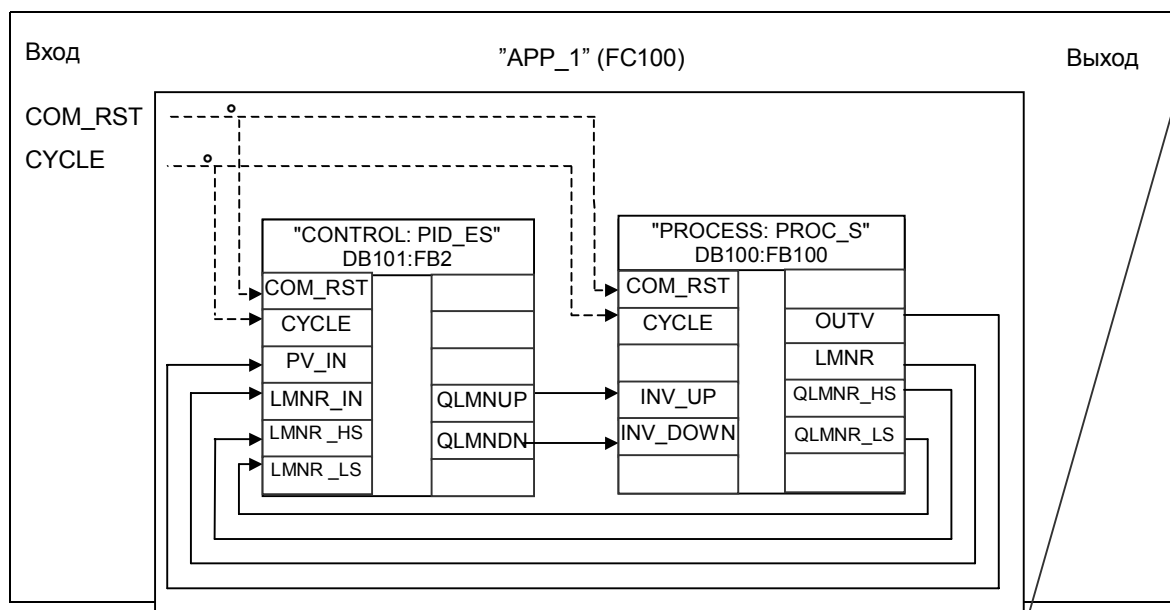
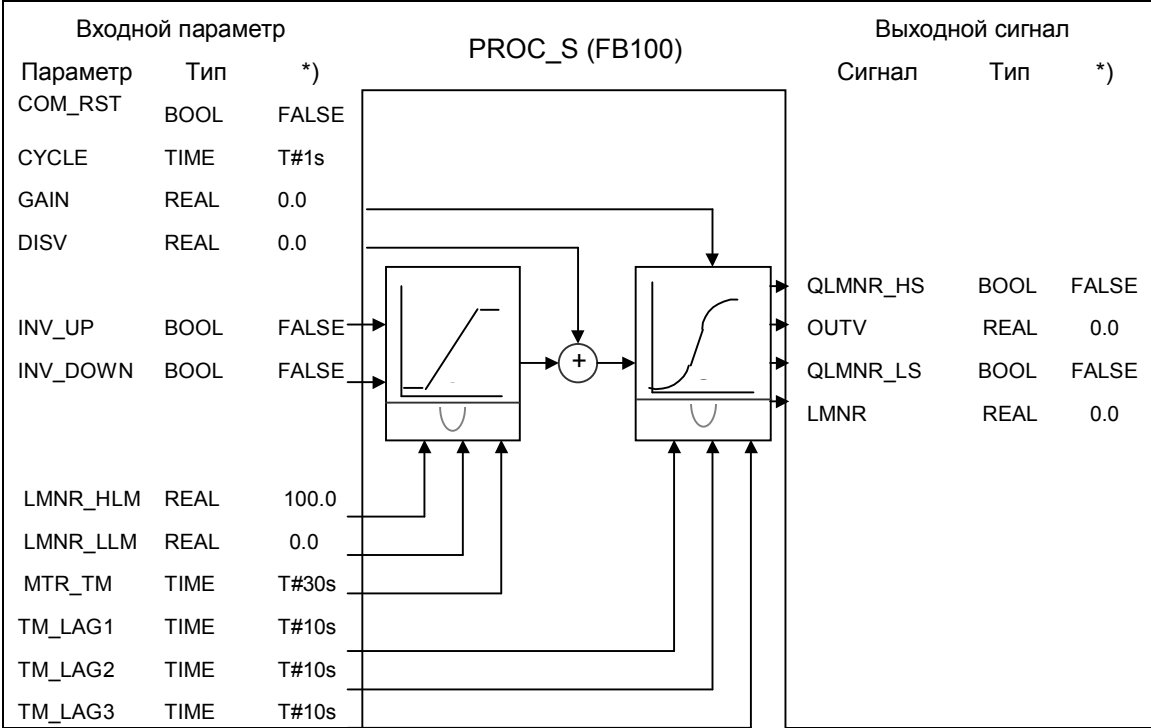


Рис. 7-7 FC100 (APP\_1), соединения и организация вызовов

Параметры модели  
 процесса для  
 регулятора  
 пошагового  
 управления

На Рис. 7-8 представлены функциональная схема и параметры процесса.  
 Поведение регулятора при "полном" или "теплом" перезапуске описано в разделе 3.5.



\*) назначение при создании экземпляра DB  
 Рис. 7-8 Функции и параметры для функции PROC\_S модели процесса

Параметры и  
 переходная  
 характеристика

Переходная характеристика контура управления с моделью процесса с РТ третьего порядка соответствует конкретной конфигурации регулятора пошагового управления с ПИ-компонентом и включенным амплитудным фильтром ("Dead band"). Для выбранных параметров контура управления с 10-секундной задержкой времени переходная характеристика системы приближается к характеристике системы управления быстрым термическим процессом или системы управления уровнем.  
 Установка одного из параметров временной задержки:  
 TM\_LAGx = 0 секунд снижает порядок динамической характеристики процесса с третьего порядка до второго порядка.

Кривая (утилита конфигурации) показывает скачок входного сигнала и переходную характеристику регулятора при изменении уровня уставки на 60% (Рис. 7-9). Таблица содержит набор подходящих значений параметров регулятора и процесса.

Параметр	Тип	Назначение параметра	Описание
<b>Регулятор</b>			
CYCLE	TIME	100ms (100 мс)	Время дискретизации
GAIN	REAL	0.31	Усиление пропорциональное
TI	TIME	19.190s (19.190 с)	Постоянная интегрирования (время установления)
MTR_TM	TIME	20s (20 с)	Время прогона привода
PULSE_TM	TIME	100ms (100 мс)	Минимальная длительность импульса
BREAK_TM	TIME	100ms (100 мс)	Минимальная длительность паузы между импульсами
DEADB_ON	BOOL	TRUE	Включение амплитудного фильтра
DEADB_W	REAL	0.5	Полоса подавления для амплитудного фильтра
<b>Процесс</b>			
GAIN	REAL	1.5	Усиление контура
MTR_TM	TIME	20s (20 с)	Время прогона привода
TM_LAG1	TIME	10s (10 с)	Временная задержка 1
TM_LAG2	TIME	10s (10 с)	Временная задержка 2
TM_LAG3	TIME	10s (10 с)	Временная задержка 3

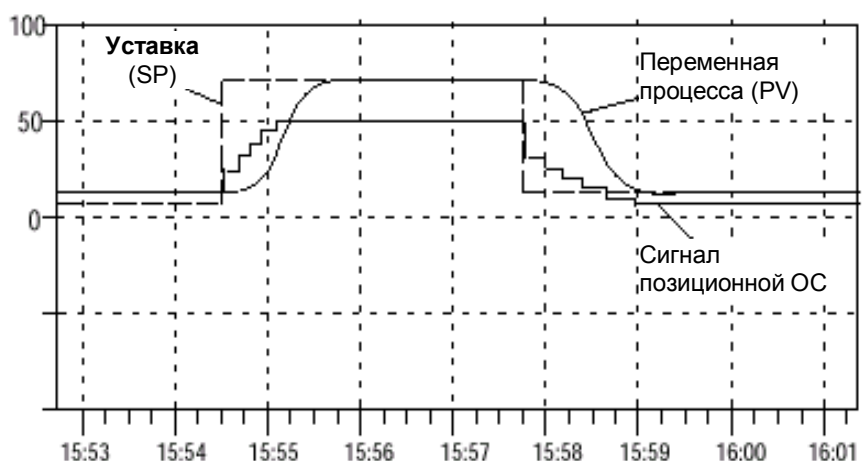


Рис. 7-9 Реакция контура управления с регулятором пошагового действия на ступенчатое изменение уровня уставки.

### 7.3 Example2 (Пример2): Регулятор непрерывного управления с моделью процесса

#### Применение

Example2 (Пример2) охватывает стандартный регулятор непрерывного действия (PID\_CP) в комбинации с моделью процесса, который содержит элемент с задержкой времени третьего порядка (RT3).

Example2 - простой пример того, как сформировать регулятор непрерывного управления, сконфигурировать и проверить его в полном составе в автономном режиме работы с типичными настройками процесса.

Пример поможет неопытным пользователям понять, как можно использовать и конфигурировать регуляторы с аналоговыми сигналами управления в системах управления с процессами, использующими приводы пропорционального действия.

Этот пример может использоваться как исходный материал или для обучения.

Выбирая параметры, пользователь может так изменять модель, чтобы аппроксимировать реальный процесс.

Используя утилиту конфигурирования, пользователь может выполнить идентификацию процесса для получения набора подходящих характеристик регулятора.

#### Функции Example2 (Примера2)

Example2 (Пример2) собственно состоит из двух объединенных функциональных блоков PID\_CP (FB1) и PROC\_C (FB100). PID\_CP реализует стандартный регулятор, а PROC\_C моделирует саморегулирующийся процесс с задержкой времени 3-го порядка (Рис. 7-10).

Кроме переменной процесса регулятор также получает информацию относительно позиции подвижных частей привода и сигналы достижения предельных положений для последних.

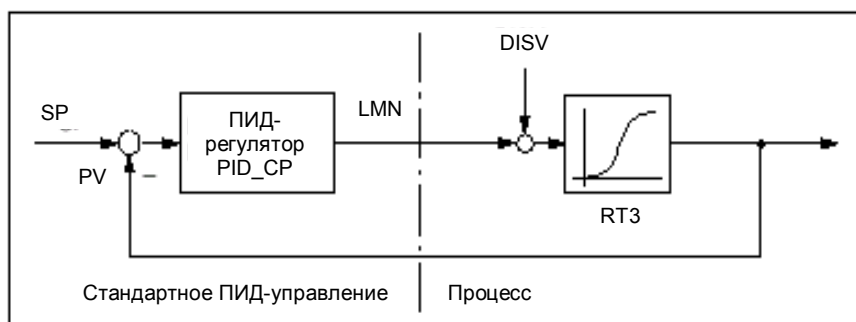


Рис. 7-10 Example2 (Пример2), контур управления

Функциональный блок PROC\_C моделирует последовательное соединение, состоящее из трех звеньев с задержкой первого порядка (Рис. 7-11). Переменная помехи (а также переменная внешнего воздействия) DISV может накладываться на выходной сигнал конечного элемента управления так, что сигналы возмущения процесса могут быть здесь скомпенсированы вручную. Коэффициент усиления GAIN может использоваться для определения статического усиления процесса.

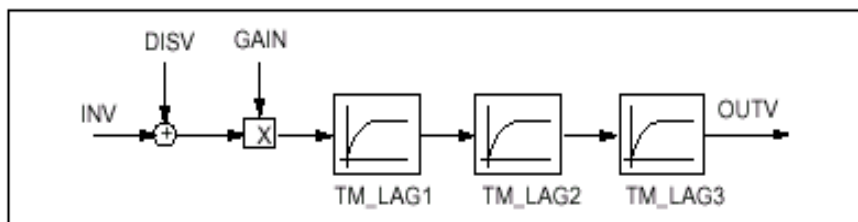


Рис. 7-11 Структура и параметры блока процесса PROC\_C

### Структура блока

Example2 (Пример2) соответствует функции APP\_2, которая включает блоки для моделируемого процесса, блок для полной перезагрузки (OB100) и блок циклического (watchdog) прерывания (OB35 с циклом 100 мс).

Таблица 7-4 Блоки для Example 2 (Пример 2)

Блок	Символическое имя	Описание
OB100		ОВ полного перезапуска
OB35		ОВ управления по времени: 100 мс
FC100	APP_2	Example 2 (Пример 2)
FB1	PID_CP	ПИД-регулятор непрерывного управления
FB100	PROC_C	Процесс для регулятора непрерывного управления
DB100	PROCESS	Экземпляр DB для PROC_C
DB101	CONTROL	Экземпляр DB для PID_CP

Двум функциональным блокам (Рис. 7-12) назначены экземпляры DB DB100 для процесса и DB 101 для регулятора.

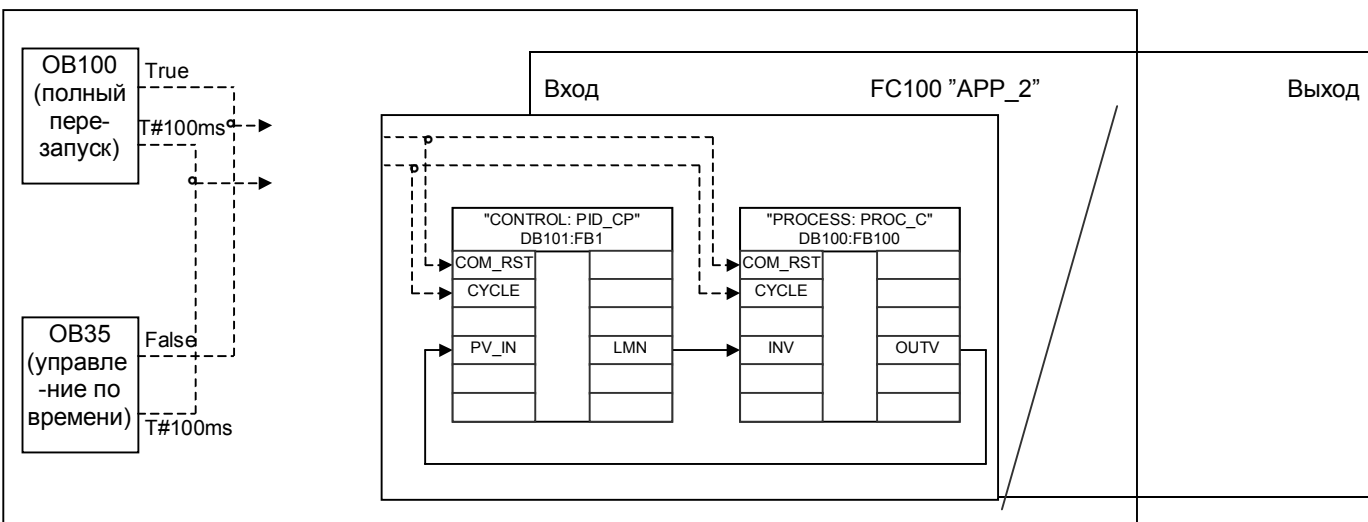


Рис. 7-12 Блоки для Example 2 (Пример 2): соединения и вызовы

**Параметры**

**модели процесса** Параметры блока регулятора PID\_CP и их значения описаны в главе 6. Параметры блока процесса PROC\_C показаны в таблице 7-5.

Таблица 7-5 Параметры блока процесса PROC\_C (DB100:FB100)

Параметр	Тип	Назначение параметра	Описание
INV	REAL		Входной сигнал "вверх" ("больше")
COM_RST	BOOL		Полный перезапуск
CYCLE	TIME	$\geq 1$ мс	Время дискретизации
DISV	REAL		Сигнал (переменная) помехи
GAIN	REAL		Коэффициент усиления контура
TM_LAG1	TIME	$\geq \text{CYCLE}/2$	Временная задержка 1
TM_LAG2	TIME	$\geq \text{CYCLE}/2$	Временная задержка 2
TM_LAG3	TIME	$\geq \text{CYCLE}/2$	Временная задержка 3
OUTV	REAL		Выходная переменная

**Подключение и  
вызов Example2  
(Пример2)**

На рис.7-13 показаны внутренние соединения регулятора непрерывного управления с моделью процесса посредством функции FC100.

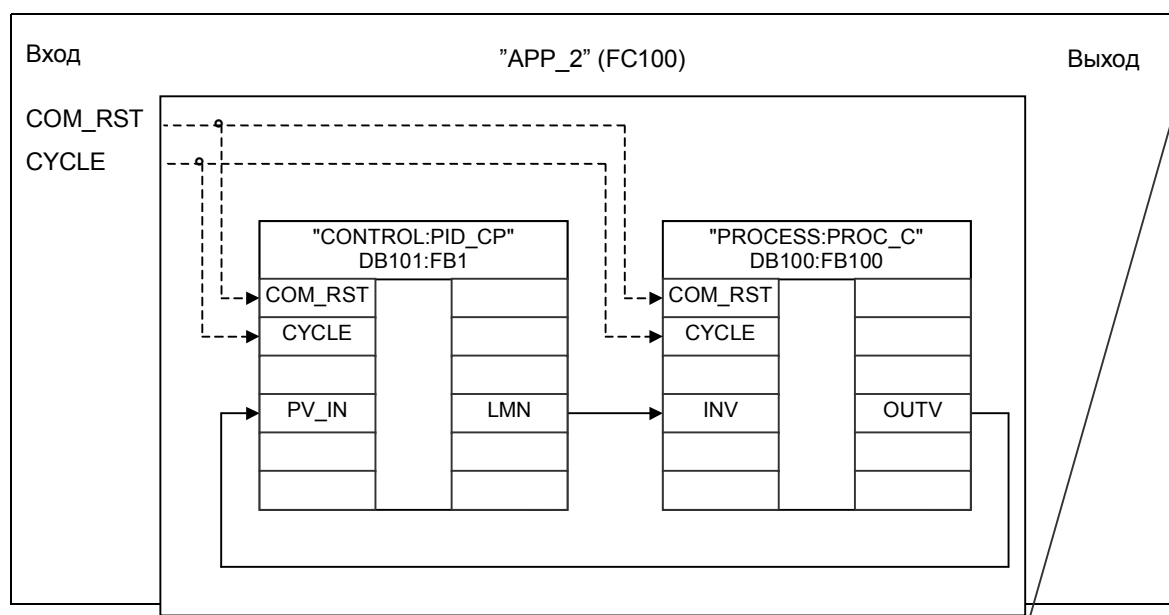
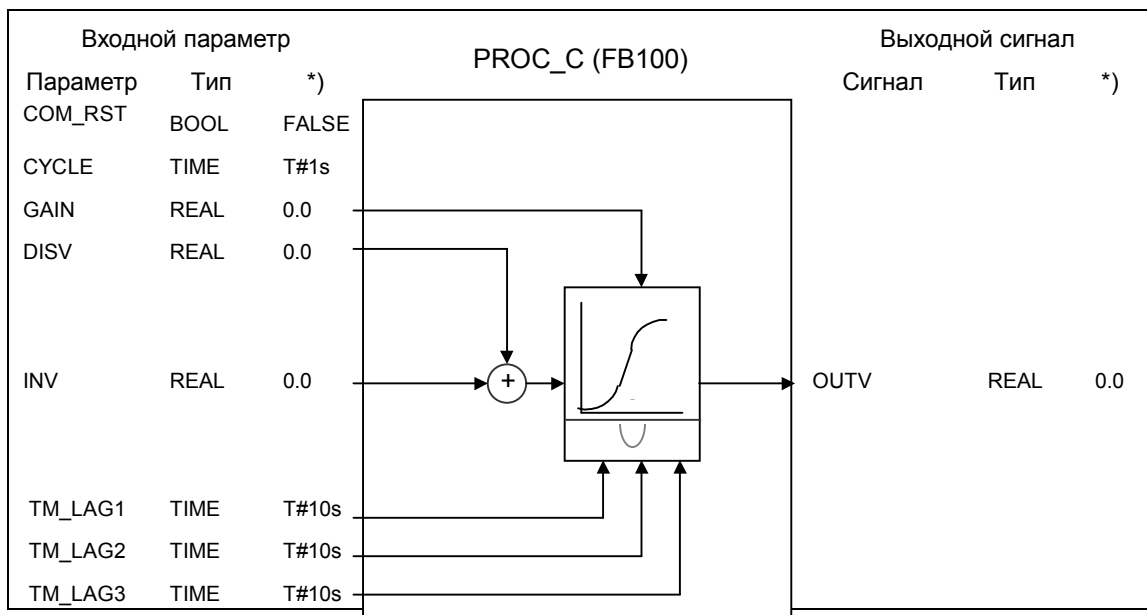


Рис. 7-13 Соединения и организация вызовов FC100 (APP\_2)



**Параметры модели  
процесса для  
регулятора  
непрерывного  
управления**

На Рис. 7-14 представлены функциональная схема и параметры процесса.  
Поведение регулятора при "полном" и "теплом" перезапуске описано в разделе 3.5.



\*) назначение при создании экземпляра DB

Рис. 7-14 Функции и параметры для модели процесса PROC\_C

**Параметры и  
переходная  
характеристика**

Переходная характеристика контура управления с моделью процесса с РТ третьего порядка соответствует конкретной конфигурации регулятора непрерывного управления с ПИ-компонентом. Для выбранных параметров контура управления с 10-секундной задержкой времени переходная характеристика системы приближается к характеристике системы управления давлением или системы управления уровнем (наполнением резервуара).

Установка одного из параметров временной задержки:

TM\_LAGx = 0 секунд снижает порядок динамической характеристики процесса с третьего порядка до второго порядка.

Кривая (утилита конфигурации) показывает ступенчатый входной сигнал (величина ступенчатого изменения уставки составляет 20% полного диапазона ее изменения) и переходную характеристику регулятора (Рис. 7-15). Таблица содержит набор подходящих значений параметров регулятора и процесса.

Параметр	Тип	Назначение параметра	Описание
Регулятор			
CYCLE	TIME	100ms (100 мс)	Время дискретизации
GAIN	REAL	0.31	Усиление пропорциональное
TI	TIME	22.720s (22.720 с)	Постоянная интегрирования (время установления)
TD	TIME	5.974s (5.974 с)	Постоянная дифференцирования
TM_LAG	TIME	1.195s (1.195 с)	Временная задержка Д-компонента
Процесс			
GAIN	REAL	1.5	Усиление контура
TM_LAG1	TIME	10s (10 с)	Временная задержка 1
TM_LAG2	TIME	10s (10 с)	Временная задержка 2
TM_LAG3	TIME	10s (10 с)	Временная задержка 3

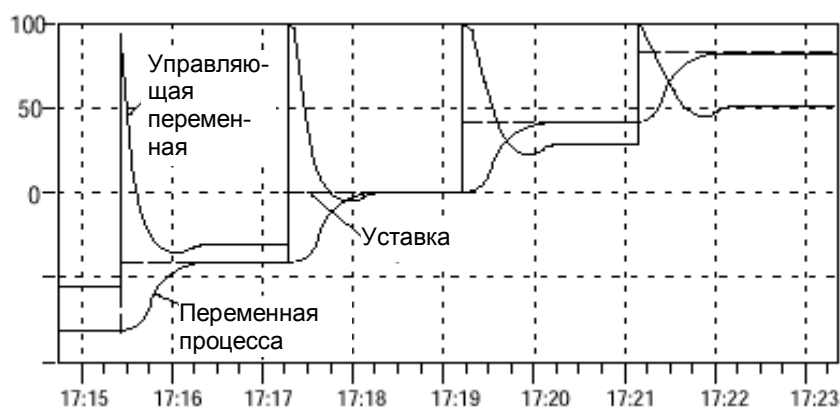


Рис. 7-15 Реакция системы управления с регулятором непрерывного действия на ступенчатое изменение уровня уставки во всем ее диапазоне измерения.

## 7.4 Example3 (Пример3): Многоконтурное пропорциональное управление

### Применение

Example3 (Пример3) содержит все блоки, которые требуются для конфигурирования двухконтурной пропорциональной системы управления. Example3 представляет собой простой пример формирования пропорционального управления для двухкомпонентной системы, какие часто используются для регулирования процесса горения. Структура может легко быть расширена, чтобы создать регулятор для более чем двух технологических параметров (переменных процесса) с постоянным их отношением.

### Функции Example3

**(Примера3)** Example3 (Пример3) включает в себя функцию LP\_SCHED (планировщик циклов), с соответствующим блоком данных общего доступа DB\_LOOP, а также функциональный блок (FB1) для стандартных регуляторов с двумя экземплярами DB для конфигурирования данных двух регуляторов.

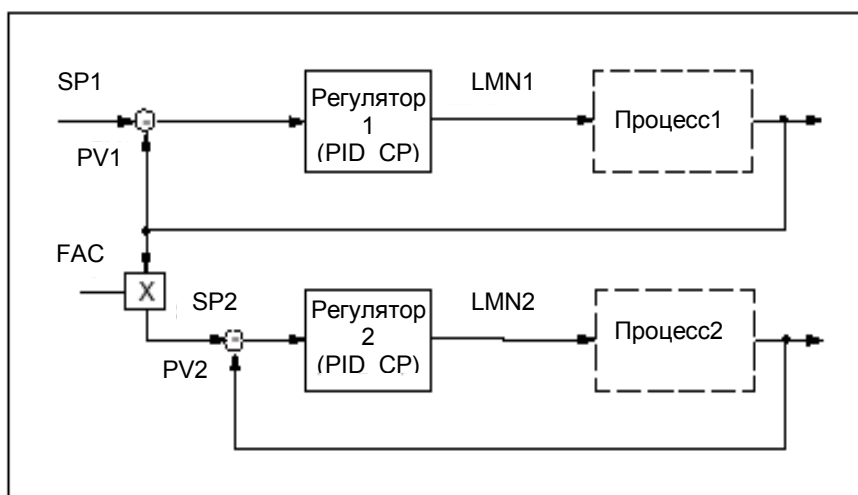


Рис. 7-16 Двухконтурное пропорциональное управление (Пример3)

Регуляторы (Рис.7-16) вызываются функцией LP\_SCHED (планировщик циклов) из класса циклических прерываний с базовым периодом времени 100 мс в фиксированные моменты цикла.

Регулятор 1 действует как первичный регулятор для формирования сигнала уставки, чтобы управлять вторичной переменной процесса. Поэтому отношение между PV1 и PV2 должно сохраняться постоянным при колебаниях величины переменной процесса PV1 из-за внешних воздействий.

Структура блока

Example3 (Пример3) соответствует функции APP\_3, которая содержит функцию LP\_SCHED (планировщик циклов), два стандартных регулятора, вызывает блок для полной перезагрузки (OB100) и блок циклического (watchdog) прерывания (OB35 с циклом 100 мс).

Таблица 7-6 Блоки для Example 3 (Пример 3)

Блок	Символическое имя	Описание
OB100		ОВ полного перезапуска
OB35		ОВ управления по времени: 100 мс
FC100	APP_3	Example 3 (Пример 3)
FC1	LP_SCHED	Loop scheduler (Планировщик циклов)
FB1	PID_CP	ПИД-регулятор непрерывного управления
DB1	DB_LOOP	DB общего доступа для вызова данных для LP_SCHED
DB100	CONTROL1	1-й экземпляр DB для PID_CP
DB101	CONTROL2	2-й экземпляр DB для PID_CP

Функциональному блоку PID\_CP (FB1) назначены экземпляры DB DB100 для процесса и DB 101 (Рис. 7-17).

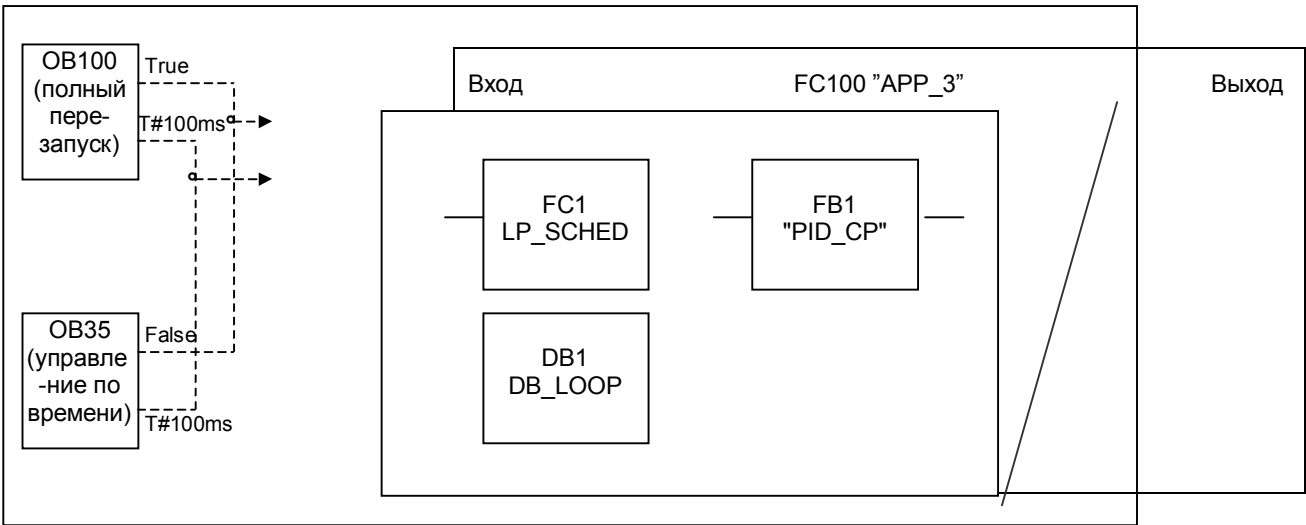


Рис. 7-17 Блоки для Example 3 (Пример 3): соединения и вызовы

Конфигурация  
 Example3  
 (Пример3)

На рис.7-18 показаны внутренние соединения ПИД-регуляторов и планировщика циклов посредством функции FC100. Поведение регулятора при "полном" и "теплом" перезапуске описано в разделе 3.5.

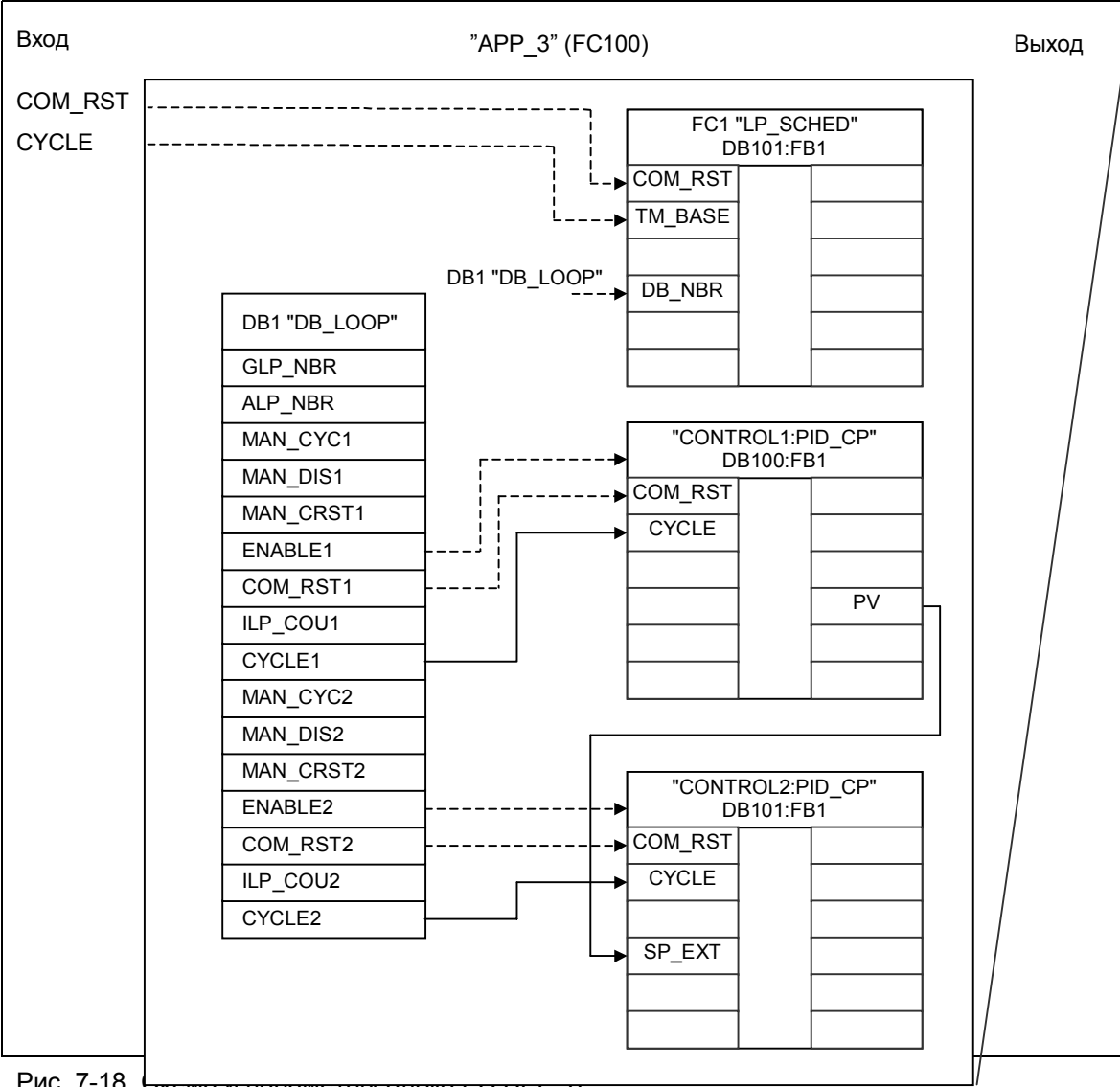


Рис. 7-18 Схема и параметры блока FC100

## 7.5 Example4 (Пример4): Смешанное управление

### Применение

Example4 (Пример4) содержит все блоки, которые требуются для конфигурирования смешанной системы управления, состоящей из основного и двух вторичных компонентов.

Example4 представляет собой простой пример формирования смешанного управления для трехкомпонентной системы, какие используются для регулирования некоего общего (суммарного) параметра и поддержания постоянного процентного содержания в нем двух составляющих параметров. Структура может легко быть расширена, чтобы создать регулятор для более, чем трех технологических параметров (переменных процесса).

### Функции Example4 (Примера4)

Example4 (Пример4) включает в себя функцию LP\_SCHED (планировщик циклов), с соответствующим блоком данных общего доступа DB\_LOOP, а также функциональный блок (FB1) для стандартного регулятора непрерывного управления, функциональный блок (FB2) для стандартных регуляторов пошагового управления с четырьмя экземплярами DB для конфигурирования данных четырех регуляторов.

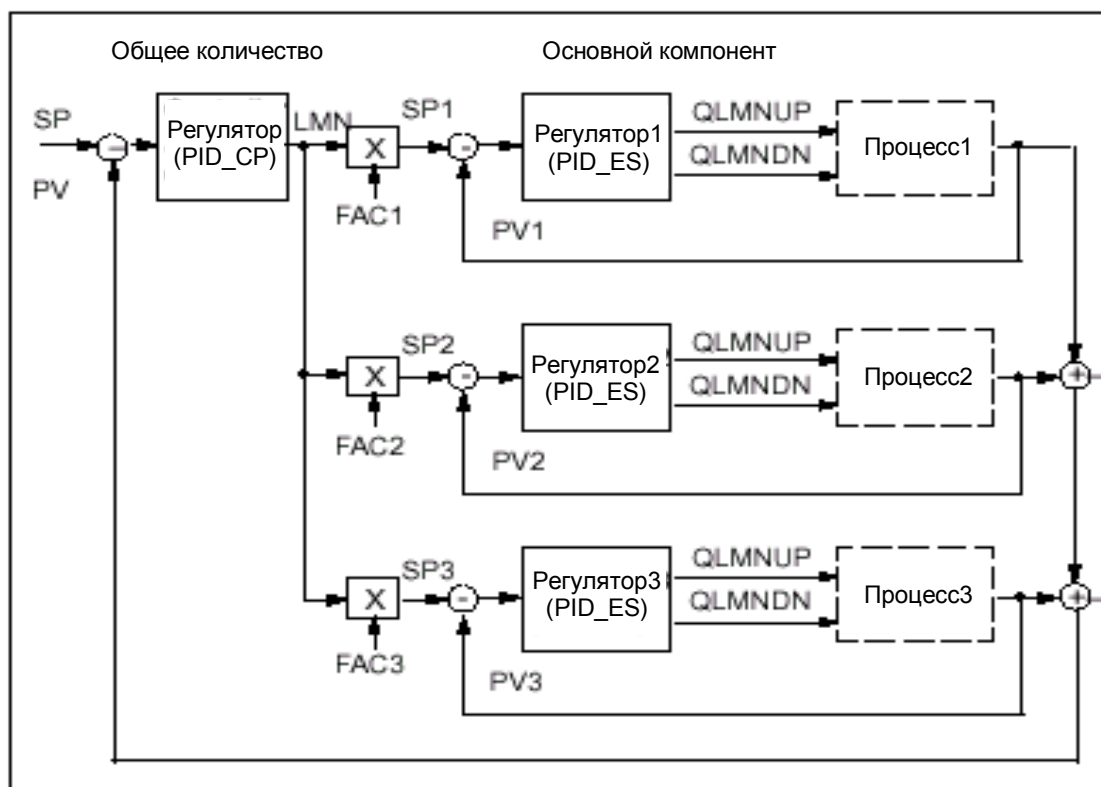


Рис. 7-19 Смешанное управление для трех компонентов (Пример4)

Четыре регулятора вызываются функцией LP\_SCHED (планировщик циклов) в классе циклических прерываний с базовым периодом времени 100 мс в фиксированные моменты цикла.

Регулятор для суммарного параметра (общего количества) с аналоговым выходом (PID\_CP) действует как первичный регулятор для формирования сигналов уставки для управления вторичными

контурами для составляющих параметров (компонентов). Количественно основной компонент (параметр) и вторичные компоненты (параметры) управляются с помощью регуляторов пошагового управления (PID\_ES) в соответствии с установленными значениями коэффициентов FAC1...FAC3. При этом суммарно коэффициенты смешивания FAC1...FAC3 должны составлять 100%.

## Структура блока

Example4 (Пример4) соответствует функции APP\_4, которая содержит функцию LP\_SCHED (планировщик циклов), 4 регулятора, вызывает блок для полной перезагрузки (OB100) и блок циклического (watchdog) прерывания (OB35 с циклом 100 мс).

Таблица 7-7 Блоки для Example4 (Пример 4)

Блок	Символическое имя	Описание
OB100		ОВ полного перезапуска
OB35		ОВ управления по времени: 100 мс
FC100	APP_4	Example4 (Пример 4)
FC1	LP_SCHED	Loop scheduler (Планировщик циклов)
FB1	PID_CP	ПИД-регулятор непрерывного управления
FB2	PID_ES	ПИД-регулятор пошагового управления
DB1	DB_LOOP	ДБ общего доступа для вызова данных для LP_SCHED
DB100	CONT_C1	1-й экземпляр ДБ для PID_CP
DB101	CONT_S1	1-й экземпляр ДБ для PID_ES
DB102	CONT_S2	2-й экземпляр ДБ для PID_ES
DB103	CONT_S3	3-й экземпляр ДБ для PID_ES

Функциональному блоку PID\_ES (FB2) назначены 3 экземпляра ДБ (DB101, DB 102, DB 103) для реализации управления количественными параметрами для трех отдельных компонентов.

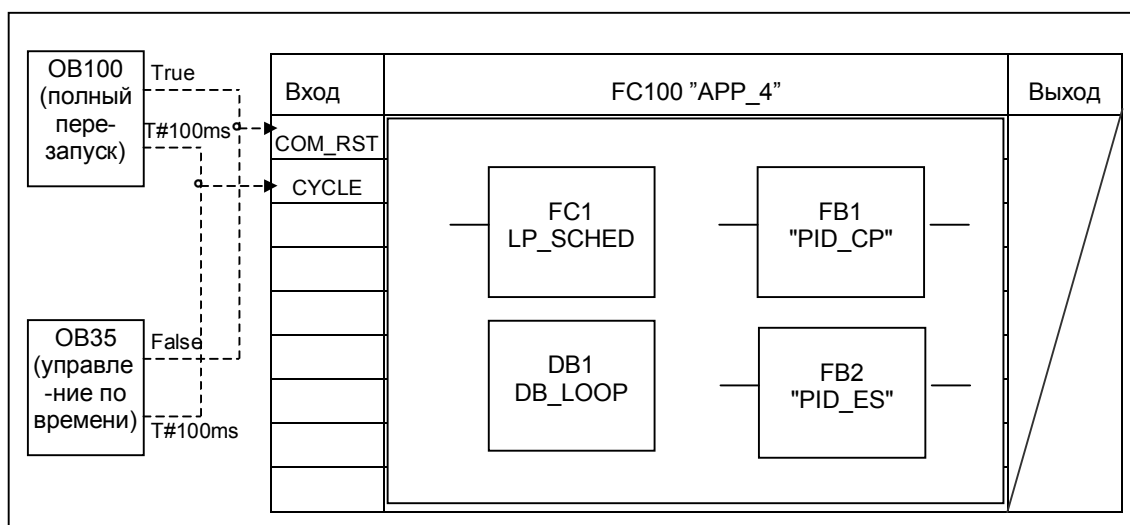


Рис. 7-20 Блоки для Example 4 (Пример 4): соединения и вызовы

Конфигурация  
 Example4  
 (Пример4)

На рис.7-21 показаны внутренние соединения ПИД-регуляторов и планировщика циклов посредством функции FC100. Поведение регулятора при "полном" и "теплом" перезапуске описано в разделе 3.5.

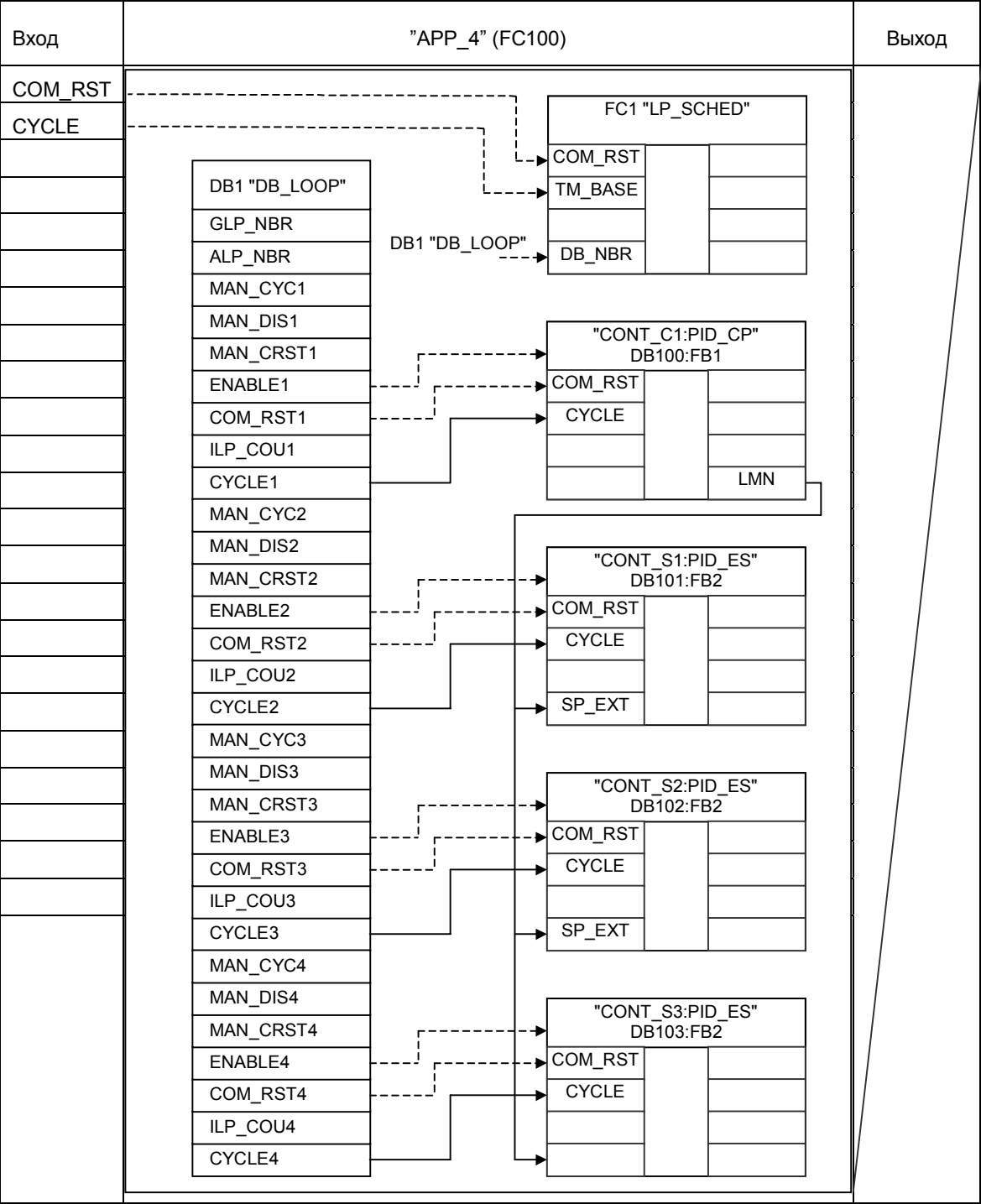


Рис. 7-21 Схема и параметры блока FC APP\_4



## 7.6 Example5 (Пример5): Каскадное управление

### Применение

Example5 (Пример5) содержит все блоки, которые требуются для конфигурирования каскадной системы управления, состоящей из одного основного и одного вторичного компонента.

Example5 представляет собой простой пример формирования каскадного управления для одного основного и одного вторичного компонента.

Структура может легко быть расширена до системы, в которой будет более, чем один вторичный контур.

### Функции

#### Example5

#### (Примера5)

Example5 (Пример5) включает в себя функцию LP\_SCHED (планировщик циклов), с соответствующим блоком данных общего доступа DB\_LOOP, а также функциональный блок (FB1) для стандартного регулятора непрерывного управления (со статусом "master" = "основной"), функциональный блок (FB2) для вторичного стандартного регулятора пошагового управления с двумя экземплярами DB для конфигурирования данных регуляторов.

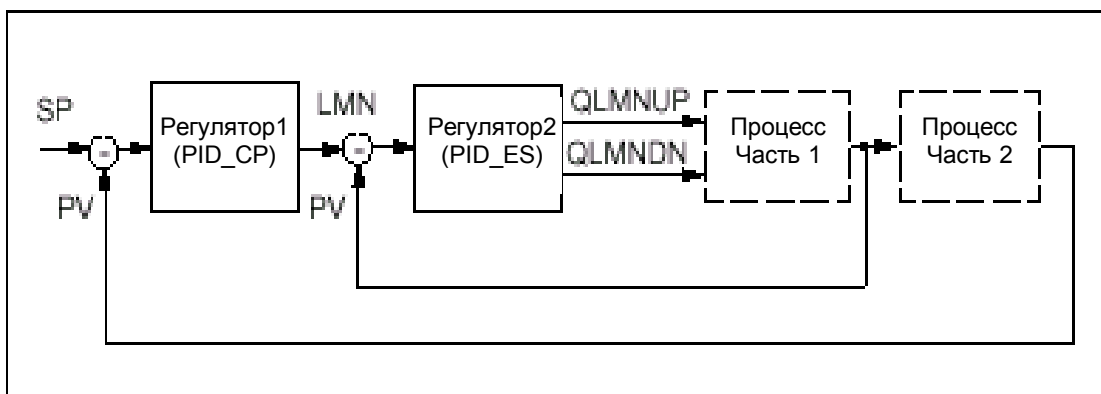


Рис. 7-22 Двухконтурная каскадная система управления (Пример5)

Регуляторы вызываются функцией LP\_SCHED (планировщик циклов) в классе циклических прерываний с базовым периодом времени 100 мс в фиксированные моменты цикла.

Регулятор с аналоговым выходом (PID\_CP) действует как первичный регулятор для формирования сигналов уставки для управления вторичным контуром так, что главная регулируемая переменная с выхода оконечной (второй) части процесса подается для сравнения с опорной величиной уставки SP. Помехи, воздействующие на первичный регулятор, обрабатываются регулятором пошагового действия во вторичном контуре управления (PID\_ES) без воздействия на основную опорную переменную процесса PV.

**Структура блока**

Example5 (Пример5) соответствует функции APP\_5, которая содержит функцию LP\_SCHED (планировщик циклов), 2 регулятора, вызывает блок для полной перезагрузки (OB100) и блок циклического (watchdog) прерывания (OB35 с циклом 100 мс).

Таблица 7-8 Блоки для Example5 (Пример 5)

Блок	Символическое имя	Описание
OB100		ОВ полного перезапуска
OB35		ОВ управления по времени: 100 мс
FC100	APP_5	Example5 (Пример 5)
FC1	LP_SCHED	Loop scheduler (Планировщик циклов)
FB1	PID_CP	ПИД-регулятор непрерывного управления
FB2	PID_ES	ПИД-регулятор пошагового управления
DB1	DB_LOOP	DB общего доступа для вызова данных для LP_SCHED
DB100	CONT_C	Экземпляр DB для PID_CP
DB101	CONT_S	Экземпляр DB для PID_ES

Функциональным блокам PID\_CP и PID\_ES назначены экземпляры DB - соответственно DB100 и DB 101.

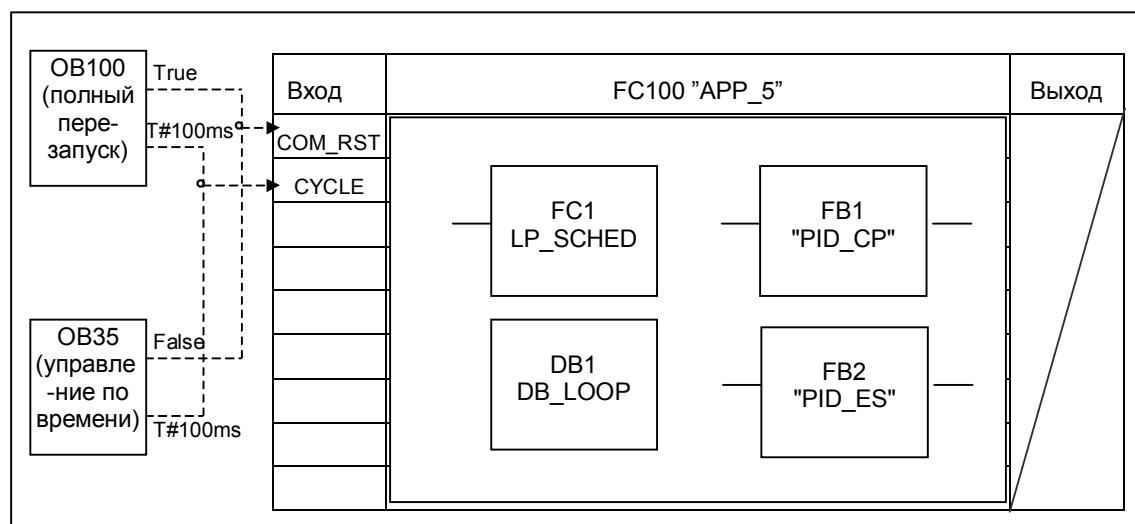


Рис. 7-23 Блоки для Example 5 (Пример 5): соединения и вызовы

Конфигурация  
 Example5  
 (Пример5)

На рис.7-24 показаны внутренние соединения ПИД-регуляторов и планировщика циклов посредством функции FC100. Поведение регулятора при "полном" и "теплом" перезапуске описано в разделе 3.5.

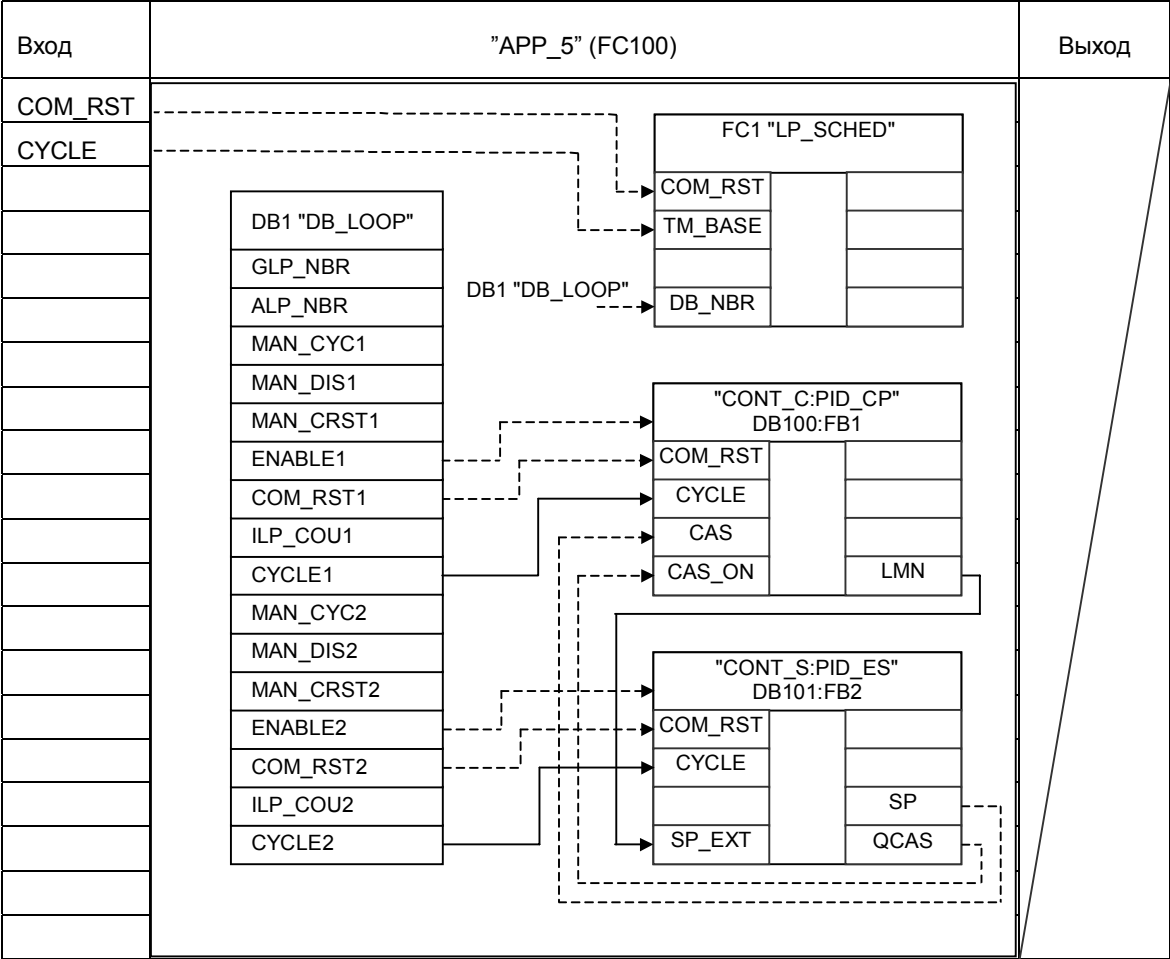


Рис. 7-24 Схема и параметры блока FC APP\_5

## 7.7 Example6 (Пример6): Pulsegen: Регулятор непрерывного управления с импульсными выходами и с моделью процесса

### Применение

Example6 (Пример6) (Pulsegen) охватывает стандартный регулятор непрерывного действия (PID\_CP) генератором положительных и отрицательных импульсов в комбинации с моделью процесса, которая содержит элемент с задержкой времени третьего порядка (PT3).

Pulsegen - простой пример того, как сформировать регулятор непрерывного управления, сконфигурировать и проверить его в полном составе в автономном режиме работы с типичными настройками процесса.

Пример поможет неопытным пользователям понять, как можно использовать и конфигурировать регуляторы с двоичными импульсными выходами в системах управления процессами, использующими приводы пропорционального действия.

Такие регуляторы могут использоваться, например, для управления температурой в системе с электронагревателями.

Этот пример может использоваться как исходный материал или для обучения.

Выбирая параметры, пользователь может так изменять модель, чтобы аппроксимировать реальный процесс.

Используя утилиту конфигурирования, пользователь может выполнить идентификацию процесса для получения набора подходящих характеристик регулятора.

### Функции Example6 (Примера6)

Example6 (Пример6) собственно состоит из двух объединенных функциональных блоков PID\_CP (FB1) и PROC\_CP (FB100). PID\_CP реализует стандартный регулятор с импульсным генератором, а PROC\_CP моделирует саморегулирующийся процесс с задержкой времени 3-го порядка (Рис. 7-25).

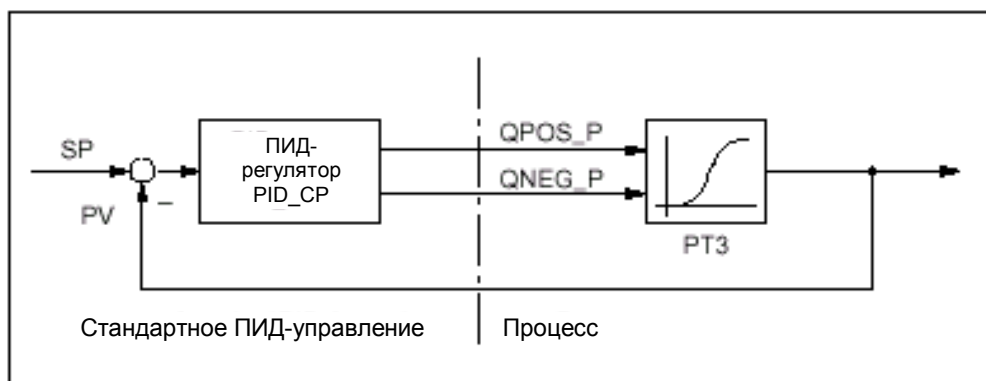


Рис. 7-25 Example6 (Пример6), контур управления

Функциональный блок PROC\_CP моделирует последовательное соединение, состоящее из трех звеньев с задержкой первого порядка (Рис. 7-26). Источником входного сигнала для процесса в данной схеме являются импульсные выходы POS\_P и NEG\_P. Переменная помехи (внешнего воздействия) DISV также может накладываться на выходной сигнал конечного элемента управления так, что сигналы возмущения процесса могут быть здесь скомпенсированы вручную. Коэффициент усиления GAIN может использоваться для определения статического усиления процесса.

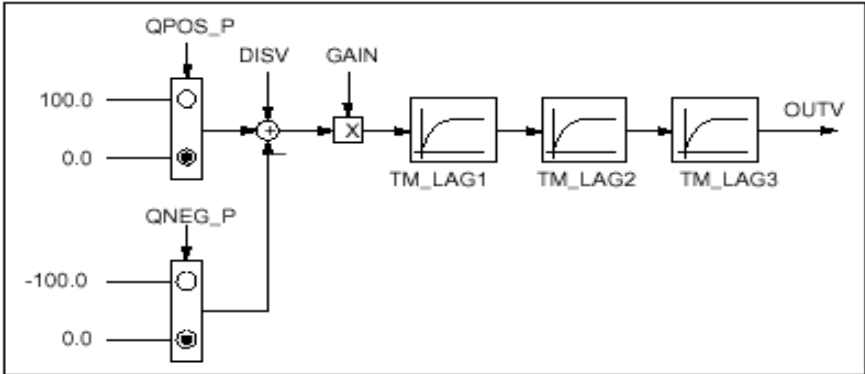


Рис. 7-26 Структура и параметры блока процесса PROC\_PC

Структура блока

Example6 (Пример6) соответствует функции APP\_Pulseggen, которая включает блоки для двух регуляторов, для моделируемого процесса, блок для полной перезагрузки (OB100) и блок циклического (watchdog) прерывания (OB35 с циклом 100 мс).

Таблица 7-9 Блоки для Example 6 (Пример 6)

Блок	Символическое имя	Описание
OB100	RESTART	Полный перезапуск OB
OB35	CYC_INT1	OB управления по времени: 100 мс
FC100	APP_Pulseggen	Example 6 (Пример 6)
FB1	PID_CP	ПИД-регулятор непрерывного действия с генератором импульсов
FB100	PROC_CP	Процесс для регулятора непрерывного действия с генератором импульсов
DB100	PROCESS	Экземпляр DB для PROC_CP
DB101	CONTROL	Экземпляр DB для PID_CP

Двум функциональным блокам (Рис. 7-27) назначены экземпляры PROCESS DB100 для процесса и CONTROL DB 101 для регулятора.

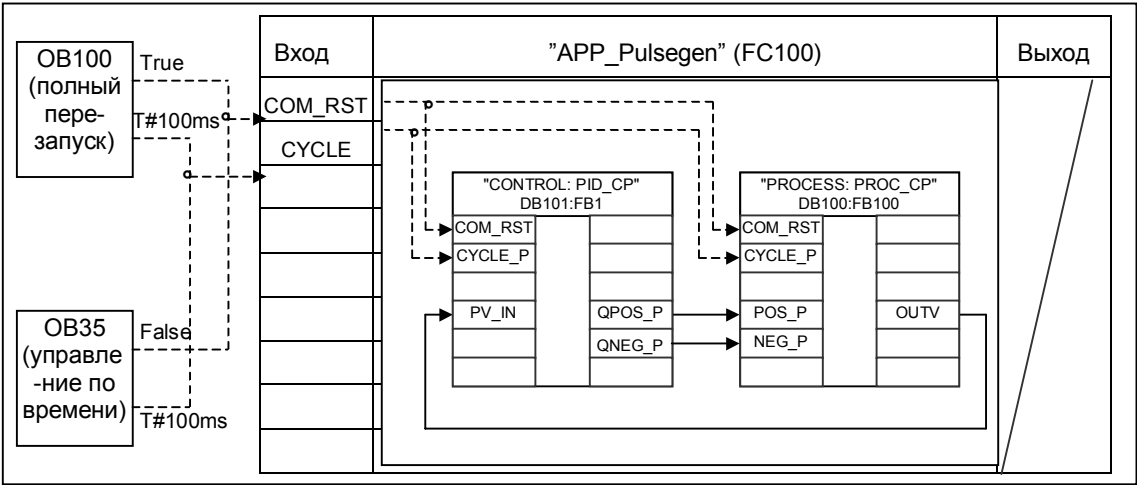


Рис. 7-27 Блоки для Example 6 (Пример 6): соединения и вызовы

Параметры модели процесса

Параметры блока регулятора PID\_CP и их значения описаны в главе 6. Параметры блока процесса PROC\_CP показаны в таблице 7-10.

Таблица 7-10 Параметры блока процесса PROC\_CP(DB100:FB100)

Параметр	Тип	Назначение параметра	Описание
DISV	REAL		Сигнал (переменная) помехи
GAIN	REAL		Коэффициент усиления
TM_LAG1	TIME	≥ CYCLE/2	Временная задержка 1
TM_LAG2	TIME	≥ CYCLE/2	Временная задержка 2
TM_LAG3	TIME	≥ CYCLE/2	Временная задержка 3
POS_P	BOOL		Положительный импульс
NEG_P	BOOL		Отрицательный импульс
COM_RST	BOOL		Полный перезапуск
CYCLE	TIME	≥ 1ms (≥ 1мс)	Время дискретизации
OUTV	REAL		Выходная переменная

Подключение и вызов Example6 (Пример6)

На рис.7-28 показаны внутренние соединения регулятора непрерывного управления с моделью процесса посредством функции FC100.

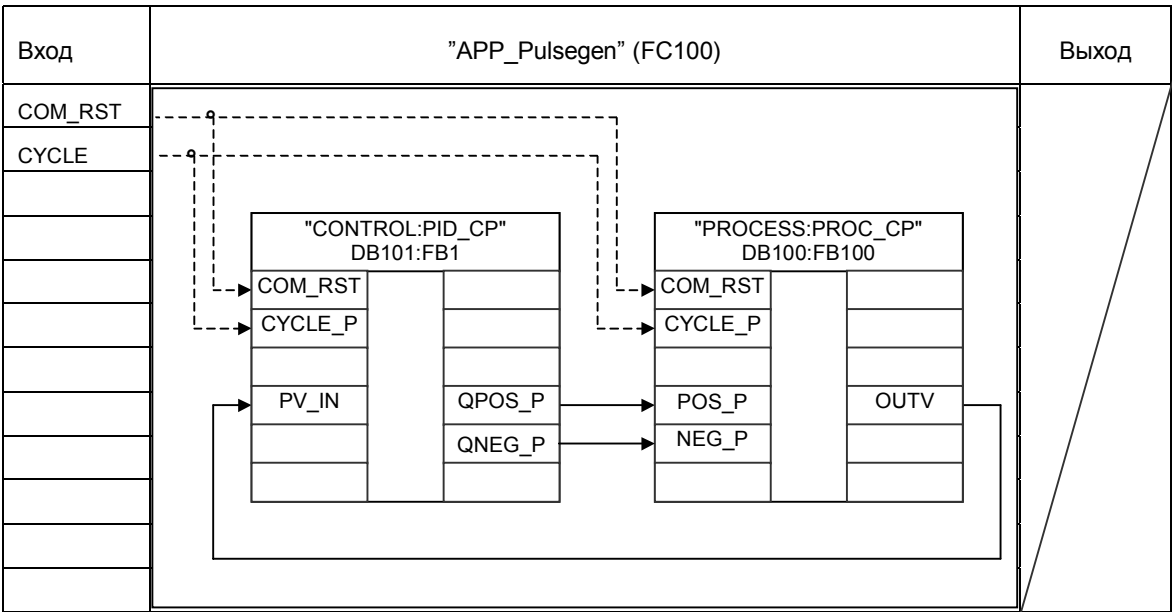
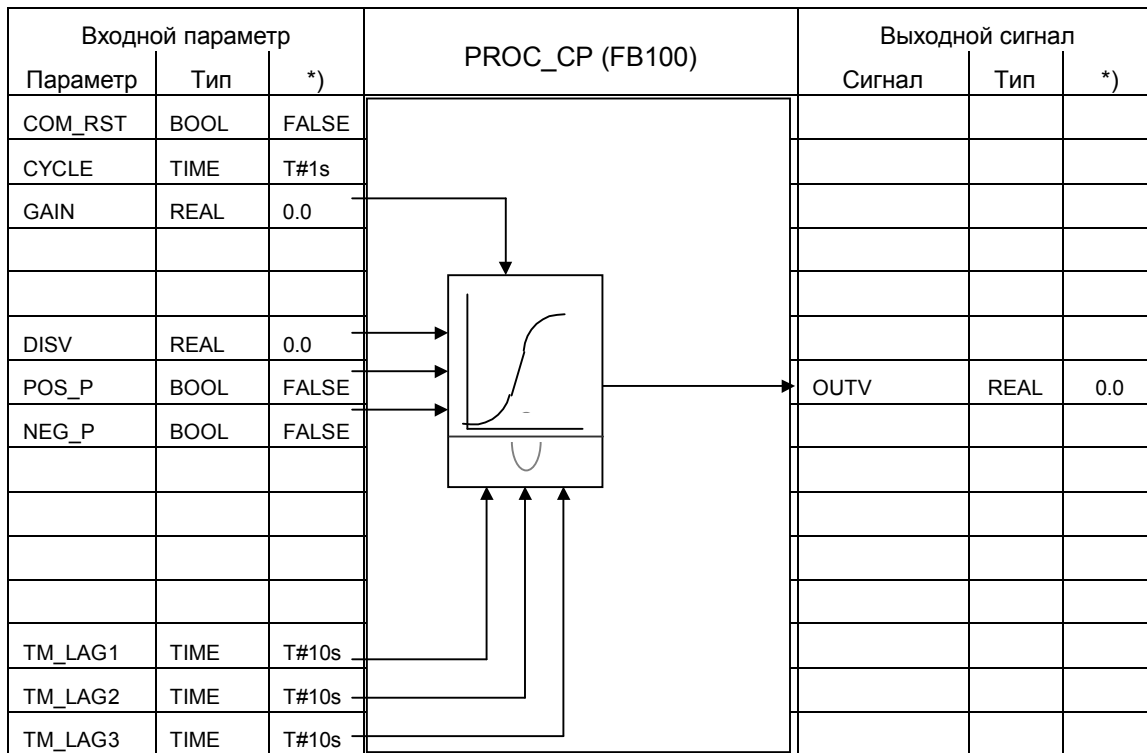


Рис. 7-28 Соединения и организация вызовов FC100 (APP\_Pulsegen)

**Параметры модели  
процесса для  
регулятора  
непрерывного  
управления**

На Рис. 7-29 представлены функциональная схема и параметры процесса.  
Поведение регулятора при "полном" или "теплом" перезапуске описано в разделе 3.5.



\*) назначение при создании экземпляра DB

Рис. 7-29 Функции и параметры для модели процесса PROC\_CP

**Параметры и  
переходная  
характеристика**

Переходная характеристика контура управления с моделью процесса с РТ третьего порядка соответствует конкретной конфигурации регулятора непрерывного управления с ПИД-характеристикой управления. Для выбранных параметров контура управления с 10-секундной задержкой времени переходная характеристика обеспечивает более быстрые динамические свойства, чем обычная система управления термическим процессом. Относительно быстрый процесс означает, что функция управления может быть протестирована на более динамичных режимах. Чтобы тестирование такой функции корректно провести на моделях реальных процессов, необходимо варьировать постоянные времени задержек процессов.

Кривая (утилита конфигурации) показывает ступенчатый входной сигнал (величина ступенчатого изменения уставки составляет 20% полного диапазона ее изменения) и переходную характеристику регулятора (Рис. 7-30). Таблица содержит набор подходящих значений параметров регулятора и процесса.

Параметр	Тип	Назначение параметра	Описание
Регулятор			
CYCLE	TIME	1s	Время дискретизации регулятора
CYCLE_P	TIME	100ms (100 мс)	Время дискретизации
GAIN	REAL	1.535	Усиление пропорциональное
TI	TIME	22.720s (22.720 с)	Постоянная интегрирования (время установления)
TD	TIME	5.974s (5.974 с)	Постоянная дифференцирования
TM_LAG	TIME	1.195s (1.195 с)	Временная задержка Д-компонента
Процесс			
GAIN	REAL	1.5	Усиление регулятора
TM_LAG1	TIME	10s (10 с)	Временная задержка 1
TM_LAG2	TIME	10s (10 с)	Временная задержка 2
TM_LAG3	TIME	10s (10 с)	Временная задержка 3

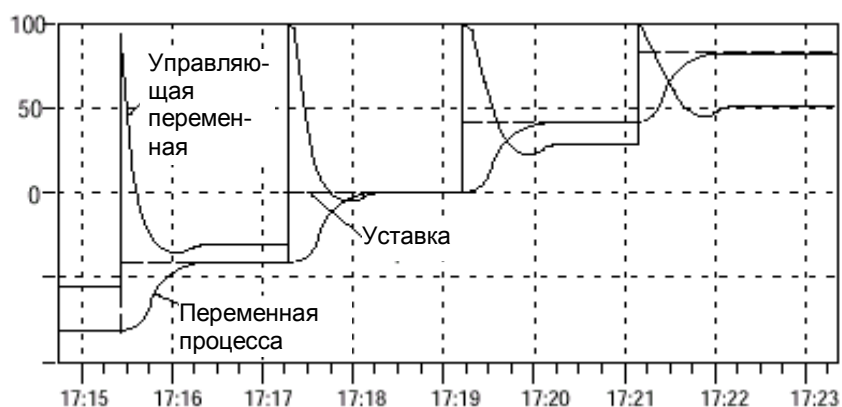


Рис. 7-30 Управление процессом с помощью регулятора непрерывного действия с импульсными выходами при ступенчатом изменении сигнала уставки во всем диапазоне измерения.



## Технические данные и блок-схемы

# 8

В данной главе рассматриваются:

- Технические данные функциональных блоков
- Блок-схемы стандартных ПИД-регуляторов

## 8.1 Технические данные: Функциональные блоки

### Загрузка CPU

Чтобы иметь возможность оценить параметры загрузки для конкретного CPU, при установке ПО Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление), необходимо использовать следующие рекомендации:

Блок FB регулятора должен присутствовать только однажды в пользовательской памяти CPU для любого числа регуляторов;

На каждый регулятор требуется один DB с емкостью, составляющей приблизительно 1 кбайт;

В таблице представлено типичное время выполнения (время обработки) блоков при значениях параметров для регуляторов, принятых по умолчанию:

Имя блока	Граничные условия	Время обработки [мс] CPU 314	Время обработки [мс] CPU 416
PID_CP	Типичные граничные условия	3,84	0,16
PID_CP	Обрабатывается только генератор импульсов	0,72	0,03
PID_CP	"Наихудший" случай: все функции активизированы, 5 временных интервалов	8,4	0,35
PID_ES	Без позиционной обратной связи; типичные граничные условия	4,32	0,18
PID_ES	Без позиционной обратной связи; "наихудший" случай: все функции активизированы, 5 временных интервалов	8,4	0,35
PID_ES	С позиционной обратной связью; типичные граничные условия	4,56	0,19
PID_ES	С позиционной обратной связью; наихудший" случай: все функции активизированы, 5 временных интервалов	8,4	0,35

**Использование  
рабочей памяти**

Размер требуемой пользовательской памяти и, следовательно, количество контуров управления, которое теоретически может быть установлено с необходимым объемом памяти показаны в нижеприведенной таблице:

Имя блока		Загружаемая память	Пользовательская память	Локальные данные
PID_CP	FB1	8572 байт	7448 байт	102 байт
PID_ES	FB2	8588 байт	7498 байт	132 байт
LP_SCHED	FC1	1064 байт	976 байт	20 байт

Экземпляр DB или DB общего доступа	Загружаемая память	Пользовательская память
DB для PID_CP	1154 байт	510 байт
DB для PID_ES	1100 байт	480 байт
LP_LOOP (5 контуров)	184 байт	100 байт
DB_RMPSK (с начальной точкой и 4 временными отрезками)	142 байт	78 байт

**Время  
дискретизации**

Минимальная величина времени дискретизации зависит от производительности выбираемого регулятора.

**Примечание**

Ограниченная точность при вычислениях определяет интервал дискретизации, который может быть реализован в конкретной системе. При последовательном уменьшении интервала дискретизации константы алгоритмов управления также принимают все меньшие и меньшие численные значения, а это может привести к неправильному вычислению управляющей переменной.

**Вызов  
регулятора**

Функциональный блок для отдельного контура управления должен вызываться через постоянные интервалы времени или интервалы дискретизации (sampling time). Операционная система S7 PLC вызывает ОБ циклического прерывания.

Время дискретизации и период циклического прерывания должны быть равны.

## 8.2 Блок-схемы стандартных ПИД-регуляторов (Standard PID Control)

### Соглашения, принятые, для параметров и и наименований

Для идентификации параметров и блоков используется до 8 символов. Это требование определяет способ записи при использовании систем STEP7 STL или SCL.

При записи имен параметров используется в основном стандарт IEC 1131-3.

Для наименования параметров для системы Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление) были приняты следующие соглашения:

SP	Setpoint	Величина уставки, опорная переменная
PV	Process variable	Переменная процесса (измеренная величина)
ER	Error signal	Сигнал ошибки (рассогласования)
LMN	Manipulated variable	Управляющая переменная (действующее значение аналогового выходного сигнала)
DISV	Disturbance variable	Переменная помехи
MAN	Manual value	Управляющая переменная в ручном режиме
CAS	Cascade	Каскад
SQRT	Square root	Корень квадратный
.._ROC	Rate of change	Скорость изменения (наклон)
Q..	(Q stands for 'O')	Общий выход булевского типа (BOOL)
.._INT	(internal value)	Внутреннее значение
.._EXT	(external value)	Внешнее значение
.._ON	Boolean value = = switching signal	Сигнал включения (булевский тип)
..URLM	Up rate limit	Верхний предел скорости
..DRLM	Down rate limit	Нижний предел скорости



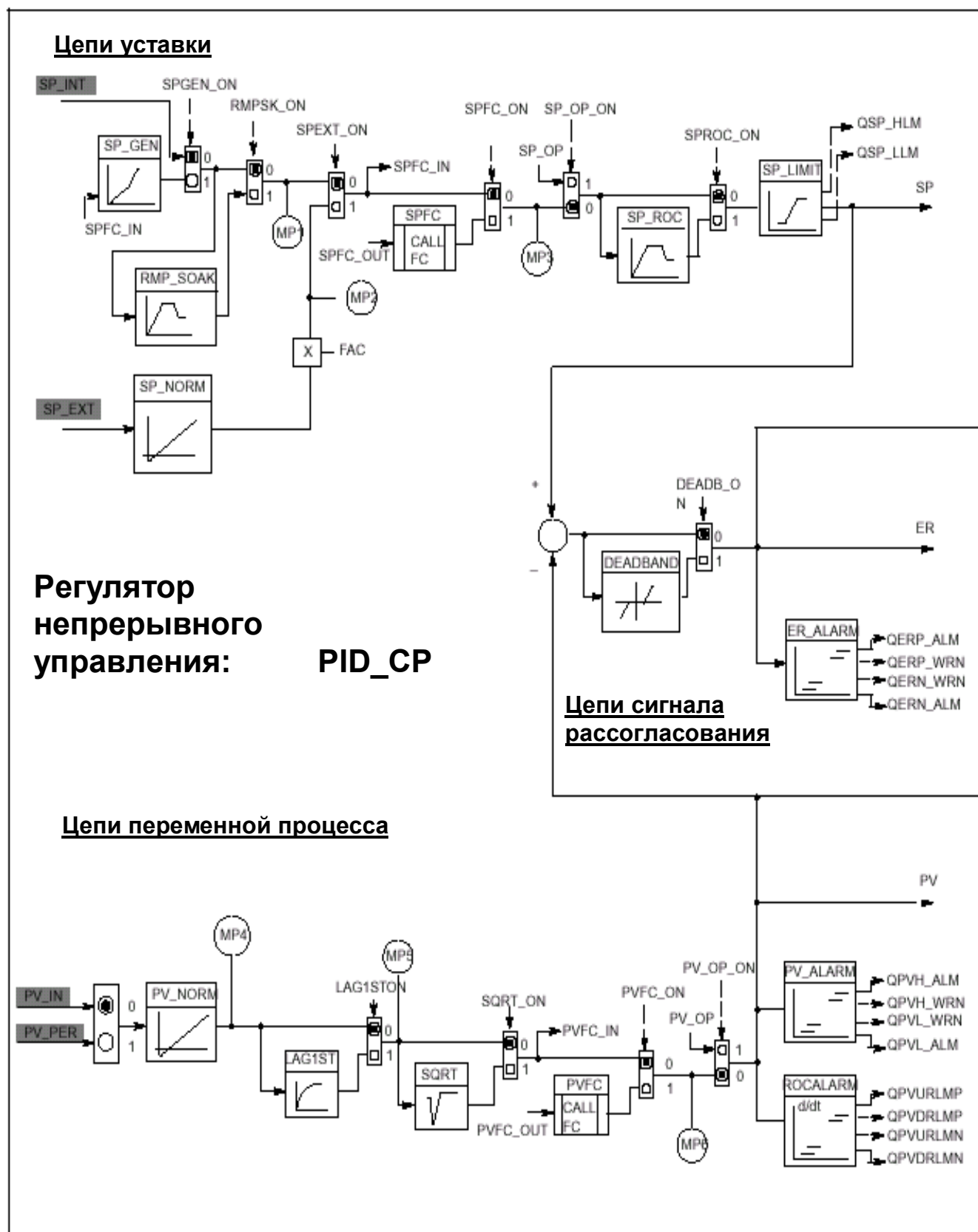
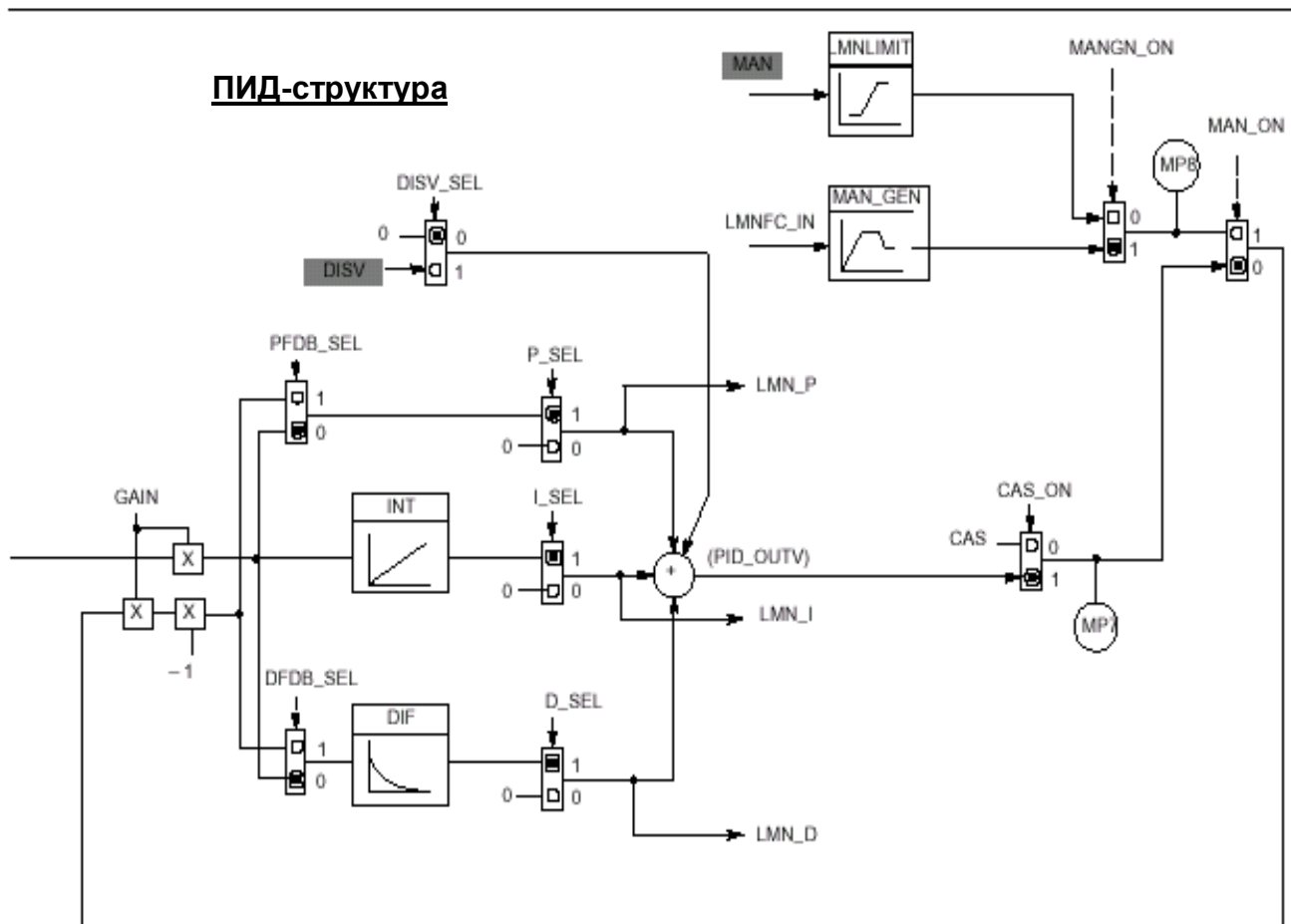
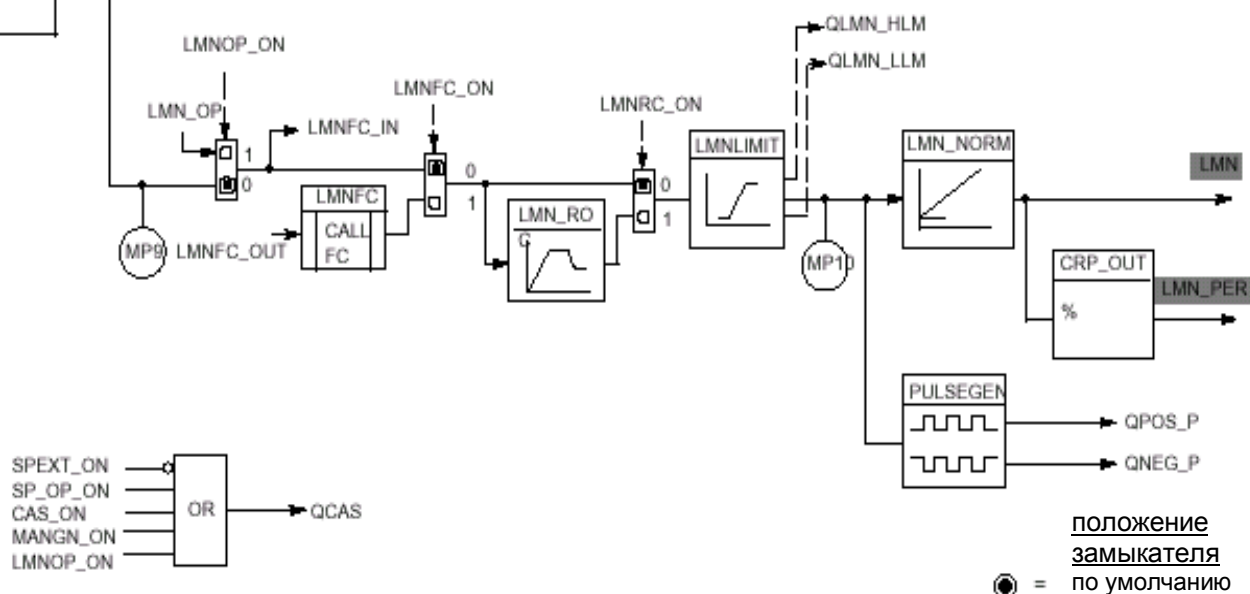
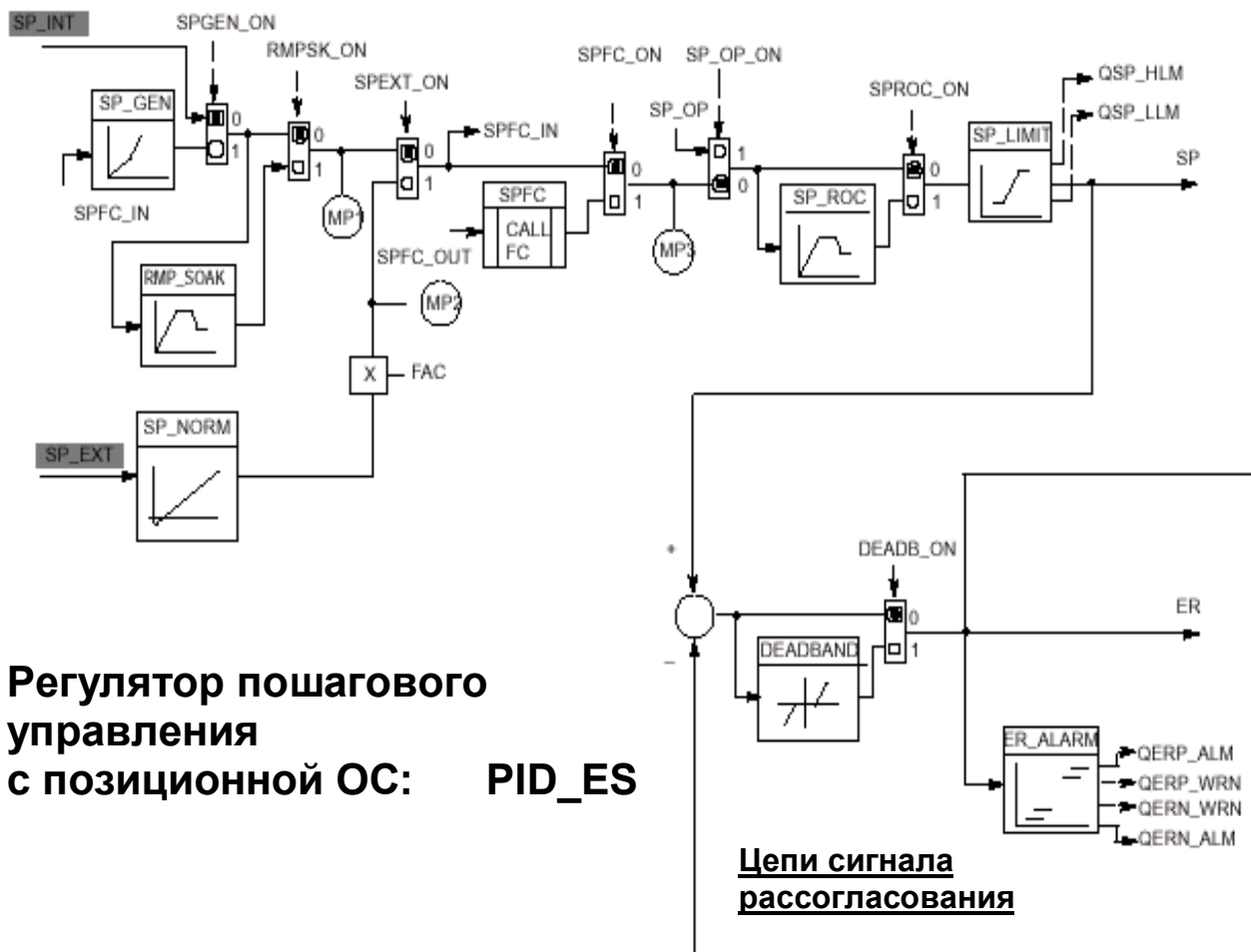


Рис. 8-1 Блок-схема регулятора непрерывного управления PID\_CP

**ПИД-структура****Цепи управляющей переменной**

### Цепи уставки



### Цепи переменной процесса

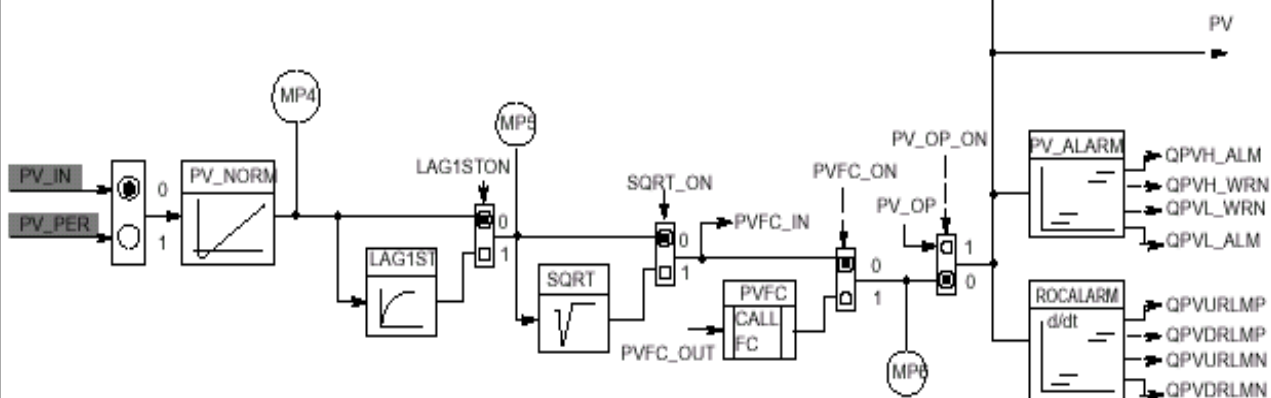
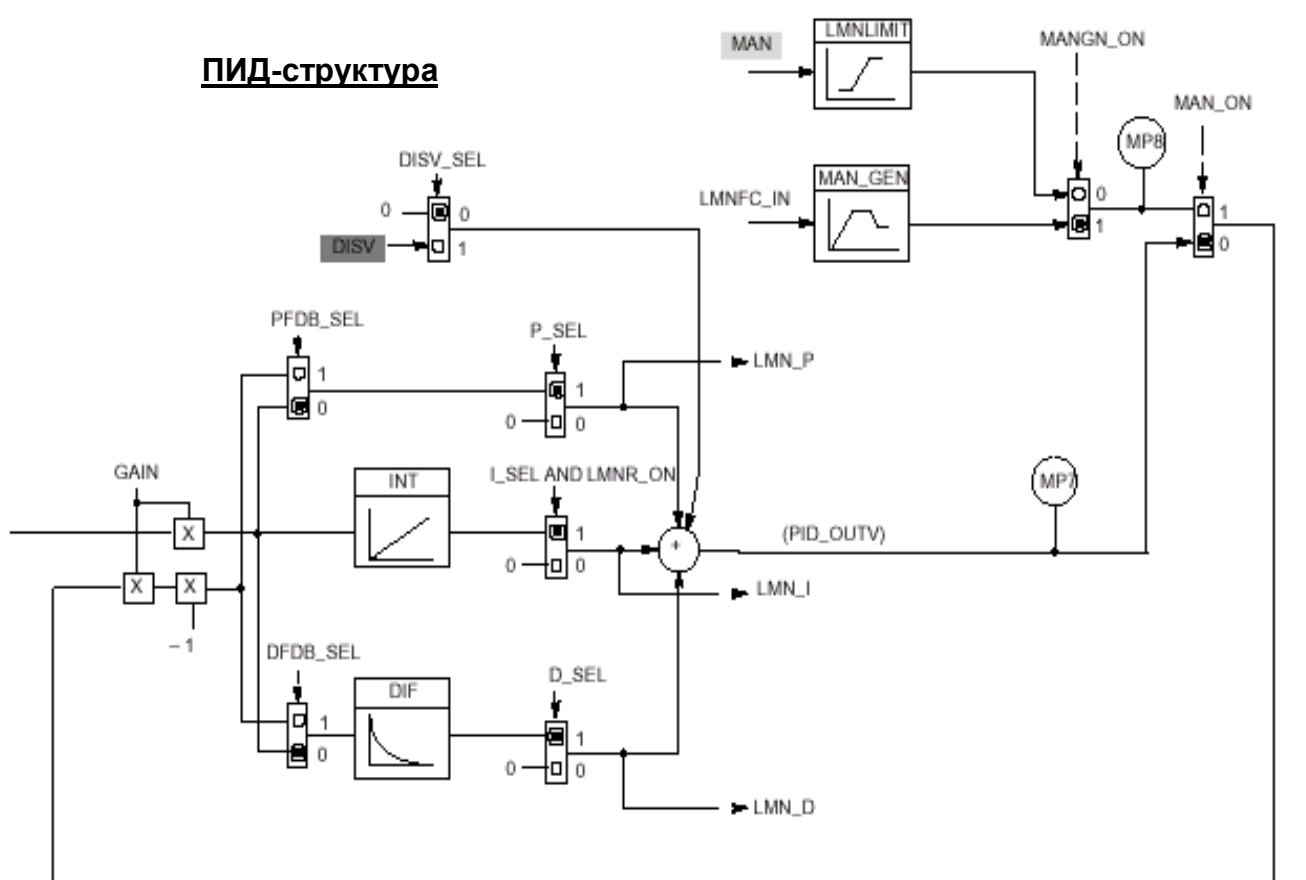
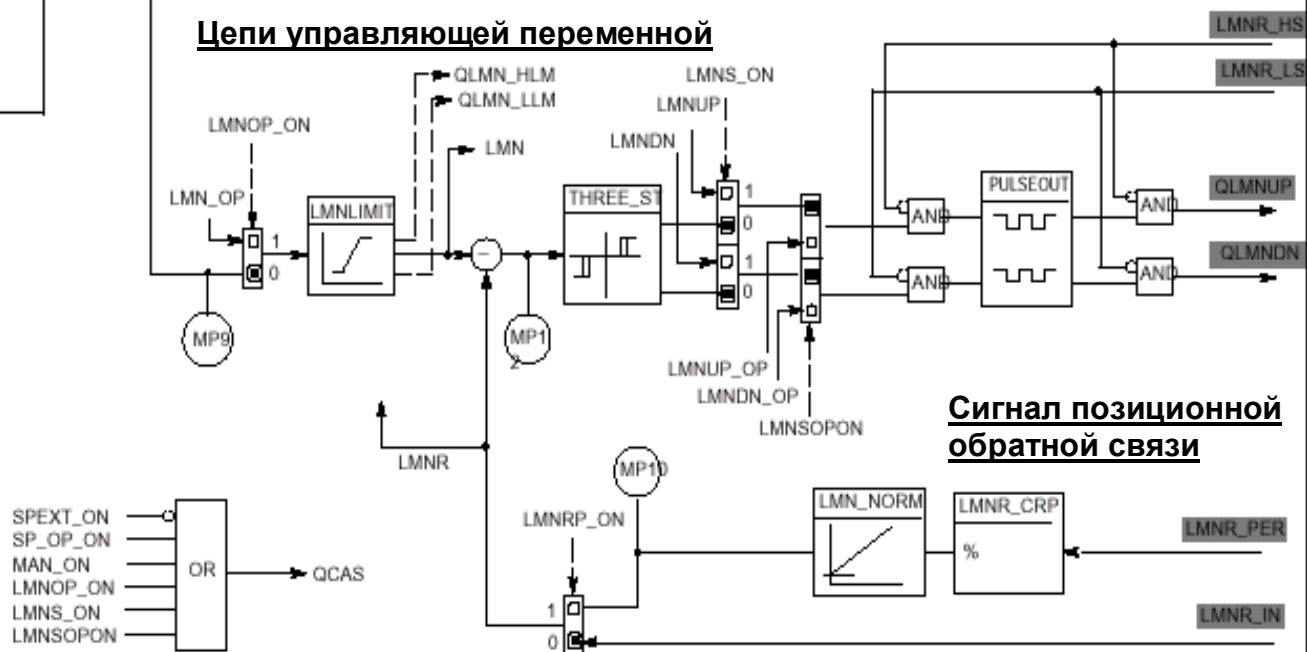
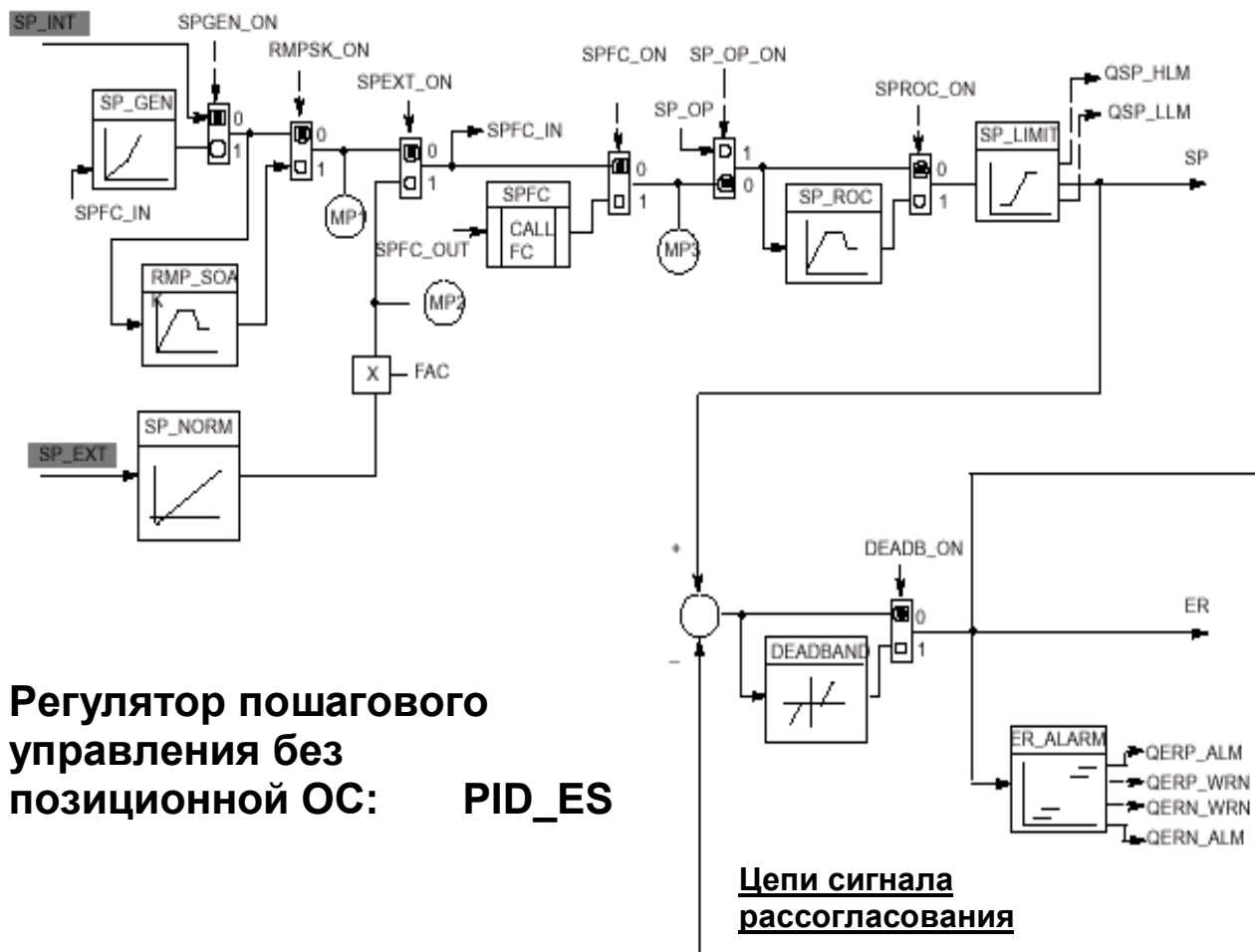


Рис. 8-2 Блок-схема регулятора пошагового управления PID\_ES  
(с сигналом позиционной ОС "LMNR = TRUE" (ИСТИНА))



**ПИД-структура****Цепи управляющей переменной****Сигнал позиционной обратной связи**

### Цепи уставки



Регулятор пошагового управления без позиционной ОС: **PID\_ES**

### Цепи сигнала рассогласования

### Цепи переменной процесса

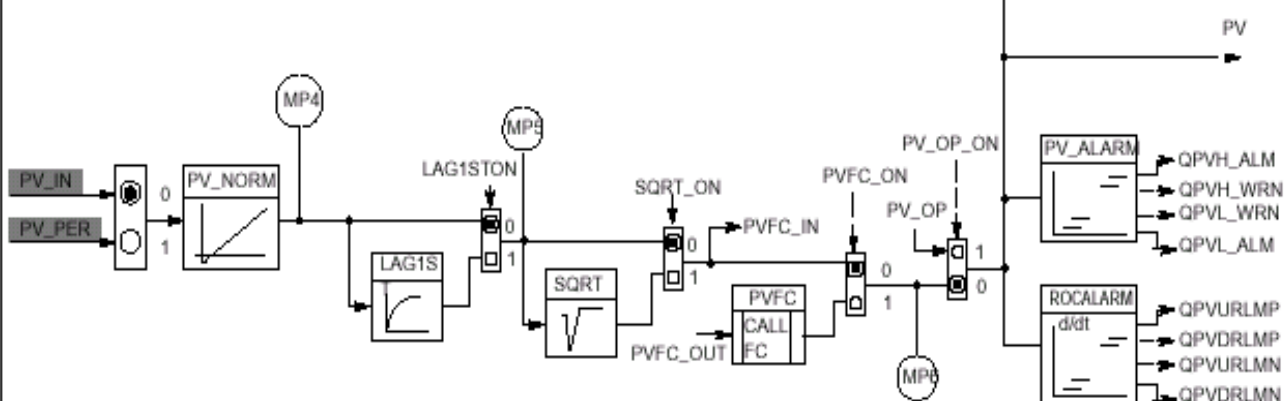
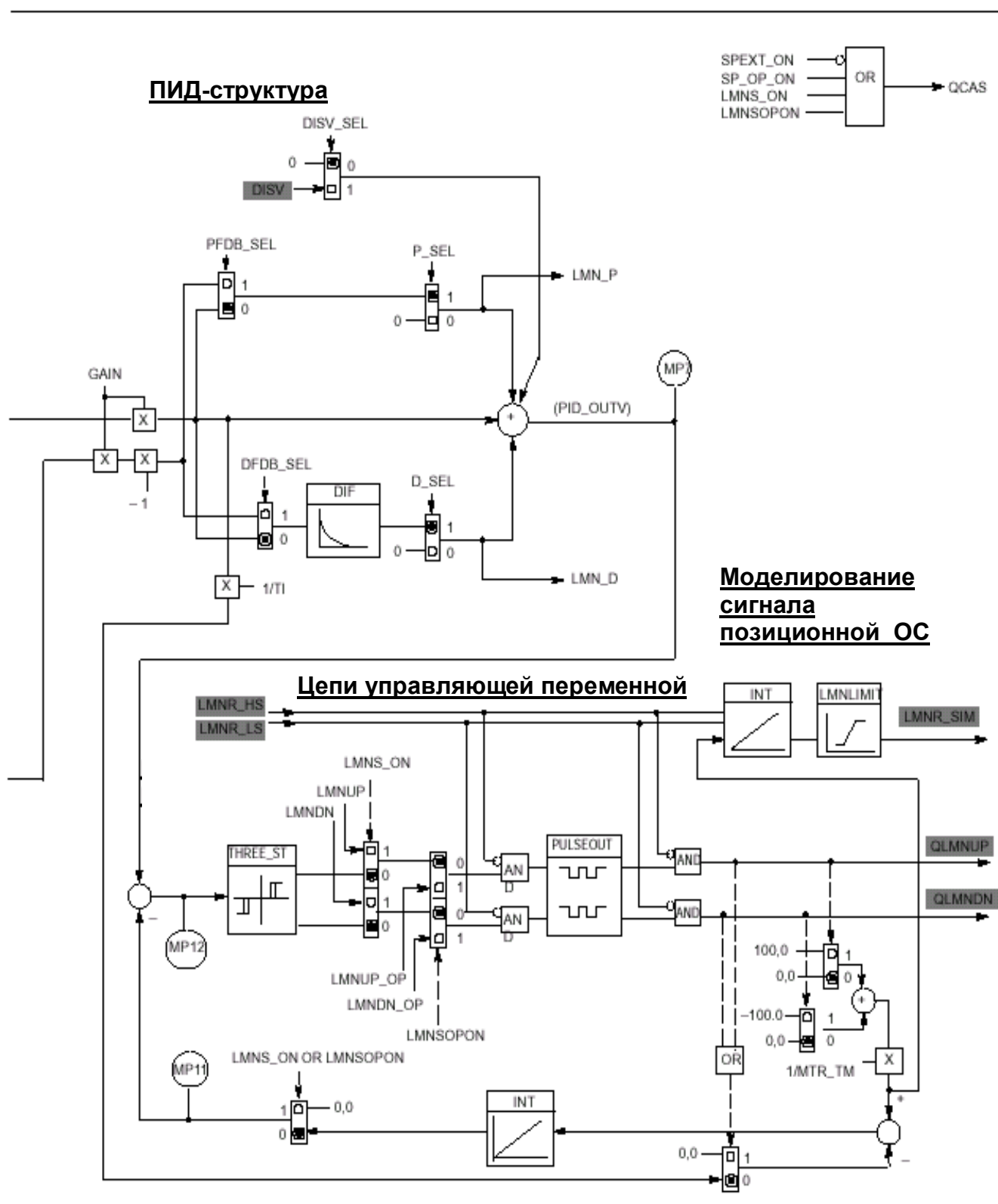


Рис. 8-3 Блок-схема регулятора пошагового управления PID\_ES (без сигнала позиционной ОС "LMNR = FALSE" (ЛОЖЬ))





# Списки параметров Standard PID Control (Стандартное ПИД-управление)

## 9

### Примечания:

Таблицы параметров в этом приложении представляют порядок и содержание структур в экземплярах DB стандартных функциональных блоков SIMATIC S7.

- **Диапазон значений** (Range of values) указывается для каждого параметра.

"Полный (весь) диапазон значений" (Entire range of values) – это численный диапазон, отведенный для отдельного адресуемого типа STEP 7.

"Технический диапазон значений" (Technical range of values) – это ограниченная область значений, которой с достаточной точностью могут соответствовать измеренные параметры, здесь:  $-10^5 \dots +10^5$ . Использование этого диапазона позволяет избежать неудобных больших или малых численных диапазонов для параметров.

- Все параметры имеют точно установленное **значение по умолчанию**, если создан экземпляр DB.

Эти значения выбираются так, чтобы при их наборе было маловероятно возникновение критического состояния системы.

При использовании редактора программ STEP 7 текстов программ Вы можете заменять значение, принятое по умолчанию, на любое другое значение в **допустимом диапазоне значений**. Однако, более удобно использовать утилиту конфигурирования, ее функции назначения параметра.

- Информация о соглашении об использовании обозначений параметров, см. раздел 8.2.

## 9.1 Параметры функционального блока PID\_CP

PID_CP		
COM_RST		LMN
I_SEL		LMN_PER
D_SEL		SP
MAN_ON		PV
CAS_ON		QCAS
SELECT		QC_ACT
CYCLE		QPOS_P
CYCLE_P		QNEG_P
SP_INT		
SP_EXT		
PV_IN		
PV_PER		
GAIN		
TI		
TD		
TM_LAG		
DISV		
CAS		
SP_HLM		
SP_LLM		
LMN_HLM		
LMN_LLM		
DB_NBR		
SPFC_NBR		
PVFC_NBR		
LMNFCNBR		
MAN		MAN

Таблица 9-1 Входные параметры PID\_CP (регулятор непрерывного управления)

Параметр	Тип	Пояснение	Диапазон допустимых значений	Значение по умолчанию
COM_RST	BOOL	Полный перезапуск (выполнение программы инициализации FB)		FALSE
I_SEL	BOOL	Включение И-компонента (И-обработки)		TRUE
D_SEL	BOOL	Включение Д-компонента (Д-обработки)		FALSE
MAN_ON	BOOL	Включение ручного режима Разомкнутый контур управления (Сигнал LMN устанавливается вручную)		TRUE
CAS_ON	BOOL	Включение каскадного управления (Подключение к QCAS вторичного регулятора)		FALSE

Таблица 9-1 Входные параметры PID\_CP (регулятор непрерывного управления)  
(продолжение)

Параметр	Тип	Пояснение	Диапазон допустимых значений	Значение по умолчанию
SELECT	Byte	Если PULS_ON = TRUE (ИСТИНА): 0: ПИД и генератор импульсов 1: ПИД (блок вызывается в ОБ1) 2: Генератор импульсов (блок вызывается в ОБ циклических прерываний) 3: ПИД (блок вызывается в ОБ циклических прерываний)	0, 1, 2, 3	0
CYCLE	TIME	Время дискретизации (константа) (время между двумя вызовами блока) Обеспечивайте конфигурирование этого параметра с циклическим прерыванием ОБ, в котором FB "PID_CP" выполняется! Иначе, зависящие от времени функции не будут функционировать правильно. (Исключение: использование масштабирования импульсов, например посредством распределения вызовов регулятора)	> 20 мс (S7-300)	T#1s
CYCLE_P	TIME	Время дискретизации генератора импульсов Обеспечивайте конфигурирование этого параметра с циклическим прерыванием ОБ, в котором FB "PID_CP" выполняется! Иначе, зависящие от времени функции не будут функционировать правильно. (Исключение: использование масштабирования импульсов, например посредством распределения вызовов регулятора)		T#10ms
SP_INT	REAL	Внутреннее заданное значение (уставка) (задание уставки с помощью функций интерфейса оператора)	-100.0 ... +100.0 (физические единицы)	0.0
SP_EXT	REAL	Внешнее заданное значение (уставка) (SP в формате числа с плавающей точкой)	-100.0 ... +100.0 (физические единицы)	0.0
PV_IN	REAL	Вход переменной процесса (PV в формате числа с плавающей точкой)	Технический диапазон значений (физические единицы)	0.0
PV_PER	INT	Переменная процесса, поступившая от I/O (PV в формате данных периферии)		W#16#0000
GAIN	REAL	Пропорциональное усиление (усиление регулятора)	Полный диапазон значений	2
TI	TIME	Время установления сигнала	$TI \geq CYCLE$	T#20s
TD	TIME	Время действия дифференциатора	$TD \geq CYCLE$	T#10s
TM_LAG	TIME	Временная задержка Д-компонента	$TM\_LAG \geq CYCLE/2$	T#2s
DISV	REAL	Переменная помехи	-100.0 ... +100.0 (физические единицы)	0.0
CAS	REAL	Вход для использования в каскадной структуре (Подключение к PV вторичного регулятора)	-100.0 ... +100.0 (физические единицы)	0.0

Таблица 9-1 Входные параметры PID\_CP (регулятор непрерывного управления)  
(продолжение)

Параметр	Тип	Пояснение	Диапазон допустимых значений	Значение по умолчанию
SP_HLM	REAL	Верхний предел уставки	SP_LLM ... +100.0 (физические единицы)	100.0
SP_LLM	REAL	Нижний предел уставки	-100.0 ... SP_HLM (физические единицы)	0.0
LMN_HLM	REAL	Верхний предел управляющей переменной	LMN_LLM ... +100.0 (физические единицы)	100.0
LMN_LLM	REAL	Нижний предел управляющей переменной	-100.0 ... LMN_HLM (физические единицы)	0.0
DB_NBR	BLOCK_DB	Номер блока данных (DB, содержащий данные о временных отрезках для функции Ramp Soak "Пила")		DB1
SPFC_NBR	REAL	Номер FC уставки (автоопределение FC в цепях уставки)		FC0
PVFC_NBR	INT	Номер FC процесса переменной (автоопределение FC в цепях переменной процесса)		FC0
LMNFCNBR	REAL	Номер FC управляющей переменной (автоопределение FC в цепях управляющей переменной)		FC0

Таблица 9-2 Выходные параметры PID\_CP (регулятор непрерывного управления)

Параметр	Тип	Пояснение	Значение по умолчанию
LMN	REAL	Управляющая переменная (в формате числа с плавающей точкой)	0
LMN_PER	INT	Управляющая переменная для системы I/O (в формате периферийных устройств)	W#16#0000
SP	REAL	Уставка (действующее значение уставки)	0.0
PV	REAL	Переменная процесса (выходное действующее значение переменной процесса в каскадной системе управления)	0.0
QCAS	BOOL	Сигнал для каскадной системы управления (подключенный к CAS_ON первичного (основного) регулятора)	FALSE (ЛОЖЬ)
QC_ACT	BOOL	Отображение обрабатывается ли управление при следующем вызове блока (только для случая, когда SELECT = 0 или 1)	TRUE (ИСТИНА)
QPOS_P	BOOL	Индикатор наличия положительного импульса на выходе генератора импульсов	FALSE (ЛОЖЬ)
QNEG_P	BOOL	Индикатор наличия отрицательного импульса на выходе генератора импульсов	FALSE (ЛОЖЬ)

Таблица 9-3 I/O параметр (входа/выхода) PID\_CP (регулятор непрерывного управления)

Параметр	Тип	Пояснение	Значение по умолчанию
MAN	REAL	Управляющая переменная ручного режима (задание управляющей переменной с помощью функций интерфейса оператора)	0.0



Таблица 9-4 Статические локальные данные PID\_CP (входные параметры)

Параметр	Тип	Пояснение	Диапазон допустимых значений	Значение по умолчанию
PVH_ALM	REAL	Верхнее граничное значение переменной процесса, при котором выдается сигнал тревоги	PVH_WRN...100.0	100.0
PVH_WRN	REAL	Верхнее граничное значение переменной процесса, при котором выдается сигнал предупреждения	PVL_WRN... PVH_ALM	90.0
PVL_WRN	REAL	Нижнее граничное значение переменной процесса, при котором выдается сигнал предупреждения	PVL_WRN... PVH_ALM	-90.0
PVL_ALM	REAL	Нижнее граничное значение переменной процесса, при котором выдается сигнал тревоги	-100.0...PVL_WRN	-100.0
SPGEN_ON	BOOL	Включение генератора сигнала уставки (для корректировки уставки с использованием ключей: "вверх"/"вниз")		FALSE (ЛОЖЬ)
SPUP	BOOL	Сигнал уставки растет		FALSE (ЛОЖЬ)
SPDN	BOOL	Сигнал уставки уменьшается		FALSE (ЛОЖЬ)
RMPSK_ON	BOOL	Включение функции "Ramp Soak" ("Пила") (сигнал SP следует заданному закону изменения)		FALSE (ЛОЖЬ)
SPEXT_ON	BOOL	Включение внешней уставки (для подключения других блоков регулятора)		FALSE (ЛОЖЬ)
MANGN_ON	BOOL	Включение генератора сигнала LMN ручного режима		FALSE (ЛОЖЬ)
MANUP	BOOL	Сигнал LMN растет		FALSE (ЛОЖЬ)
MANDN	BOOL	Сигнал LMN уменьшается		FALSE (ЛОЖЬ)
DFRMP_ON	BOOL	Установка заданного по умолчанию значения для функции "Ramp Soak" ("Пила") (SP_INT устанавливается на выходе)		FALSE (ЛОЖЬ)
CYC_ON	BOOL	Включение циклической работы функции "Ramp Soak" ("Пила")		FALSE (ЛОЖЬ)
RMP_HOLD	BOOL	Удержание функции "Ramp Soak" ("Пила") на заданном значении (сигнал на выходе "замораживается")		FALSE (ЛОЖЬ)
CONT_ON	BOOL	Включение продолжения работы функции "Ramp Soak" ("Пила") со следующего отрезка времени		FALSE (ЛОЖЬ)
TUPDT_ON	BOOL	Пересчет общего времени работы функции функции "Ramp Soak" ("Пила")		FALSE (ЛОЖЬ)
SPFC_ON	BOOL	Вызов FC уставки		FALSE (ЛОЖЬ)
SPROC_ON	BOOL	Включение ограничения скорости изменения (ограничение скорости изменения SP)		FALSE (ЛОЖЬ)
PVPER_ON	BOOL	Подключение переменной процесса от системы I/O (подключение к модулям I/O)		FALSE (ЛОЖЬ)
LAG1STON	BOOL	Включение задержки времени первого порядка		FALSE (ЛОЖЬ)
SQRT_ON	BOOL	Включение функции извлечения квадратного корня		FALSE (ЛОЖЬ)
PVFC_ON	BOOL	Вызов FC переменной процесса		FALSE (ЛОЖЬ)
DEADB_ON	BOOL	Включение амплитудного фильтра "Deadband" (для подавления малых по амплитуде помех и шумов)		FALSE (ЛОЖЬ)
P_SEL	BOOL	Включение П-компонента		TRUE (ИСТИНА)
PFDB_SEL	BOOL	Включение П-компонента в цепи обратной связи		FALSE (ЛОЖЬ)

Таблица 9-4 Статические локальные данные PID\_CP (входные параметры)  
(продолжение)

Параметр	Тип	Пояснение	Диапазон допустимых значений	Значение по умолчанию
INT_HPOS	BOOL	"Замораживание" уровня возрастающего сигнала интегратора		FALSE (ЛОЖЬ)
INT_HNEG	BOOL	"Замораживание" уровня убывающего сигнала интегратора		FALSE (ЛОЖЬ)
I_ITL_ON	BOOL	Включение инициализации интегратора		FALSE (ЛОЖЬ)
DFDB_SEL	BOOL	Включение дифференциатора в цепь ОС		FALSE (ЛОЖЬ)
DISV_SEL	BOOL	Включение переменной помехи		FALSE (ЛОЖЬ)
LMNFC_ON	BOOL	Вызов FC управляющей переменной		FALSE (ЛОЖЬ)
LMNRC_ON	BOOL	Включение ограничения скорости изменения управляющей переменной (LMN)		FALSE (ЛОЖЬ)
S moo_CHG	BOOL	Плавный переход из ручного режима в автоматический		TRUE (ИСТИНА)
PULSE_ON	BOOL	Включение генератора импульсов		FALSE (ЛОЖЬ)
STEP3_ON	BOOL	Включение генератора импульсов для трехуровневого управления		TRUE (ИСТИНА)
ST2BI_ON	BOOL	Включение генератора импульсов для двухуровневого управления для двоичной управляющей переменной (для однополярного диапазона сигналов управления необходимо условие: STEP3_ON = FALSE (ЛОЖЬ))		FALSE (ЛОЖЬ)
TM_SNB	INT	Номер временного участка (координаты) для продолжения работы функции "Ramp Soak" ("Пила")	$\geq 0$ (безразмерная величина)	0
TM_CONT	TIME	Время для продолжения (интервал времени после координаты[TM_SNB], через которое функция "Ramp Soak" ("Пила") должна возобновить работу)	Полный диапазон значений (безразмерная величина)	T#0s
FAC	REAL	Коэффициент (Коэффициент пропорциональности или коэффициент смешивания)	Полный диапазон значений (безразмерная величина)	1.0
NM_SPEHR	REAL	Верхнее значение рабочего диапазона входного сигнала функции нормализации сигнала уставки		100.0
NM_SPELR	REAL	Нижнее значение рабочего диапазона входного сигнала функции нормализации сигнала уставки		-100.0
SPFC_OUT	REAL	Выход FC уставки (подключается к выходу FC в цепи уставки)	-100.0...100.0	0.0
SPURLM_P	REAL	Предельное значение скорости возрастания сигнала уставки в диапазоне положительных значений	$\geq 0$ (физическая величина)	10.0
SPDRM_P	REAL	Предельное значение скорости убывания сигнала уставки в диапазоне положительных значений	$\geq 0$ (физическая величина)	10.0
SPURLM_N	REAL	Предельное значение скорости возрастания сигнала уставки в диапазоне отрицательных значений	$\geq 0$ (физическая величина)	10.0
SPDRM_N	REAL	Предельное значение скорости убывания сигнала уставки в диапазоне отрицательных значений	$\geq 0$ (физическая величина)	10.0
NM_PHR	REAL	Верхнее значение диапазона измерения входного сигнала функции нормализации сигнала переменной процесса		100.0
NM_PLR	REAL	Нижнее значение диапазона измерения входного сигнала функции нормализации сигнала переменной процесса		-100.0

Таблица 9-4 Статические локальные данные PID\_CP (входные параметры)  
(продолжение)

Параметр	Тип	Пояснение	Диапазон допустимых значений	Значение по умолчанию
NM_PVHR	REAL	Верхнее значение диапазона измерения выходного сигнала функции нормализации сигнала переменной процесса		100.0
NM_PVLR	REAL	Нижнее значение диапазона измерения выходного сигнала функции нормализации сигнала переменной процесса		-100.0
PV_TMLAG	TIME	Время задержки переменной процесса (время задержки элемента PT1 в цепи PV)	Полный диапазон значений	T#5s
SQRT_HR	REAL	Верхнее значение рабочего диапазона функции "Square root" ("Извлечение корня")		100.0
SQRT_LR	REAL	Нижнее значение рабочего диапазона функции "Square root" ("Извлечение корня")		0.0
PVFC_OUT	REAL	Выход FC переменной процесса (подключается к выходу FC в цепи PV)	-100.0...100.0	0.0
PVURLM_P	REAL	Предельное значение скорости возрастания сигнала переменной процесса в диапазоне положительных значений	$\geq 0$ [%/с]	10.0
PVDRLM_P	REAL	Предельное значение скорости убывания сигнала переменной процесса в диапазоне положительных значений	$\geq 0$ [%/с]	10.0
PVURLM_N	REAL	Предельное значение скорости возрастания сигнала переменной процесса в диапазоне отрицательных значений	$\geq 0$ [%/с]	10.0
PVDRLM_N	REAL	Предельное значение скорости убывания сигнала переменной процесса в диапазоне отрицательных значений	$\geq 0$ [%/с]	10.0
PV_HYS	REAL	Величина гистерезиса переменной процесса (убирает "дребезг" индикатора)	$\geq 0$	1.0
DEADB_W	REAL	Ширина полосы нечувствительности фильтра "Dead band" (равна величине диапазона от 0 до верхнего предела)	0.0 ... 100.0	1.0
ERP_ALM	REAL	Верхний предел сигнала ошибки, уровень при котором выдается сигнал тревоги	0.0 ... 200.0	100.0
ERP_WRN	REAL	Верхний предел сигнала ошибки, уровень при котором выдается предупреждение	0.0 ... 200.0	90.0
ERN_WRN	REAL	Нижний предел сигнала ошибки, уровень при котором выдается предупреждение	-200.0 ... 0	-90.0
ERN_ALM	REAL	Нижний предел сигнала ошибки, уровень при котором выдается сигнал тревоги	-200.0 ... 0	-100.0
ER_HYS	REAL	Величина гистерезиса сигнала ошибки (убирает "дребезг" индикатора)	$\geq 0$ [%]	1.0
I_ITLVAL	REAL	Уровень сигнала для инициализации интегратора	-100.0...100.0 [%]	0.0
LMNFCOUT	REAL	Выход FC управляющей переменной (подключается к выходу FC в цепи LMN)	-100.0...100.0 [%]	0.0
LMN_URLM	REAL	Верхний предел скорости возрастания управляющей переменной	$\geq 0$ [%/с]	10.0
LMN_DRLM	REAL	Нижний предел скорости возрастания управляющей переменной	$\geq 0$ [%/с]	10.0
LMN_FAC	REAL	Коэффициент для управляющей переменной (для нормализации LMN, определяет наклон характеристики)	Полный диапазон значений (безразмерная величина)	1.0
LMN_OFF	REAL	Величина смещения для управляющей переменной (для нормализации LMN, определяет смещение характеристики)	Полный диапазон значений (безразмерная величина)	0.0
PER_TM_P	TIME	Генератор импульсов: период следования положительных импульсов		T#1s
PER_TM_N	TIME	Генератор импульсов: период следования отрицательных импульсов		T#1s

Таблица 9-4 Статические локальные данные PID\_CP (входные параметры)  
(продолжение)

Параметр	Тип	Пояснение	Диапазон допустимых значений	Значение по умолчанию
P_B_TM_P	TIME	Генератор импульсов: минимальная длительность импульса или паузы для положительных импульсов		T#50s
P_B_TM_N	TIME	Генератор импульсов: минимальная длительность импульса или паузы для отрицательных импульсов		T#50s
RATIOFAC	REAL	Генератор импульсов: коэффициент пропорциональности (отношение длительности положительного импульса к отрицательному импульсу)		1
PHASE	INT	Фаза ПИД-автонастройки		0

Таблица 9-5 Статические локальные данные PID\_CP (выходы)

Параметр	Тип	Пояснение	Значение по умолчанию
QPVH_ALM	BOOL	Переменная процесса: сработал верхний уровень включения тревоги	FALSE (ЛОЖЬ)
QPVH_WRN	BOOL	Переменная процесса: сработал верхний уровень включения предупреждения	FALSE (ЛОЖЬ)
QPVL_WRN	BOOL	Переменная процесса: сработал нижний уровень включения предупреждения	FALSE (ЛОЖЬ)
QPVL_ALM	BOOL	Переменная процесса: сработал нижний уровень включения тревоги	FALSE (ЛОЖЬ)
QR_S_ACT	BOOL	Таблица времени для функции "Ramp soak" ("Пила") отработана	FALSE (ЛОЖЬ)
QSP_HLM	BOOL	Уставка: нарушен верхний предел уровня сигнала	FALSE (ЛОЖЬ)
QSP_LLM	BOOL	Уставка: нарушен нижний предел уровня сигнала	FALSE (ЛОЖЬ)
QPVURLMP	BOOL	Переменная процесса: нарушено предельное значение скорости возрастания сигнала в области положительных значений	FALSE (ЛОЖЬ)
QPVURLMP	BOOL	Переменная процесса: нарушено предельное значение скорости убывания сигнала в области положительных значений	FALSE (ЛОЖЬ)
QPVURLMN	BOOL	Переменная процесса: нарушено предельное значение скорости возрастания сигнала в области отрицательных значений	FALSE (ЛОЖЬ)
QPVURLMN	BOOL	Переменная процесса: нарушено предельное значение скорости убывания сигнала в области отрицательных значений	FALSE (ЛОЖЬ)
QERP_ALM	BOOL	Сигнал ошибки: сработал верхний уровень включения тревоги	FALSE (ЛОЖЬ)
QERP_WRN	BOOL	Сигнал ошибки: сработал верхний уровень включения предупреждения	FALSE (ЛОЖЬ)
QERN_WRN	BOOL	Сигнал ошибки: сработал нижний уровень включения предупреждения	FALSE (ЛОЖЬ)
QERN_ALM	BOOL	Сигнал ошибки: сработал нижний уровень включения тревоги	FALSE (ЛОЖЬ)
QLMN_HLM	BOOL	Управляющая переменная: нарушен верхний предел уровня сигнала	FALSE (ЛОЖЬ)
QLMN_LLM	BOOL	Управляющая переменная: нарушен нижний предел уровня сигнала	FALSE (ЛОЖЬ)
NBR_ATMS	INT	Номер интервала времени принимает значение ...	0
RS_TM	TIME	Время, оставшееся до следующей точки	T#0s
T_TM	TIME	Общее время выполнения функции "Ramp soak" ("Пила")	T#0s
RT_TM	TIME	Время, оставшееся до окончания работы функции "Ramp soak" ("Пила")	T#0s
ER	REAL	Сигнал ошибки (рассогласования)	0.0
LMN_P	REAL	Работа П-компонента	0.0
LMN_I	REAL	Работа И-компонента	0.0

Таблица 9-5 Статические локальные данные PID\_CP (выходы)  
(продолжение)

Параметр	Тип	Пояснение	Значение по умолчанию
LMN_D	REAL	Работа Д-компонента	0.0
SPFC_IN	REAL	Вход FC уставки (подключается к входу функции FC, определенной пользователем)	0.0
PVFC_IN	REAL	Вход FC переменной процесса (подключается к входу функции FC, определенной пользователем)	0.0
LMNFC_IN	REAL	Вход FC управляющей переменной (подключается к входу функции FC, определенной пользователем)	0.0

Таблица 9-6 Статические локальные данные, используемые утилитой конфигурирования PID\_CP

Параметр	Тип	Пояснение	Значение по умолчанию
SP_OP_ON	BOOL	Включение генератора уставки (значение SP_OP используется как уставка)	FALSE (ЛОЖЬ)
PV_OP_ON	BOOL	Включение обработки переменной процесса (значение PV_OP используется как уставка)	FALSE (ЛОЖЬ)
LMNOP_ON	BOOL	Включение обработки управляющей переменной (значение LMN_OP используется как уставка)	FALSE (ЛОЖЬ)
SP_OP	BOOL	Включение генератора уставки утилиты конфигурирования	FALSE (ЛОЖЬ)
PV_OP	BOOL	Включение обработки переменной процесса утилиты конфигурирования	FALSE (ЛОЖЬ)
LMN_OP	BOOL	Включение обработки управляющей переменной утилиты конфигурирования	FALSE (ЛОЖЬ)
MP1	REAL	Контрольная точка 1: Внутренняя уставка	0.0
MP2	REAL	Контрольная точка 2: Внешняя уставка	0.0
MP3	REAL	Контрольная точка 3: Неограниченная уставка	0.0
MP4	REAL	Контрольная точка 4: Переменная процесса от системы I/O	0.0
MP5	REAL	Контрольная точка 5: Переменная процесса после задержки 1-го порядка	0.0
MP6	REAL	Контрольная точка 6: Действующее значение переменной процесса (PV)	0.0
MP7	REAL	Контрольная точка 7: Управляющая переменная от ПИД-блоков	0.0
MP8	REAL	Контрольная точка 8: Управляющая переменная ручного режима	0.0
MP9	REAL	Контрольная точка 9: Неограниченная управляющая переменная	0.0
MP10	REAL	Контрольная точка 10: Ограниченная управляющая переменная	0.0

Статические локальные данные, используемые утилитой конфигурирования, находятся в начале всего массива значений статических локальных данных.

**Примечание**

На все остальные статические локальные данные никак нельзя повлиять.

## 9.2 Параметры функционального блока PID\_ES

PID_ES		
COM_RST		QLMNUP
I_SEL		QLMNDN
D_SEL		QCAS
MAN_ON		LMN
LMNR_HS		SP
LMNR_LS		PV
CYCLE		
SP_INT		
SP_EXT		
PV_IN		
PV_PER		
GAIN		
TI		
TD		
TM_LAG		
DISV		
LMNR_IN		
LMNR_PER		
SP_HLM		
SP_LLM		
LMN_HLM		
LMN_LLM		
DB_NBR		
SPFC_NBR		
PVFC_NBR		
MAN		MAN

Таблица 9-7 Входные параметры PID\_ES (регулятор пошагового управления)

Параметр	Тип	Пояснение	Диапазон допустимых значений	Значение по умолчанию
COM_RST	BOOL	Полный перезапуск (Выполняется программа инициализации функционального блока FB)		FALSE (ЛОЖЬ)
I_SEL	BOOL	Включение И-компонента		TRUE (ИСТИНА)
D_SEL	BOOL	Включение Д-компонента		FALSE (ЛОЖЬ)
MAN_ON	BOOL	Включение ручного режима (контур управления разомкнут, значение LMN устанавливается вручную)		TRUE (ИСТИНА)
LMNR_HS	BOOL	Сигнал позиционной ОС: сигнал для верхнего крайнего положения привода		FALSE (ЛОЖЬ)
LMNR_LS	BOOL	Сигнал позиционной ОС: сигнал для нижнего крайнего положения привода		FALSE (ЛОЖЬ)

Таблица 9-7 Входные параметры PID\_ES (регулятор пошагового управления)  
(продолжение)

Параметр	Тип	Пояснение	Диапазон допустимых значений	Значение по умолчанию
CYCLE	TIME	Время дискретизации (константа, время между двумя вызовами блока) Необходимо сконфигурировать этот параметр с циклом прерывания ОВ, в котором FB "PID_CP" выполняется. Иначе, функции, зависящие от времени, не будут выполняться корректно (Исключение: использование масштабирования импульсов, например, с помощью распределения вызовов регуляторов)	$\geq 20$ мс (S7-300)	T#1s
SP_INT	REAL	Внутренняя уставка (для задания уставки с помощью функций интерфейса оператора)	- 100.0 ... 100.0	0.0
SP_EXT	REAL	Внешняя уставка (SP в формате числа с плавающей точкой)	Технический диапазон значений (физическая величина)	0.0
PV_IN	REAL	Вход переменной процесса (PV в формате числа с плавающей точкой)	Технический диапазон значений (физическая величина)	0.0
PV_PER	INT	Переменная процесса от системы I/O		W#16#0000
GAIN	REAL	Пропорциональное усиление (= усилению регулятора)	Полный диапазон значений (безразмерная величина)	2.0
TI	TIME	Время установления	$TI \geq CYCLE$	T#20s
TD	TIME	Время дифференцирования	$TI \geq CYCLE$	T#10s
TM_LAG	TIME	Задержка времени Д-компонента	$TM\_LAG \geq CYCLE/2$	T#2s
DISV	REAL	Переменная помехи	-100.0 ... 100.0 [%]	0.0
LMNR_IN	REAL	Сигнал позиционной обратной связи (LMNR в формате числа с плавающей точкой)	-100.0 ... 100.0 [%]	0.0
LMNR_PER	WORD	Сигнал позиционной обратной связи от системы I/O (LMNR в формате периферии)		W#16#0000
SP_HLM	REAL	Верхний предел уставки	SP_LLM... 100.0	100.0
SP_LLM	REAL	Нижний предел уставки	- 100.0...SP_HLM	0.0
LMN_HLM	REAL	Верхний предел управляющей переменной	LMN_LLM ... 0.0 [%]	100.0
LMN_LLM	REAL	Нижний предел управляющей переменной	0.0 ... LMN_HLM [%]	0.0
DB_NBR	BLOCK_DB	Номер блока данных (DB с интервалами времени для функции "Пила")		DB1
SPFC_NBR	BLOCK_FC	Номер FC уставки (автоматически определенный FC в цепи уставки)		FC0
PVFC_NBR	BLOCK_FC	Номер FC переменной процесса (автоматически определенный FC в цепи переменной процесса)		FC0

Таблица 9-8 Выходные параметры PID\_ES (регулятор пошагового управления)

Параметр	Тип	Пояснение	Значение по умолчанию
QLMNUP	BOOL	Увеличение сигнала управляющей переменной	FALSE (ЛОЖЬ)
QLMNDN	BOOL	Уменьшение сигнала управляющей переменной	FALSE (ЛОЖЬ)
QCAS	BOOL	Сигнал для каскадной системы управления (подключается CAS_ON основного регулятора)	FALSE (ЛОЖЬ)
LMN	REAL	Сигнал управляющей переменной (после ПИД-блоков)	0.0
SP	REAL	Уставка (Действующее значение)	0.0
PV	REAL	Переменная процесса (Выходное действующее значение в каскадной системе управления )	0.0

Таблица 9-9 Выходные/выходные (I/O) параметры PID\_ES (регулятор пошагового управления)

Параметр	Тип	Пояснение	Значение по умолчанию
MAN	REAL	Значение сигнала управляющей переменной (при задании значения управляющей переменной с помощью функций интерфейса оператора)	0.0



Таблица 9-10 Статические локальные данные PID\_ES (входы)

Параметр	Тип	Пояснение	Диапазон допустимых значений	Значение по умолчанию
PVH_ALM	REAL	Верхнее граничное значение переменной процесса, при котором выдается сигнал тревоги	PVH_WRN...100.0	100.0
PVH_WRN	REAL	Верхнее граничное значение переменной процесса, при котором выдается сигнал предупреждения	PVL_WRN... PVH_ALM	90.0
PVL_WRN	REAL	Нижнее граничное значение переменной процесса, при котором выдается сигнал предупреждения	PVL_WRN... PVH_ALM	-90.0
PVL_ALM	REAL	Нижнее граничное значение переменной процесса, при котором выдается сигнал тревоги	-100.0...PVL_WRN	-100.0
SPGEN_ON	BOOL	Включение генератора сигнала уставки (для корректировки уставки с использованием ключей: "вверх"/"вниз")		FALSE (ЛОЖЬ)
SPUP	BOOL	Сигнал уставки растет		FALSE (ЛОЖЬ)
SPDN	BOOL	Сигнал уставки уменьшается		FALSE (ЛОЖЬ)
RMPSK_ON	BOOL	Включение функции "Ramp Soak" ("Пила") (сигнал SP следует заданному закону изменения)		FALSE (ЛОЖЬ)
SPEXT_ON	BOOL	Включение внешней уставки (для подключения других блоков регулятора)		FALSE (ЛОЖЬ)
MANGN_ON	BOOL	Включение генератора сигнала LMN ручного режима		FALSE (ЛОЖЬ)
MANUP	BOOL	Сигнал LMN растет		FALSE (ЛОЖЬ)
MANDN	BOOL	Сигнал LMN уменьшается		FALSE (ЛОЖЬ)
LMNS_ON	BOOL	Включение сигналов ручного режима		FALSE (ЛОЖЬ)
LMNUP	BOOL	Возрастание управляющей переменной (выходной сигнал QLMNUP задается вручную)		FALSE (ЛОЖЬ)
LMNDN	BOOL	Уменьшение управляющей переменной (выходной сигнал QLMNDN задается вручную)		FALSE (ЛОЖЬ)
DFRMP_ON	BOOL	Установка заданного по умолчанию значения для функции "Ramp Soak" ("Пила") (SP_INT устанавливается на выходе)		FALSE (ЛОЖЬ)
CYC_ON	BOOL	Включение циклической работы функции "Ramp Soak" ("Пила")		FALSE (ЛОЖЬ)
RMP_HOLD	BOOL	Удержание функции "Ramp Soak" ("Пила") на заданном значении (сигнал на выходе "замораживается")		FALSE (ЛОЖЬ)
CONT_ON	BOOL	Включение продолжения работы функции "Ramp Soak" ("Пила") со следующего отрезка времени		FALSE (ЛОЖЬ)
TUPDT_ON	BOOL	Пересчет общего времени работы функции функции "Ramp Soak" ("Пила")		FALSE (ЛОЖЬ)
SPFC_ON	BOOL	Вызов FC уставки		FALSE (ЛОЖЬ)
SPROC_ON	BOOL	Включение ограничения скорости изменения (ограничение скорости изменения SP)		FALSE (ЛОЖЬ)
PVPER_ON	BOOL	Подключение переменной процесса от системы I/O (подключение к модулям I/O)		FALSE (ЛОЖЬ)
LAG1STON	BOOL	Включение задержки времени первого порядка		FALSE (ЛОЖЬ)
SQRT_ON	BOOL	Включение функции извлечения квадратного корня		FALSE (ЛОЖЬ)
PVFC_ON	BOOL	Вызов FC переменной процесса		FALSE (ЛОЖЬ)

Таблица 9-10 Статические локальные данные PID\_ES (входы)  
(продолжение)

Параметр	Тип	Пояснение	Диапазон допустимых значений	Значение по умолчанию
DEADB_ON	BOOL	Включение амплитудного фильтра "Deadband" (для подавления малых по амплитуде помех и шумов)		FALSE (ЛОЖЬ)
P_SEL	BOOL	Включение П-компонента		TRUE (ИСТИНА)
PFDB_SEL	BOOL	Включение П-компонента в цепи обратной связи		FALSE (ЛОЖЬ)
INT_HPOS	BOOL	"Замораживание" уровня возрастающего сигнала интегратора		FALSE (ЛОЖЬ)
INT_HNEG	BOOL	"Замораживание" уровня убывающего сигнала интегратора		FALSE (ЛОЖЬ)
I_ITL_ON	BOOL	Включение инициализации интегратора		FALSE (ЛОЖЬ)
DFDB_SEL	BOOL	Включение дифференциатора в цепь ОС		FALSE (ЛОЖЬ)
DISV_SEL	BOOL	Включение переменной помехи		FALSE (ЛОЖЬ)
LMNR_ON	BOOL	Включение сигнала позиционной ОС (Режимы: регуляторы с/без позиционной ОС) <u>Не переключать</u> в автоматическом режиме.		FALSE (ЛОЖЬ)
LMNRP_ON	BOOL	Включение сигнала позиционной ОС от системы I/O		FALSE (ЛОЖЬ)
TM_SNBR	INT	Номер временного участка (координаты) для продолжения работы функции "Ramp Soak" ("Пила")	$\geq 0$ (безразмерная величина)	0
TM_CONT	TIME	Время для продолжения (интервал времени после координаты [TM_SNBR], через которое функция "Ramp Soak" ("Пила") должна возобновить работу)	Полный диапазон значений (безразмерная величина)	T#0s
FAC	REAL	Коэффициент (Коэффициент пропорциональности или коэффициент смешивания)	Полный диапазон значений (безразмерная величина)	1.0
NM_SPEHR	REAL	Верхнее значение рабочего диапазона входного сигнала функции нормализации сигнала уставки		100.0
NM_SPELR	REAL	Нижнее значение рабочего диапазона входного сигнала функции нормализации сигнала уставки		-100.0
SPFC_OUT	REAL	Выход FC уставки (подключается к выходу FC в цепи уставки)	-100.0...100.0	0.0
SPURLM_P	REAL	Предельное значение скорости возрастания сигнала уставки в диапазоне положительных значений	$\geq 0$ (физическая величина)	10.0
SPDRLM_P	REAL	Предельное значение скорости убывания сигнала уставки в диапазоне положительных значений	$\geq 0$ (физическая величина)	10.0
SPURLM_N	REAL	Предельное значение скорости возрастания сигнала уставки в диапазоне отрицательных значений	$\geq 0$ (физическая величина)	10.0
SPDRLM_N	REAL	Предельное значение скорости убывания сигнала уставки в диапазоне отрицательных значений	$\geq 0$ (физическая величина)	10.0
NM_PIHR	REAL	Верхнее значение диапазона измерения входного сигнала функции нормализации сигнала переменной процесса		100.0
NM_PILR	REAL	Нижнее значение диапазона измерения входного сигнала функции нормализации сигнала переменной процесса		-100.0
NM_PVHR	REAL	Верхнее значение диапазона измерения выходного сигнала функции нормализации сигнала переменной процесса		100.0
NM_PVLR	REAL	Нижнее значение диапазона измерения выходного сигнала функции нормализации сигнала переменной процесса		-100.0

Таблица 9-10 Статические локальные данные PID\_ES (входы)  
(продолжение)

Параметр	Тип	Пояснение	Диапазон допустимых значений	Значение по умолчанию
PV_TMLAG	TIME	Время задержки переменной процесса (время задержки элемента РТ1 в цепи PV)	Полный диапазон значений	T#5s
SQRT_HR	REAL	Верхнее значение рабочего диапазона функции "Square root" ("Извлечение корня")		100.0
SQRT_LR	REAL	Нижнее значение рабочего диапазона функции "Square root" ("Извлечение корня")		0.0
PVFC_OUT	REAL	Выход FC переменной процесса (подключается к выходу FC в цепи PV)	-100.0...100.0	0.0
PVURLM_P	REAL	Предельное значение скорости возрастания сигнала переменной процесса в диапазоне положительных значений	$\geq 0$ [%/с]	10.0
PVDRLM_P	REAL	Предельное значение скорости убывания сигнала переменной процесса в диапазоне положительных значений	$\geq 0$ [%/с]	10.0
PVURLM_N	REAL	Предельное значение скорости возрастания сигнала переменной процесса в диапазоне отрицательных значений	$\geq 0$ [%/с]	10.0
PVDRLM_N	REAL	Предельное значение скорости убывания сигнала переменной процесса в диапазоне отрицательных значений	$\geq 0$ [%/с]	10.0
PV_HYS	REAL	Величина гистерезиса переменной процесса (убирает "дребезг" индикатора)	$\geq 0$	1.0
DEADB_W	REAL	Ширина полосы нечувствительности фильтра "Dead band" (равна величине диапазона от 0 до верхнего предела)	0.0 ... 100.0	1.0
ERP_ALM	REAL	Верхний предел сигнала ошибки, уровень при котором выдается сигнал тревоги	0.0 ... 200.0	100.0
ERP_WRN	REAL	Верхний предел сигнала ошибки, уровень при котором выдается предупреждение	0.0 ... 200.0	90.0
ERN_WRN	REAL	Нижний предел сигнала ошибки, уровень при котором выдается предупреждение	-200.0 ... 0	-90.0
ERN_ALM	REAL	Нижний предел сигнала ошибки, уровень при котором выдается сигнал тревоги	-200.0 ... 0	-100.0
ER_HYS	REAL	Величина гистерезиса сигнала ошибки (убирает "дребезг" индикатора)	$\geq 0$ [%]	1.0
I_ITLVAL	REAL	Уровень сигнала для инициализации интегратора	-100.0...100.0 [%]	0.0
LMNR_FAC	REAL	Коэффициент сигнала позиционной ОС (для нормализации сигнала позиционной ОС, определяет наклон характеристики)	Полный диапазон значений (безразмерные величины)	1.0
LMNR_OFF	REAL	Величина смещения для сигнала позиционной ОС (для нормализации сигнала позиционной ОС, определяет смещение характеристики)	-100.0 ... 100.0 [%]	0.0
PULSE_TM	TIME	Минимальное время импульса	= n · CYCLE при n = 0,1,2...	T#3s
BREAK_TM	TIME	Минимальное время паузы	= n · CYCLE при n = 0,1,2...	T#3s
MTR_TM	TIME	Время прогона привода между крайними позициями	$\geq$ CYCLE	T#30s
PHASE	INT	Фаза ПИД-автонастройки		0

Таблица 9-11 Статические локальные данные PID\_ES (выходы)

Параметр	Тип	Пояснение	Значение по умолчанию
QPVH_ALM	BOOL	Переменная процесса: сработал верхний уровень включения тревоги	FALSE (ЛОЖЬ)
QPVH_WRN	BOOL	Переменная процесса: сработал верхний уровень включения предупреждения	FALSE (ЛОЖЬ)
QPVL_WRN	BOOL	Переменная процесса: сработал нижний уровень включения предупреждения	FALSE (ЛОЖЬ)
QPVL_ALM	BOOL	Переменная процесса: сработал нижний уровень включения тревоги	FALSE (ЛОЖЬ)
QR_S_ACT	BOOL	Таблица времени для функции "Ramp soak" ("Пила") отработана	FALSE (ЛОЖЬ)
QSP_HLM	BOOL	Уставка: нарушен верхний предел уровня сигнала	FALSE (ЛОЖЬ)
QSP_LLM	BOOL	Уставка: нарушен нижний предел уровня сигнала	FALSE (ЛОЖЬ)
QPVURLMP	BOOL	Переменная процесса: нарушено предельное значение скорости возрастания сигнала в области положительных значений	FALSE (ЛОЖЬ)
QPVURLMP	BOOL	Переменная процесса: нарушено предельное значение скорости убывания сигнала в области положительных значений	FALSE (ЛОЖЬ)
QPVURLMN	BOOL	Переменная процесса: нарушено предельное значение скорости возрастания сигнала в области отрицательных значений	FALSE (ЛОЖЬ)
QPVURLMN	BOOL	Переменная процесса: нарушено предельное значение скорости убывания сигнала в области отрицательных значений	FALSE (ЛОЖЬ)
QERP_ALM	BOOL	Сигнал ошибки: сработал верхний уровень включения тревоги	FALSE (ЛОЖЬ)
QERP_WRN	BOOL	Сигнал ошибки: сработал верхний уровень включения предупреждения	FALSE (ЛОЖЬ)
QERN_WRN	BOOL	Сигнал ошибки: сработал нижний уровень включения предупреждения	FALSE (ЛОЖЬ)
QERN_ALM	BOOL	Сигнал ошибки: сработал нижний уровень включения тревоги	FALSE (ЛОЖЬ)
QLMN_HLM	BOOL	Управляющая переменная: нарушен верхний предел уровня сигнала	FALSE (ЛОЖЬ)
QLMN_LLM	BOOL	Управляющая переменная: нарушен нижний предел уровня сигнала	FALSE (ЛОЖЬ)
NBR_ATMS	INT	Номер интервала времени принимает значение ...	0
RS_TM	TIME	Время, оставшееся до следующей временной точки	T#0s
T_TM	TIME	Общее время выполнения функции "Ramp soak" ("Пила")	T#0s
RT_TM	TIME	Время, оставшееся до окончания работы функции "Ramp soak" ("Пила")	T#0s
ER	REAL	Сигнал ошибки (рассогласования)	0.0
LMN_P	REAL	Работа П-компонента	0.0
LMN_I	REAL	Работа И-компонента	0.0
LMN_D	REAL	Работа Д-компонента	0.0
SPFC_IN	REAL	Вход FC уставки (подключается к входу функции FC, определенной пользователем)	0.0
PVFC_IN	REAL	Вход FC переменной процесса (подключается к входу функции FC, определенной пользователем)	0.0

Табл 9-12 Статические локальные данные, используемые утилитой конфигурирования PID\_ES

Параметр	Тип	Пояснение	Значение по умолчанию
SP_OP_ON	BOOL	Включение генератора уставки (значение SP_OP используется как уставка)	FALSE (ЛОЖЬ)
PV_OP_ON	BOOL	Включение обработки переменной процесса (значение PV_OP используется как уставка)	FALSE (ЛОЖЬ)
LMNOP_ON	BOOL	Включение обработки управляющей переменной (значение LMN_OP используется как уставка)	FALSE (ЛОЖЬ)
LMNSOPON	BOOL	Включение сигнала обработки управляющей переменной (LMNUP_OP и LMNDN_OP используется как действующие сигналы)	FALSE (ЛОЖЬ)
LMNUP_OP	BOOL	Управляющая переменная возрастает	FALSE (ЛОЖЬ)
LMNDN_OP	BOOL	Управляющая переменная убывает	FALSE (ЛОЖЬ)
LMNRS_ON	BOOL	Включение моделирования сигнала позиционной ОС	FALSE (ЛОЖЬ)
SP_OP	BOOL	Включение генератора уставки утилиты конфигурирования	FALSE (ЛОЖЬ)
PV_OP	BOOL	Включение обработки переменной процесса утилиты конфигурирования	FALSE (ЛОЖЬ)
LMN_OP	BOOL	Включение обработки управляющей переменной утилиты конфигурирования	FALSE (ЛОЖЬ)
LMNRSVAL	REAL	Начальное значение смоделированного сигнала позиционной ОС	0.0
LMNR_SIM	REAL	Текущее значение смоделированного сигнала позиционной ОС	0.0

Таблица 9-13 Функция "RMP\_SOAK" ("Пила") (PID\_CP и PID\_ES): блок общего доступа (Shared Data Block) (DB\_NBR), значения выходного сигнала и длительности интервалов времени приняты по умолчанию, всего точек: 4.

Параметр	Тип	Пояснение	Диапазон допустимых значений	Значение по умолчанию
NBR_PTS	INT	Число координат	0...255	4
PI[0].OUTV	REAL	Выходное значение [0]: начальная точка	Полный диапазон значений	0.0
PI[0].TMV	TIME	Значение времени [0]: начальная точка	Полный диапазон значений	T#1s
PI[1].OUTV	REAL	Выходное значение [1]: координата 1	Полный диапазон значений	0.0
PI[1].TMV	TIME	Значение времени [1]: координата 1	Полный диапазон значений	T#1s
PI[2].OUTV	REAL	Выходное значение [2]: координата 2	Полный диапазон значений	0.0
PI[2].TMV	TIME	Значение времени [2]: координата 2	Полный диапазон значений	T#1s
PI[3].OUTV	REAL	Выходное значение [3]: координата 3	Полный диапазон значений	0.0
PI[3].TMV	TIME	Значение времени [3]: координата 3	Полный диапазон значений	T#1s
PI[4].OUTV	REAL	Выходное значение [4]: координата 4	Полный диапазон значений	0.0
PI[4].TMV	TIME	Значение времени [4]: координата 4	Полный диапазон значений	T#1s

Статические локальные данные, используемые утилитой конфигурирования, находятся в начале всего массива значений статических локальных данных.

**Примечание**

На все остальные статические локальные данные никак нельзя повлиять.

### 9.3 Параметры функции LP\_SCHED

LP_SCHED		
DB_NBR		
TM_BASE		
COM_RST		

Рис.9-1 Функция LP\_SCHED

Таблица 9-14 Входные параметры LP\_SCHED

Параметр	Тип	Пояснение	Диапазон допустимых значений	Значение по умолчанию
TM_BASE	TIME	Базовое время (базовое время (интервал) класса циклического прерывания в котором вызывается функция LP_SCHED)	$\geq 20$ мс (S7-300)	100 мс
COM_RST	BOOL	Полный перезапуск (Выполняется программа перезапуска функции LP_SCHED)		FALSE (ЛОЖЬ)
DB_NBR	BLOCK_DB	Номер блока данных (DB, содержащий вызов данных системы управления)		DB1

Таблица 9-15 Общая (global) область данных "DB\_NBR"

Параметр	Тип	Пояснение	Диапазон допустимых значений	Значение по умолчанию
GLP_NBR	INT	Наибольший номер контура управления	1 ... 256	2
ALP_NBR	INT	Текущий номер контура управления	1 ... 256	0
LOOP_DAT[1] MAN_CYC	TIME	Данные контура управления [1]: вручную заданное значение времени дискретизации	$\geq 20$ мс (S7-300)	T#1s
LOOP_DAT[1] MAN_DIS	BOOL	Данные контура управления [1]: ручной вызов регулятора отключен		FALSE (ЛОЖЬ)
LOOP_DAT[1] MAN_CRST	BOOL	Данные контура управления [1]: установка ручного полного перезапуска (пользователь может перезагрузить отдельный контур управления)		FALSE (ЛОЖЬ)
LOOP_DAT[1] ENABLE	BOOL	Данные контура управления [1]: регулятор разблокирован (пользователь должен запрограммировать условный вызов для контура управления)		FALSE (ЛОЖЬ)
LOOP_DAT[1] COM_RST	BOOL	Данные контура управления [1]: полный перезапуск (этот параметр связан с COM_RST контура управления)		FALSE (ЛОЖЬ)
LOOP_DAT[1] ILP_COU	INT	Данные контура управления [1]: внутренний счетчик контура управления (переменная "внутренний счетчик")		0
LOOP_DAT[1] CYCLE	TIME	Данные контура управления [1]: время дискретизации	$\geq 20$ мс (S7-300)	T#1s
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...

# Утилита конфигурирования (Configuration Tool) для регуляторов на основе ПО "Standard PID Control" (Стандартное ПИД-управление)

# 10

<b>В данной главе ...</b>	Данная глава объясняет, как установить и вызвать утилиту конфигурирования.
<b>Системные требования</b>	На ПК (или программаторе (PG)) пользователя должна быть корректно установлена система STEP 7.
<b>Форма поставки Инсталляция</b>	<p>Программное обеспечение поставляется на компакт-диске (CD)</p> <p>Для установки программы выполните следующие пункты:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Вставьте CD с ПО "Standard PID Control Tool" (утилита для "Standard PID Control" (Стандартное ПИД-управление)) в дисковод.</li><li>2. Запустите диалоговое окно для инсталляции программного обеспечения под управлением WINDOWS 95/98/NT посредством двойного щелчка мыши по иконке "Software" (ПО) в "Control panel" (Панель управления).</li><li>3. В диалоговом окне выберите соответствующий дисковод, файл Setup.exe и запустите процесс инсталляции. Утилита конфигурирования будет установлена на Вашем ПК/PG.</li><li>4. Следуйте инструкциям, которые мастер установки отобразит на экране во время инсталляции программы.</li></ol>
<b>Чтение файла Readme</b>	Файл Readme может содержать важную актуальную информацию по поставленному программному обеспечению. Этот файл помещается в меню запуска ("Start") WINDOWS 95/98/NT по адресу SIMATIC\STEP7\Notes.
<b>Цель</b>	<p>Утилита конфигурирования поможет Вам при установке и назначении параметров стандартного блока регулятора, чтобы избежать потери большого количества времени на решение задач управления.</p> <p>Используя утилиту конфигурирования Вы сможете назначать параметры для стандартных блоков регуляторов:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• PID_CP (Регулятор с аналоговым выходом)</li><li>• PID_ES (Регулятор с выходом для пошагового управления)</li></ul> <p>и оптимизировать параметры, чтобы достичь требуемых характеристик процесса</p>

## Функции утилиты конфигурирования

Рабочие характеристики утилиты конфигурирования можно разделить на отдельные функции. Каждая из этих функций выполняется в собственном окне. Функция может также быть вызвана больше чем один раз, другими словами, Вы можете, например, отображать окна цикла нескольких контроллеров одновременно.

## Мониторинг параметров регулятора

С помощью функции "Curve Recorder" ("Инструмент для снятия графиков") Вы можете делать запись и отображать значения выбранной переменной контура управления через определенные промежутки времени. При этом может быть отображено до четырех переменных одновременно.

С помощью функции "Loop Monitor" ("Монитор контура") Вы можете отображать необходимые переменные контура управления (уставка, управляющая переменная и переменная процесса) выбранного регулятора. Функция отображает также значения переменных процесса, превышающие их предельные значения.

## Идентификация процесса

С помощью функции "Process Identification" ("Идентификация процесса") Вы можете выполнить оптимальную настройку регулятора для специального контура управления. Характеристические параметры контура управления рассчитываются на основе результатов экспериментов. Затем рассчитываются идеальные параметры регулятора.

Работа этой процедуры будет некорректной в случае, если начальные установки параметров процесса получены во время работы регулятора с моделью процесса или во время работы регулятора с реальным процессом в интерактивном режиме.

## Модификация регулятора

С помощью функции "Loop Monitor" ("Монитор контура") Вы можете изменять текущие переменные контура управления или вводить новые значения.

## Встроенная справочная система Help

Утилита конфигурирования имеет встроенную справочную систему. Пользователь имеет следующие возможности вызова справки:

- С помощью опции меню **Help (Справка) > Help topics (Темы)**.
- С помощью клавиши F1.
- С помощью щелчка на иконке/кнопке в окнах интерфейса.
- С помощью опции меню **Help (Справка) > Context help (Контекстная помощь)** с последующим выбором функционального блока или параметра, для которого требуется информация.
- С помощью клавиши "Help" (Справка) (маркер имеет вид стрелки с вопросом) в панели инструментов с последующим указанием функционального блока или параметра, для которого требуется информация.
- С помощью следующих действий: если мышью указать окно ввода или соединительную линию в главном окне, тогда будут отображены имя параметра и адрес в блоке данных. Если открыт блок для интерактивной работы, то отобразятся значения переменных.



# Список литературы

## A

- /170/** Manual: *Programmable Controller S7-300, Hardware and Installation*  
(Руководство: Программируемый контроллер S7-300, аппаратура и установка)
- /171/** Reference Manual: *Programmable Controllers S7-300 and M7-300 Module Specifications*  
(Справочник: Программируемые контроллеры S7-300 и M7-300, ТУ на модули)
- /100/** Manual: *Programmable Controllers S7-400 and M7-400, Hardware and Installation*  
(Руководство: Программируемые контроллеры S7-400 и M7-400, аппаратура и установка)
- /101/** Reference Manual: *Programmable Controllers S7-400 and M7-400 Module Specifications*  
(Справочник: Программируемые контроллеры S7-400 и M7-400, ТУ на модули)
- /231/** Manual: *Configuring Hardware and Communication Connections STEP 7 V5.0*  
(Руководство: Конфигурирование аппаратуры и соединений в STEP 7 v.5.0)
- /232/** Reference Manual: *Statement List (STL) for S7-300 and S7-400, Programming*  
(Справочник: Список мнемоник (STL) для S7-300 и S7-400, программирование)
- /234/** Manual: *Programming with STEP 7 V5.0*  
(Руководство: Программирование в STEP 7 v. 5.0)
- /352/** J. Gießler, M. Schmid: From process to control. Analysis, Design, Implementation in the Practise. Siemens AG. ISBN 3-8009-1551-0.  
(Дж. Гислер, М. Шмидт: От процесса до управления. Анализ, конструирование, практическое применение. Сименс АГ.)



Siemens AG  
A&D AS E 81

Oestliche Rheinbrueckenstr. 50  
D-76181 Karlsruhe  
Federal Republic of Germany

От кого:	(From:)	-----
Ваше имя:	(Your Name:)	-----
Ваше звание:	(Your Title:)	-----
Имя компании:	(Company Name:)	-----
Улица:	(Street:)	-----
Город, код:	(City, Zip Code:)	-----
Страна:	(Country:)	-----
Телефон:	(Phone:)	-----

Пожалуйста, отметьте отрасль,  
в которой Вы работаете:

- ☐ Автомобильная
- ☐ Химическая
- ☐ Электромашиностроение
- ☐ Пищевая
- ☐ Приборостроение и системы управления
- ☐ Общее машиностроение
- ☐ Нефтехимическая
- ☐ Фармацевтическая
- ☐ Производство пластмасс
- ☐ Целлюлозно-бумажная
- ☐ Текстильная
- ☐ Транспорт
- ☐ Другая \_\_\_\_\_

Please check any industry  
that applies to you:

- ☐ Automotive
- ☐ Chemical
- ☐ Electrical Machinery
- ☐ Food
- ☐ Instrument and Control
- ☐ Nonelectrical Machinery
- ☐ Petrochemical
- ☐ Pharmaceutical
- ☐ Plastic
- ☐ Pulp and Paper
- ☐ Textiles
- ☐ Transportation
- ☐ Other \_\_\_\_\_



Ваши комментарии и рекомендации помогут нам улучшить качество и полезность наших публикаций. Пожалуйста при первой возможности заполните опросный лист и отправьте его в адрес Siemens.

Пожалуйста, дайте по каждому из нижеследующих вопросов свою личную оценку в 5-бальной системе от 1 (очень хорошо) до 5 (плохо):

- |    |  |                          |
|----|--|--------------------------|
| 1. | Отвечает ли содержание Вашим требованиям?                      | <input type="checkbox"/> |
| 2. | Легко ли найти нужную Вам информацию?                          | <input type="checkbox"/> |
| 3. | Доступен ли текст для понимания?                               | <input type="checkbox"/> |
| 4. | Отвечает ли уровень технической детализации Вашим требованиям? | <input type="checkbox"/> |
| 5. | Оцените качество графики/таблиц:                               | <input type="checkbox"/> |

Дополнительные комментарии:

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

# Словарь терминов

## Adjustment Profile

### Корректировка конфигурации

В смешанных и каскадных системах регулирования с несколькими вторичными контурами сигнал уставки вторичных контуров можно регулировать с помощью соответствующего коэффициента [FAC]. Коэффициент определяет степень влияния в этой точке системы, что приводит к общей корректировке конфигурации.

## Alignment Factor

### Коэффициент выравнивания (пропорциональности)

В регуляторе пропорционального управления используется выравнивающий коэффициент FAC для выравнивания величин уставок контуров управления так, чтобы сохранялась пропорция (отношение) двух переменных процесса (см. **ratio controller = регулятор пропорционального управления**)

В регуляторе смешанного управления используется выравнивающий коэффициент FAC для установки требуемых количеств отдельных компонентов. Сумма коэффициентов смешивания должна быть равна 1 (см. **blending control = регулятор смешанного управления**).

## Analog Input/Output

### Аналоговый вход/выход

Аналоговые вход (CRP\_IN) – это функция преобразования входного сигнала в формате периферийного устройства (система I/O) к формату числа с плавающей точкой и нормализации значения в проценты, аналоговые выход (CRP\_OUT) – это функция преобразования выходного сигнала во внутреннем формате [%] к сигналу в формате периферийного устройства (система I/O).

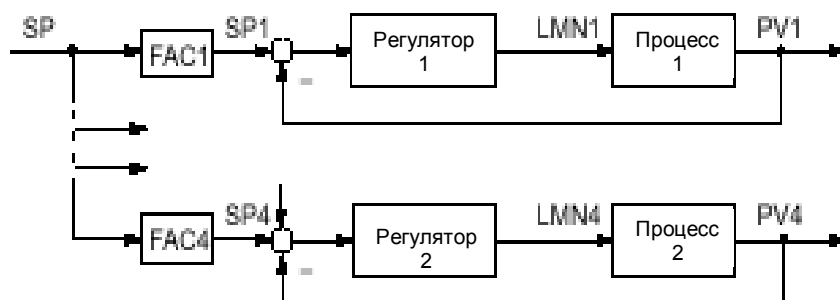
## Automatic Mode

### Автоматический режим

Регулятор вычисляет управляющую переменную с целью минимизации ошибки (рассогласования).

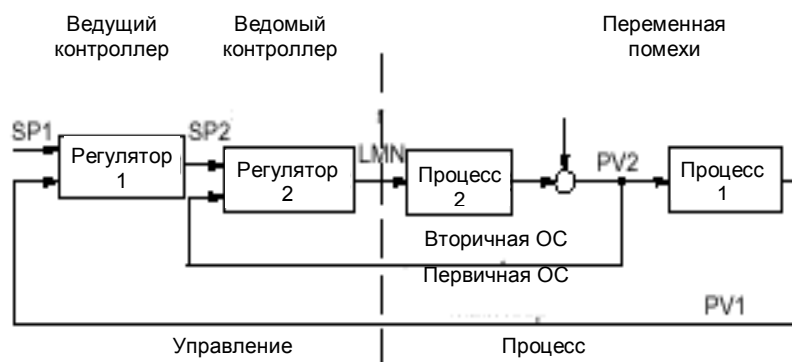
**Blending Control****Смешанное управление**

Смешанное управление предполагает структуру управления, в которой заданное значение  $SP$  преобразуется в несколько  $SP_i$  для обработки в компонентах (отдельных контроллерах) системы. При этом индивидуальные значения  $SP_i$ , составляя определенный процент от суммарного  $SP$ , (см. рисунок) пропорциональны весовым коэффициентам (коэффициентам смешения)  $FAC_i$ ; при этом сумма всех  $FAC_i$  равна 1 (= 100%).

**Cascade Control****Каскадное управление**

Каскадное управление предполагает структуру управления, состоящую из ряда включенных последовательно контроллеров, среди которых ведущий контроллер настраивает заданное значение (уставку) для вторичных контроллеров (ведомых) в соответствии с сигналом мгновенной ошибки (рассогласования) главной переменной процесса.

Система каскадного управления может быть улучшена включением дополнительных переменных процесса. Вторичная переменная процесса  $PV2$  измеряется там, где это необходимо, и отправляется в начальную опорную точку (выход ведущего контроллера  $SP2$ ). Ведущий контроллер сравнивает переменную  $PV1$  с величиной заданного значения  $SP1$  и устанавливает такой уровень  $SP2$ , чтобы цель была достигнута максимально быстро и без всплесков сигнала.



**Closed-Loop Controller**  
**Система автоматического**  
**управления**

Система автоматического управления – это устройство, в котором постоянно рассчитывается сигнал ошибки (иначе -сигнал рассогласования) и генерируется сигнал воздействия (управляющий сигнал или выходная переменная), чтобы свести ошибку к минимуму максимально быстро и без всплесков сигнала.

**Complete Restart**  
**Полный перезапуск**

Во время полного перезапуска параметры регулятора устанавливаются в заданные исходные состояния. Выходным параметрам и локальным статическим данным регулятора во время полного перезапуска программы назначаются заданные по умолчанию значения.

**Configuration**  
**Конфигурация,**  
**утилита конфигурирования**

Утилита конфигурирования – программное средство для создания и назначения параметров для стандартного контроллера, а также для оптимизации его установок, путем использования данных, полученных в результате процедуры идентификации процесса.

**Control Device**  
**Устройство управления**

Устройство управления – это устройство, состоящее из контроллера, привода и датчика (измерительного прибора), для управления процессом.

**Controller Parameter**  
**Параметр управления**

Параметры управления - это характеристические величины, используемые для статической и динамической адаптации отклика системы управления к требуемым характеристикам процесса.

**Control Loop**  
**Контур управления**

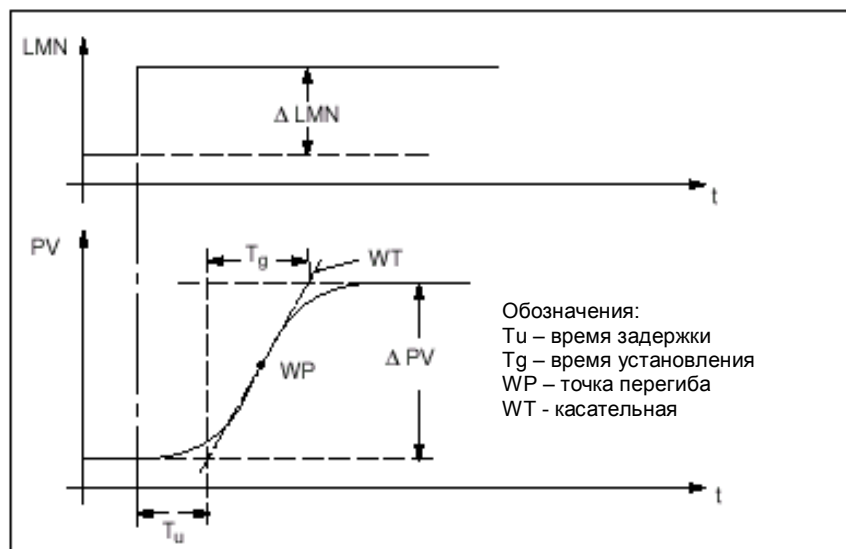
Контур управления – это связь между выходом процесса (переменная процесса) и входом контроллера, а также между выходом контроллера (управляющая переменная) со входом процесса, так что контроллер и процесс замкнуты в контур.

**Control Output Correction**  
**Коррекция выходного сигнала**

Коррекция выходного сигнала предотвращает скачок управляющей переменной во время переключения контроллера с ручного на автоматический режим. Управляющая переменная остается неизменной в момент переключения благодаря коррекции выходного сигнала.

**Control Settling Time**

**Время установления управления** Для процессов с РТ высокого порядка (= саморегулирующиеся процессы) время установления это проекция на нее отрезка  $T_g$  (см. рисунок).

**Controller Parameters****Параметры регулятора**

Параметры регулятора – это характеристические величины для адаптации статических и динамических свойств регулятора к характеристикам контура управления или процесса.

**DDC**

DDC – это дискретный регулятор, в котором сигнал ошибки (рассогласования) модифицируется в дискретные моменты времени.

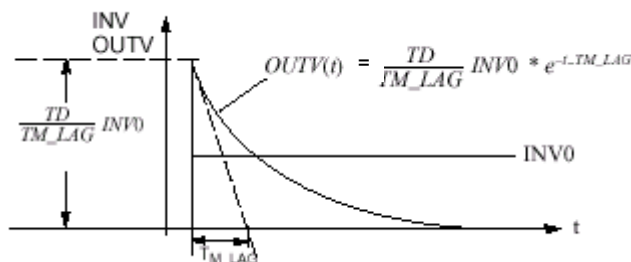
**Dead Time****"Мертвое" время,  
время нечувствительности**

Время нечувствительности – это часть времени задержки во временной характеристике отклика процесса (включая движение транспорта) на помехи или управляющее воздействие (изменение управляющей переменной).

**Derivative Action****Дифференцирование**

Временная характеристика устройства определяется посредством алгоритма дифференцирования аналоговой переменной с характеристикой времени дифференцирования TD (= время установления). Выходной сигнал дифференцирующего модуля пропорционален скорости изменения отклонения от входного сигнала. Запозывание первого порядка  $TM\_LAG$  обеспечивает подавление пиковых значений или сигналов помехи. Отклик дифференцирующего модуля на ступенчатый входной сигнал:



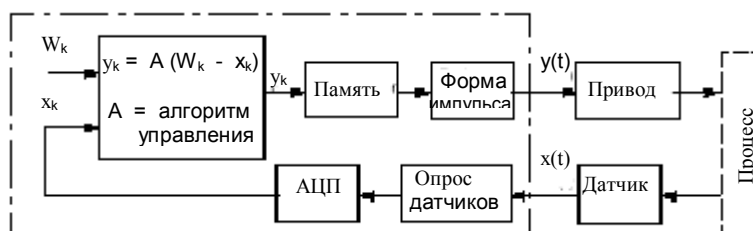


### Derivative Component D-компонент

D-компонент – дифференцирующий компонент контроллера. D-компоненты сами по себе (без других компонентов) неприменимы для управления, так как они не генерируют выходного сигнала, если входной сигнал остается неизменным.

### Digital Control Дискретное управление

Система управления, в которой управляющие сигналы (переменная процесса) формируются через постоянный интервал (sampling time - время опроса), после чего рассчитывается новое значение управляющей переменной как функции от сигнала рассогласования.



### Disturbance Variable Переменная помехи

Все воздействия на переменную процесса (за исключением управляющей переменной) являются сигналами или переменными помехи. Переменная помехи, которая накладывается на выходной сигнал процесса, может быть скомпенсирована наложением на сигнал уставки.

### Derivative Time $T_v$ Время дифференцирования

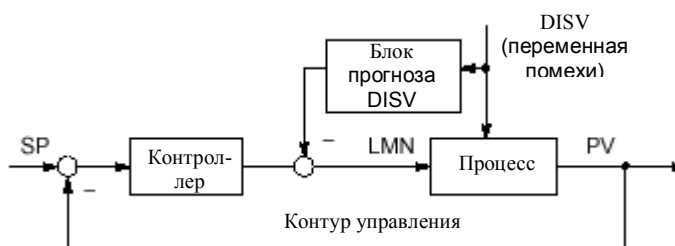
Время дифференцирования определяет временную характеристику D-компонента в ПД- или ПИД-регуляторе ( $T_v = TD$ ).

### Error Signal Сигнал ошибки (рассогласования)

Формирователь сигнала ошибки выдает сигнал рассогласования в виде  $ER = SP - PV$ . В устройстве сравнения рассчитывается разность величин выходного сигнала процесса и заданного значения. Результирующий сигнал служит исходным для формирования управляющей переменной. Старое обозначение: "System deviation" (системное отклонение).

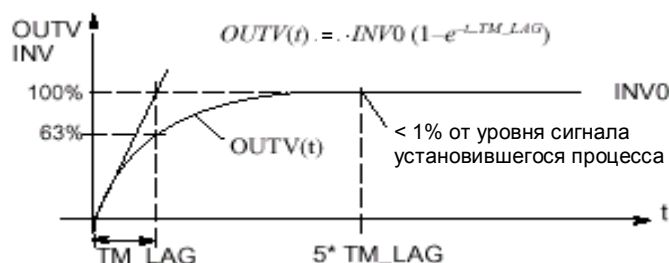
**Feedforward Control****Управление с прогнозированием параметров**

Управление с прогнозированием параметров – специальная технология в управлении, направленная на уменьшение или полное подавление доминирующей (измеряемой) помехи (например, температуры окружающей среды) в контуре управления. Измеренная переменная помехи DISV компенсируется до того, как она могла бы повлиять на процесс. В идеальном случае влияние помехи устраняется полностью, так что собственно контроллеру не требуется вносить поправку на нее с помощью интегратора.

**First Order Lag****Задержка 1-го порядка**

Инерционность первого порядка - функция для демпфирования, (подавления) изменения аналоговой переменной процесса. Постоянная времени запаздывания  $TM\_LAG$  определяет время, требуемое выходному сигналу для достижения уровня 63 % от уровня установившегося сигнала значения.

Коэффициент передачи в устойчивом состоянии 1:1.

**Fixed Setpoint Control****Стабилизация заданного уровня**

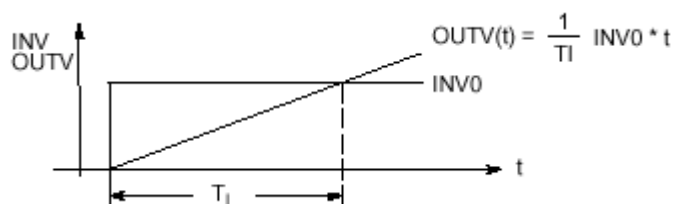
Система стабилизации заданного значения параметра (уставки) призвана поддерживать на заданном уровне величину меняющегося время от времени параметра.

**Follow-Up Control****Следящее управление**

Система со следящим управлением включает в себя контроллер, в котором заданное значение постоянно изменяется извне (вторичный контроллер многоконтурной системы управления). Задача вторичного контроллера состоит в том, чтобы исправлять локальную переменную процесса быстро и точно, насколько это возможно.

**Integral (I) Component**  
**Интегральный (I-) компонент**

Интегратор, компонент контроллера. После ступенчатого изменения переменной процесса (или сигнала ошибки) выходная переменная изменяется как пилообразный сигнал ("пила") со скоростью изменения, пропорциональной коэффициенту  $K_I = 1/T_I$ . Интегральный компонент в системе автоматического регулирования корректирует выходную переменную контроллера до тех пор, пока сигнал ошибки не станет равным 0.



**Interpolation**  
**Интерполяция**

Интерполяция – это метод расчета значений в промежуточных точках между точками с известными значениями параметра.

**Limit Alarm Monitor**  
**Блок слежения за нарушением заданных уровней параметра**

Программа, отслеживающая 4 выбираемых предельных уровня параметра. При достижении или превышении этих граничных величин поступает соответствующий сигнал предупреждения (первый предел) или тревоги (второй предел). Чтобы избежать "дребезга" сигнала, пороги срабатывания могут быть заданы с гистерезисом.

**Limiter**  
**Ограничитель**

Функция для ограничения диапазона значений переменных с выбираемыми верхним и нижним пределами.

**Loop Gain**  
**Усиление контура**

Усиление контура определяется как произведение "пропорционального" усиления (параметр GAIN) и усиления процесса (параметр  $K_S$ ).

**Manipulated Variable**  
**Управляющая переменная**

Управляющая переменная – это выходная переменная контроллера или входная переменная процесса. Параметром фактического сигнала может быть и аналоговая пропорциональная величина, и длительность импульса. В интегрирующих приводах (например, двигатель) управляющая переменная преобразуется в механическое движение вверх/вниз или вперед/назад.

## Manual Mode Ручной режим

В ручном режиме значение управляющей переменной (LMN) изменяется вручную. Текущее значение управляющей переменной изменяется оператором или из пользовательской S7 программы как процент от допустимого диапазона значений. Если заданы предельные значения для скорости изменения (функция LMN\_ROC), переключение между автоматическим и ручным режимами происходит плавно (с точки зрения характера изменения управляющего сигнала).

## Manual Value Значение сигнала, введенное в ручном режиме

Значение сигнала, введенное в момент прерывания цикла (см. **Manual mode = ручной режим**) как абсолютная величина или приращение (если используется генератор сигнала с управлением "вверх"/"вниз") в виде процента от всего диапазона.

## Master Controller Главный регулятор

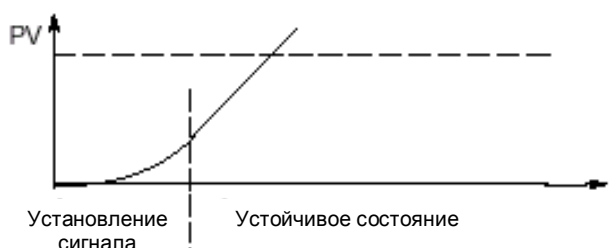
Главный регулятор – это первичный регулятор в многоконтурной системе управления. Он формирует сигнал уставки для вторичного регулятора (см. **cascade control = каскадное управление**).

## Master Control Response Характеристика главного регулятора

Характеристика главного регулятора – это временная зависимость изменения управляющей переменной в системе управления при скачкообразном изменении сигнала уставки.

## Non Balanced Process Несбалансированный процесс

Несбалансированный процесс – это процесс, в котором наклон временной характеристики переменной процесса, как отклика на помеху или изменение управляющей переменной пропорционален скачку входного сигнала в условиях устойчивого состояния системы (И-действие)



## Normalization Нормализация

Нормализация – это преобразование физических параметров процесса во внутренние пропорциональные величины (%) для обработки контроллером, а также преобразование подобных пропорциональных величин в физические выходные параметры. Характеристика нормализации зависит от начальных и конечных значений сигналов.

### Numerical Representation Численное представление

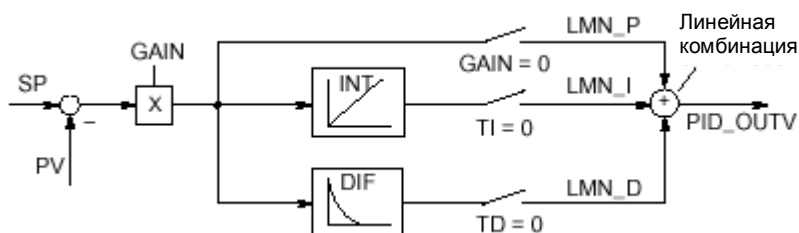
Значения аналоговых величин представляются как числа с плавающей точкой (формат: 32 битовые слова, диапазон:  $8,43 \cdot 10^{-37} \dots 3,37 \cdot 10^{38}$ ). Величины, означающие время, отображаются в виде 16 битовых двоично-десятичных чисел (формат: 16 битовые слова, диапазон: 0 ... 9990 секунд).

### P Algorithm П- (или P- ) алгоритм

Алгоритм для расчета выходного сигнала, который имеет пропорциональную зависимость от сигнала ошибки и изменений управляющей переменной. Характеризуется: стабильным сигналом ошибки; при этом не должен использоваться в процессах, имеющих значительные величины времени нечувствительности (Dead time).

### Parallel Structure Параллельная структура

Параллельная структура – это специальный вид обработки сигнала в контроллере (математическая обработка), при которой P- , I- и D- компоненты работают параллельно и независимо друг от друга и лишь после обработки результаты объединяются.



### Physical Normalization Физическая нормализация

См. " **Normalization** " (Нормализация).

### PI Algorithm ПИ- (PI- ) алгоритм

Алгоритм для расчета выходного сигнала – управляющей переменной, изменения величины которой определяются P-компонентом, пропорциональным сигналу ошибки, и I-компонентом, пропорциональным сигналу ошибки и времени. Характеризуется: изменяющимся сигналом ошибки; более быстрой компенсацией, чем у И- (I-) алгоритма; подходит для всех процессов.

### PID Algorithm ПИД- (PID- ) алгоритм

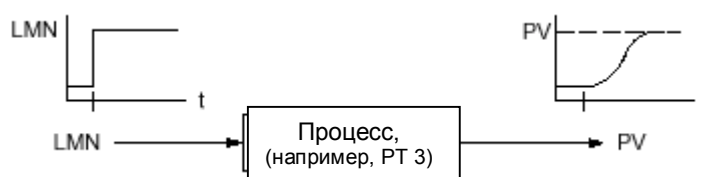
Алгоритм для расчета выходного сигнала, который формируется тремя компонентами: P- , I- и D-, обрабатывающими сигнал ошибки. PID-алгоритм выполняется в виде чисто параллельной структуры. Характеризуется: высокие характеристики управления достигаются при времени нечувствительности (dead time) процесса, не превышающем суммы других составляющих времени задержки.

**PLC****Программируемый логический контроллер**

Программируемый логический контроллер - это устройство, состоящее из одного или нескольких CPU (процессоров), периферийных блоков с дискретными/аналоговыми входами/выходами, устройств для внутреннего соединения и связи с другими системными модулями, содержащее в некоторых случаях модуль источника питания.

**Process****Процесс**

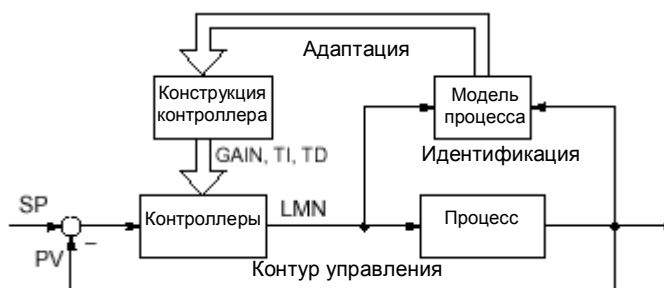
Процесс – это часть системы, в которой переменная процесса изменяется под воздействием управляющей переменной (посредством изменения энергии или массы). Процесс может быть разделен на привод и собственно управляемый процесс.

**Process Control Unit****Устройство управления процессом**

Устройство управления процессом – это часть процесса, которая используется для воздействия управляющей переменной на вход процесса. В общем случае устройство состоит из привода и оконечного управляющего элемента.

**Process Identification****Идентификация процесса**

Идентификация процесса является функцией средств конфигурации (configuration tool), которая обеспечивает информацию о структуре и передаточной функции процесса. Результатом является аппаратно-независимая модель процесса, которая описывает статический и динамический отклик процесса. Оптимальные конструкция и установки для контроллера рассчитываются на базе этой модели.

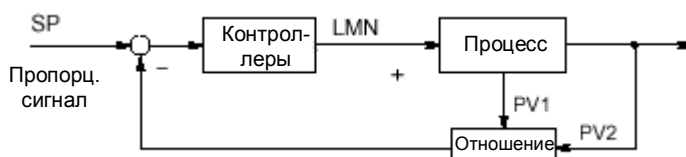


**Process Variable****Переменная процесса**

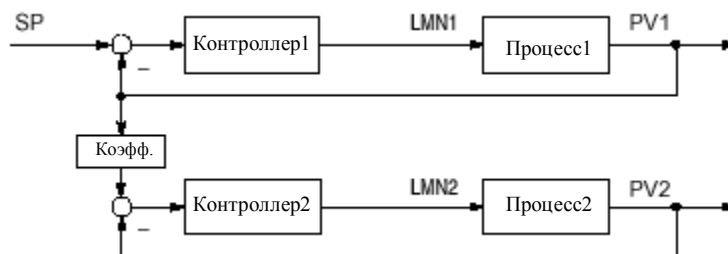
Переменная процесса (выходная переменная процесса) – это параметр, который сравнивается с мгновенным значением уставки, т.е. с мгновенным заданным значением. Мгновенное заданное значение иначе называется фактическим значением.

**Ratio Control****Пропорциональное управление**

- Одноконтурный пропорциональный контроллер используется (напр., для управления скоростью), когда отношение двух переменных процесса более важно, чем абсолютные значения переменных.



- Многоконтурный пропорциональный контроллер характеризуется тем, что отношение двух переменных процесса PV1 и PV2 должно быть неизменным. Для этого заданное значение для второго контура управления рассчитывается исходя из значения переменной процесса первого контура управления. Даже если переменная процесса PV1 динамично изменяется, отношение остается неизменным.

**Setpoint Generator****Генератор сигнала уставки**

Генератор сигнала уставки – это функция, с помощью которой пользователь может изменять значение сигнала уставки, используя переключатели. В течение первых 3 секунд после активации генератора скорость изменения значения сигнала будет составлять 10% от скорости изменения, которая включится по истечении 3 секунд.

**Settling Time****Время установления**

(См. параметр  $T_g$  в Control Settling Time = Время установления управления)

<b>Setpoint</b> <b>Опорный входной сигнал</b> <b>(уставка)</b>	Мгновенный входной опорный сигнал, который определяет требуемую величину или направление изменения управляемой переменной процесса. Мгновенное значение опорного сигнала называется заданным значением или уставкой и обозначается как SP.
<b>Setpoint Value</b> <b>Заданное значение (уставка)</b>	Заданное значение или уставка – это значение, которое должна принять переменная процесса под управляющим воздействием контроллера.
<b>Square Root</b> <b>Квадратный корень</b>	Квадратный корень – функция SQRT, линеаризует квадратичные зависимости.
<b>Step and Pulse Controller</b> <b>S- и импульсный контроллер</b>	S- и импульсный контроллер – это квази-С-контроллеры с двумя двоичными выходными сигналами. Контроллер пошагового (step) управления служит для управления интегрирующими приводами (напр., шаговый двигатель для открывания/закрывания заслонки). Контроллер импульсный (pulse) управления - для управления неинтегрирующими приводами (напр., для включения/выключения нагрева).
<b>Three-Step Controller</b> <b>Трехпозиционный контроллер</b>	Контроллер, который может принимать только три дискретных состояния, например: "нагрев. - выкл. - охлажд." или "правый - стоп - левый".
<b>Two-Step Controller</b> <b>Трехпозиционный контроллер</b>	Контроллер, который может принимать только два дискретных состояния управляющей переменной, например: "вкл. – выкл."
<b>Value Range</b> <b>Диапазон значений</b>	Регулятор работает с внутренними значениями в формате относительных единиц [%] в виде чисел с плавающей точкой (например, -100,0 ...+100,0). Величины входных параметров, например, внешняя уставка, физические переменные, могут также вводиться в формате чисел с плавающей точкой в диапазоне STEP7 (см. <b>Numerical representation = Численное представление</b> ).



## Предметный указатель

### А

Actuating signal  
(Управляющие сигналы) 3-5  
Controller selection  
(Выбор регулятора) 3-5  
Modes of the continuous controller  
(Режимы регулятора  
непрерывного действия) 5-3  
Modes of the step controller  
(Режимы регулятора  
пошагового действия) 6-5  
Actuator  
(Привод) 3-4  
Limit stop signals  
(Сигналы конечных выключателей  
привода) 6-17  
Type of actuating signal  
(Тип управляющего сигнала) 3-4  
Adjustment profile  
(Корректировка конфигурации) C-1  
Alignment factor  
(Коэффициент наклона) C-1  
Analog value input  
(Вход аналогового сигнала) C-1  
Automatic mode  
(Автоматический режим) 5-3  
Step controller  
(Регулятор пошагового действия) 6-6

### В

Blending control  
(Смешанное управление) 2-10, C-1  
Blending control (Example4)  
(Смешанное управление (Пример4)) 7-24  
Controller structure  
(Структура регулятора) 2-10  
Application  
(Применение, приложение) 7-24  
Block diagrams  
(Блок-схемы) 2-16

### С

Calling the controller  
(Вызов регулятора) 3-16  
Cascade control  
(Каскадное управление) 2-10, 5-17, C-2  
Connecting blocks  
(Соединительные блоки) 5-18, 6-24  
Cascade control (Example5)  
(Каскадное управление (Пример7)) 7-27  
Block structure  
(Структура блока) 7-28

Characteristic data of the process  
(Характеристические параметры  
процесса) 2-2  
Check list  
(Контрольный лист) 3-7  
Closed-loop controller  
(Автоматическая система управления) C-2  
Complete restart  
(Полный перезапуск) 3-16  
Configuration  
(Конфигурация) C-2  
Actual value-/Error value branch  
(Цепи фактического сигнала PV /  
сигнала рассогласования ER) 3-10  
Controller functions  
(Функции регулятора) 3-12  
Manipulated value branch  
(Цепи управляющей переменной) 3-11  
Setpoint branch  
(Цепи уставки) 3-9  
Configuration tool  
(Утилита конфигурирования) 3-13  
Configuring a controller  
(Конфигурирование регулятора) 3-7  
Block diagram  
(Блок-схема) 5-2  
Cascade control  
(Каскадное управление) 5-17  
Complete restart/restart  
(Перезапуск/полный перезапуск) 5-2  
Control functions  
(Функции управления) 5-2  
Derivative unit  
(Блок дифференциатора) 4-51  
Example2  
(Пример2) 7-16  
Integrator  
(Интегратор) 4-47  
Mode change  
(Переключение режимов) 5-4  
P controller  
(П-регулятор) 4-42  
PD controller  
(ПД-регулятор) 4-44  
PI controller  
(ПИ-регулятор) 4-43  
PID controller  
(ПИД-регулятор) 4-45  
Reversing direction  
(Обращение направления) 4-42  
Control algorithm  
(Алгоритм управления) 2-13  
Control loop  
(Контур управления) C-2

Control task, specifying  
(Постановка задачи управления) 3-2

Controllability  
(Управляемость процесса) 2-3

Controller, monitoring  
(Регулятор, мониторинг) 10-2

Controller call distribution  
(Распределение вызовов регуляторов) 1-2, 1-7

Controller calls  
(Вызов регуляторов) 8-3

Controller configuration  
(Конфигурирование регулятора)

- Prior knowledge  
(Прогноз) 3-2
- Procedure (check list)  
(Процедура (контрольный лист)) 3-7

Controller design  
(Конструкция регулятора) 2-2

Controller parameters  
(Параметры регулятора) C-3

CPU load  
(Загрузка CPU) 8-2

Creating a control (principle)  
(Создание системы управления (принцип)) 1-3

CRP\_OUT  
(Функция формирования управляющего сигнала в формате периферии CRP\_OUT) 5-15

Curve recorder  
(Утилита записи характеристики) 10-2

Cyclic interrupt OB35  
(OB35 блок циклического прерывания) 3-16

## D

Damping  
(Сглаживание) 4-25

Data per controller  
(Данные на регулятор) 1-7

Dead band, function  
(Функция амплитудного фильтрования) 4-36

Dead time  
(Время нечувствительности) 2-4, C-3

- Parameters  
(Параметры) 4-37

Defining controller structure  
(Определение структуры регулятора) 4-41

Delay of the D action (TM\_LAG)  
(Задержка дифференцирования) 4-44

Derivative action  
(Работа дифференциатора) 4-51

Derivative action time  
(Время дифференцирования) 4-51

Derivative component  
(Д-компонент) C-4

Derivative unit  
(Блок дифференциатора) 4-51

Startup and mode of operation  
(Запуск и режимы работы) 4-52

DIF, Parameters  
(Параметры функции DIF) 4-52

Digital control  
(Дискретное управление) C-4

Disturbance  
(Помехи) 2-8

Disturbance variable  
(Переменная помехи) C-4

## E

Equivalent time constant, Acquiring  
(Получение эквивалентной постоянной времени) 3-14

ER\_ALARM  
(Функция мониторинга уровня сигнала ошибки ER\_ALARM) 4-38

- Parameters  
(Параметры) 4-39

Погрешность разностного сигнала

Dead band  
(Амплитудный фильтр) 4-36

Limit monitoring  
(Мониторинг предельных значений) 4-38

Error signal  
(Сигнал рассогласования) C-4

Error signal monitoring  
(Мониторинг сигнала ошибки) C-4

- Functions  
(Функции) 4-39
- Hysteresis  
(Гистерезис) 4-38

Example1  
(Пример 1)

- Application  
(Применение) 7-10
- Functionality  
(Функциональные возможности) 7-10
- Block structure  
(Структура блока) 7-11
- Interconnection and calling  
(Внутренние соединения и вызовы) 7-12,13
- Parameters of the process model  
(Параметры модели процесса) 7-14
- Process parameters  
(Параметры процесса) 7-12
- Step response of the control loop  
(Переходная характеристика контура управления) 7-14

Example2  
(Пример2)

- Application  
(Применение) 7-16
- Block structure  
(Структура блока) 7-17

**Functionality**

(Функциональные возможности) 7-16  
 Interconnection and calling  
 (Внутренние соединения и вызовы) 7-17,18  
 Parameters of the process model  
 (Параметры модели процесса) 7-18, 7-19  
 Step response of the control loop  
 (Переходная характеристика контура управления) 7-19

**Example3**

(Пример 3)  
 Block structure  
 (Структура блока) 7-22  
 Configuration  
 (Конфигурация) 7-23  
 Functionality  
 (Функциональные возможности) 7-21

**Example4**

(Пример 4)  
 Block structure  
 (Структура блока) 7-25  
 Functionality  
 (Функциональные возможности) 7-24

**Example5**

(Пример5)  
 Functionality  
 (Функциональные возможности) 7-27

**Cascade control**

(Каскадное управление)  
 Application  
 (Применение) 7-27  
 Block structure  
 (Структура блока) 7-28

**Example6 (Pulseggen)**

(Пример6)  
 Application  
 (Применение) 7-30  
 Block structure  
 (Структура блока) 7-31  
 Functionality  
 (Функциональные возможности) 7-30  
 Interconnection and calling  
 (Внутренние соединения и вызовы) 7-31

**F****Feedforward control**

(Управление с предсказанием состояния) 2-8, 4-40, C-5

**Principle**

(Принцип) 2-8

**First order lag**

(Задержка 1-го порядка) C-5

**Fixed setpoint control**

(Система стабилизации уставки) C-5

**Follow-up control**

(Следящее управление) C-5

**Forms of applications**

(Формы применения) 1-8

**Function block PID\_CP**

(Функциональный блок PID\_CP) 5-2

**Function block PID\_ES**

(Функциональный блок PID\_ES) 6-2

**H****Hardware environment**

(Оборудование рабочей среды) 1-6

**I****I process**

(И-обработка) 2-5

**Instance-data block**

(Экземпляр DB) 1-2

**INT, parameters**

(Параметры функции INT) 4-50

**Integral action**

(Работа интегратора) 4-47

**Integral component**

(И-компонент) C-6

**Integrator**

(Интегратор)

**Limitation**

(Ограничения) 4-50

**Startup and mode of operation**

(Запуск и режимы работы) 4-48

**Integrator (INT)**

(Функция INT) 4-47

**Interrupting the cascade**

(Прерывания в каскадном регуляторе) 5-17, 6-23

**L****LAG1ST**

(Функция LAG1ST) 4-25

**Parameters**

(Параметры функции LAG1ST) 4-26

**Limit alarm monitor**

(Мониторинг граничных значений, уровень тревоги) C-6

**Limit values for PV**

(Граничные значения для PV) 4-31

**LMN\_NORM**

(Функция LMN\_NORM) 5-13

**Parameters**

(Параметры функции LMN\_NORM) 5-14

**LMN\_ROC**

(Функция LMN\_ROC) 5-9

**Parameters**

(Параметры функции LMN\_ROC) 5-10

- LMNFC
  - (Функция LMNFC) 5-7
  - Parameters
    - (Параметры функции LMNFC) 5-8
- LMNLIMIT
  - (Функция LMNLIMIT) 5-11, 5-12
  - Parameters
    - (Параметры функции LMNLIMIT) 6-10
- LMNR\_CRP
  - (Функция LMNR\_CRP) 6-11
  - Parameters
    - (Параметры функции LMNR\_CRP) 6-12
- LMNRNORM
  - (Функция LMNRNORM) 6-12
  - Parameters
    - (Параметры функции LMNRNORM) 6-12
- Loop editor
  - (Редактор для системы управления) 3-13
- Loop gain
  - (Коэффициент усиления контура управления) С-6
- Loop monitor
  - (Монитор контура управления) 10-2
- Loop scheduler
  - (Планировщик циклов) 3-17, 7-2, С-6
  - Shared data block
    - (Блок данных общего доступа) 7-3
- LP\_SCHED
  - (Функция планировщик циклов LP\_SCHED)
  - Parameter list
    - (Список параметров) 9-18
  - Parameters
    - (Параметры) 7-9
- M**
- MAN\_GEN
  - (Функция MAN\_GEN) 5-5, 5-6
- Manipulated value
  - (Управляющая переменная)
  - Rate of change limit
    - (Предел скорости изменения) 5-9
  - User functions
    - (Функции пользователя) 5-7
- Manipulated value (step controller),  
Changeover to configuration tool
  - (Управляющая переменная в регуляторе пошагового управления, переключение на утилиту конфигурирования) 5-16, 6-8
- Manipulated value limiting, Message output
  - (Ограничение управляющей переменной выходное сообщение) 6-9
- Manipulated value limits, Functionality
  - (Предельные значения управляющей переменной, выходное сообщение) 5-12, 6-10
- Manipulated variable
  - (Управляющая переменная) С-7
  - Absolute value limits
    - (Предельные значения абсолютной величины) 5-11
  - Limiting the range
    - (Ограничение диапазона) 5-11
  - Pulse output
    - (Импульсный выход) 5-19
  - Range limits
    - (Пределы диапазона) 6-9
  - Rate of change limits
    - (Границы скорости изменения) 5-9
  - Setting with the configuration tool
    - (Задание с помощью утилиты конфигурирования) 5-16, 6-8
  - Signal types
    - (Типы сигналов) 3-4
  - User function
    - (Функции пользователя) 5-7
- Manipulated variable limits, Signaling outputs
  - (Предельные значения управляющей переменной, сигнальные выходы) 5-11
- Manipulated variable normalization
  - (Нормализация управляющей переменной) 5-13
- Manual mode
  - (Ручной режим) 5-3, С-7
- Step controller (with feedback)
  - (Регулятор пошагового действия (с сигналом позиционной ОС)) 6-6
- Step controller (without position feedback signal)
  - (Регулятор пошагового действия (без сигнала позиционной ОС)) 6-18
- Manual value generation
  - (Генерация сигнала ручного режима) 5-3
- Manual value generator
  - (Генератор сигнала ручного режима) 5-5
  - Range of values
    - (Диапазон значений) 5-5
  - Rate of change
    - (Скорость изменения) 5-5
  - Startup and mode of operation
    - (Запуск и режимы работы) 5-6
- Master control response
  - (Отклик главного регулятора) С-7
- Master controller
  - (Главный регулятор) С-7
- Minimum break time
  - (Минимальная длительность паузы) 5-22
- Minimum pulse time
  - (Минимальная длительность импульса) 5-22
- Mode change
  - (Изменение режима) 5-3

Multi-loop controls  
(Многоконтурные регуляторы) 1-5, 2-9

## N

Non self-regulating process  
(Процесс, не обладающий свойством саморегуляции) 2-5

Normalization  
(Нормализация, нормирование) 3-18, C-8

Manipulated variable  
(Управляющая переменная) 5-13

Position feedback  
(Позиционная обратная связь) 6-12

Process variable  
(Переменная процесса) 4-23

Setpoint  
(Уставка) 4-13

Normalization curve  
(Характеристика нормализации) 4-23, 5-13, 6-12

Normalization function  
(функция нормализации) 3-18, 5-13

Numerical representation  
(Численное представление) 3-18, C-8

## O

Operating point  
(Рабочая точка) C-8

Overview of functions  
(Краткий обзор функций) 2-13

## P

P controller  
(П-регулятор)

Operating point  
(Рабочая точка) 4-42

Step response  
(Переходная характеристика) 4-42

Parallel structure (PID)  
(Параллельная ПИД-структура) C-8

Parameter assignment plan  
(Схема назначения параметров) 3-9

PD action in the feedback path  
(ПД-компонент в цепи ОС) 4-41

PD controller  
(ПД-регулятор)

Delay of the D effect  
(Задержка процесса дифференцирования) 4-44

Operating point  
(Рабочая точка) 4-44

Step response  
(Переходная характеристика) 4-44

PI controller  
(ПИ-регулятор)

Integrator in manual mode  
(Интергатор в ручном режиме) 4-43

Step response  
(Переходная характеристика) 4-43

PID controller  
(ПИД-регулятор)

Control algorithm  
(Алгоритм управления) 4-40

Controller structure  
(Структура регулятора) 4-41

Parameter assignment  
(Назначение параметров) 4-46

Step response  
(Переходная характеристика) 4-45

PID\_CP  
(Функциональный блок PID\_CP)

Input parameter  
(Входные параметры) 9-2, 9-4

Output parameters  
(Выходные параметры) 9-4

Static local data (inputs)  
(Статические локальные данные (входы)) 9-5

Static local data (outputs)  
(Статические локальные данные (выходы)) 9-8

Static local data for the configuration tool  
(Статические локальные данные для утилиты конфигурирования) 9-9

PID\_ES  
(Функциональный блок PID\_ES)

Input parameters  
(Входные параметры) 9-10

Output parameters  
(Выходные параметры) 9-12

Static local data (inputs)  
(Статические локальные данные (входы)) 9-13

Static local data (outputs)  
(Статические локальные данные (выходы)) 9-15

Static local data for the configuration tool  
(Статические локальные данные для утилиты конфигурирования) 9-16

Position Feedback  
(Позиционная обратная связь) 2-22

Position feedback, Simulation  
(Моделирование позиционной ОС) 2-23

Position feedback signal  
(Сигнал позиционной ОС) 2-23

Signal normalization  
(Сигнал от функции нормализации) 6-11

Simulation  
(Моделирование) 6-21

Primary controller  
 (Главный регулятор) 2-11  
 Priority class system  
 (Система приоритетных классов) 3-17  
 Process  
 (Процесс) C-9  
 Equivalent time constant  
 (Эквивалентная постоянная времени) 3-14  
 Identification  
 (Идентификация) 10-2  
 Process analysis  
 (Анализ процесса) 2-2  
 Process characteristics  
 (Характеристики процесса) 3-2  
 Process characteristics and control  
 (Характеристики процесса и управление) 2-2  
 Process identification  
 (Идентификация процесса) 2-6, 10-2, C-10  
 Controller data  
 (Данные регулятора) 2-6  
 Loop off-line/on-line  
 (Контур управления  
 в он-/офлайнном режиме, т.е.  
 в интерактивном/автономном режиме) 2-7  
 Method  
 (Метод) 2-6  
 Transfer function  
 (Функция передачи) 2-6  
 Process response  
 (Характеристика процесса) 3-2  
 Controllable processes  
 (Управляемый процесс) 3-3  
 Process simulation  
 (Модель процесса) C-10  
 Process variable  
 (Переменная процесса) C-10  
 Adjusting with the configuration tool  
 (Настройка с помощью утилиты  
 конфигурирования) 4-35  
 Changeover to configuration tool  
 (Переход к утилите конфигурирования) 4-35  
 Interconnecting the user FC  
 (Внутренние соединения  
 пользовательской функции FC) 4-29  
 Limit value monitoring  
 (Мониторинг граничных значений) 4-31  
 Rate of change monitoring  
 (Мониторинг скорости изменения) 4-33  
 Square root extraction  
 (Извлечение квадратного корня) 4-27  
 Time lag  
 (Временная задержка) 4-25  
 User function  
 (Функция пользователя) 4-29  
 Process variable delay  
 (Задержка переменной процесса) 4-25

Process variable monitoring, hysteresis  
 (Гистерезис при мониторинге величины  
 сигнала переменной процесса) 4-31  
 Process variable normalization  
 (Нормализация переменной процесса) 4-23  
 Process with dead time  
 (Процесс с временем нечувствительности)  
 2-4  
 Process with I component  
 (Процесс с И-компонентом) 2-5  
 Product structure  
 (Структура ПО) 1-4  
 Project  
 (Проект) 3-7  
 Pulse duration modulation  
 (Широтно-импульсная  
 модуляция (ШИМ)) 5-19, C-10  
 Pulse generation, Accuracy  
 (Точность генерации импульсов) 5-20  
 Pulse generator  
 (Генератор импульсов) 5-19, 6-15  
 Mode of operation  
 (Режим работы) 6-16  
 Modes  
 (Режимы) 5-22  
 Pulse output, switching  
 (Переключение импульсных выходов) 5-23  
 Pulsegen (Example6)  
 (Пример6, Pulsegen) 7-30  
 Block structure  
 (Структура блока) 7-31  
 PULSEOUT, 6-15  
 Parameters  
 (Параметры) 6-16  
 PV\_ALARM  
 (Функция PV\_ALARM) 4-31  
 Parameters  
 (Параметры) 4-32  
 PV\_NORM  
 (Функция PV\_NORM) 4-23  
 Parameters  
 (Параметры) 4-24  
 PVFC  
 (Функция PVFC) 4-29  
 Parameters  
 (Параметры) 4-30

## R

Ramp Soak, Preassigning output  
 (Функция Ramp Soak "Пила",  
 предварительное назначение  
 выходов) 4-8, 4-18  
 Ramp soak  
 (Функция Ramp Soak "Пила") 4-5, 4-6, C-10

- Activating  
(Активация) 4-7
  - Cyclic mode  
(Циклический режим работы) 4-9
  - Hold  
(Задержка) 4-9, 4-10
  - Modes  
(Режимы) 4-6, 4-7
  - On-line changes  
(Интерактивные изменения) 4-11
  - Parameters  
(Параметры) 4-11
  - Time slice parameters  
(Параметры интервалов времени) 4-6
  - Range of functions  
(Набор функций) 1-8
  - Technical range  
(Технический диапазон) 3-18
  - Times  
(Координаты времени) 3-18
  - Rate of change  
(Скорость изменения) C-10
  - Ratio control  
(Пропорциональное управление) C-11
  - Two loops  
(Двухконтурное иправление) 2-9
  - Ratio control (Example3)  
(Пример3 (Example3))
  - Пропорциональное управление) 7-21
  - Application  
(Применение) 7-21
  - Block structure  
(Структура блока) 7-22, 7-25
  - Ratio controls  
(Пропорциональные регуляторы) 2-9
  - Readme-file  
(Файл Readme) 10-1
  - Rate of change limit  
(Пределы скорости изменения) 4-18
  - Reset time  
(Время установления сигнала) 4-47, C-11
  - Permitted range for TI and CYCLE  
(Допустимые значения TI и CYCLE) 4-47
  - Automatic adaptation  
(Автоматическая адаптация) 6-15, 6-20
  - Restart  
(Перезапуск) 3-16
  - RMP\_SOAK  
(Функция RMP\_SOAK) 4-5
  - ROCALARM  
(Функция ROCALARM) 4-33
  - Parameters  
(Параметры) 4-34
  - Run time (controller FB)  
(Время выполнения) 8-2
  - Run time per controller (basic data)  
(Время выполнения на регулятор  
(базовые данные)) 1-7
- S**
- Sampling control  
(Дискретное управление) 2-12
  - Sampling controller  
(Дискретный регулятор) C-12
  - Sampling time  
(Время дискретизации) 2-12, 3-14, 8-3, C-12
  - Estimating  
(Оценка) 3-15
  - Secondary controller  
(Вторичный регулятор) 2-11
  - Secondary manipulated variable  
(Вторичная управляющая переменная) 2-10
  - Selecting the controller structure  
(Выбор структуры регулятора) 3-6
  - Self-regulating process  
(Саморегулирующийся процесс) 2-3
  - Setpoint  
(Уставка) C-12
  - Absolute value limits  
(Границы абсолютных значений) 4-20
  - Changeover to configuration tool  
(Переключение на утилиту  
конфигурирования) 4-22
  - Range limits  
(Границы диапазона) 4-20
  - Rate of change limits  
(Пределы скорости изменения) 4-18
  - Setting with the configuration tool  
(Задание с помощью утилиты  
конфигурирования) 4-22
  - User function  
(Функция пользователя) 4-16
  - Setpoint generator  
(Генератор сигнала уставки) 4-2, C-12
  - Parameters  
(Параметры) 4-4
  - Range  
(Диапазон) 4-2
  - Rate of change  
(Скорость изменения) 4-2
  - Startup and mode of operation  
(Запуск и рабочие режимы) 4-3
  - Functions  
(Функции) 4-21
  - Signaling outputs  
(Сигнальные выходы) 4-20
  - Settling time  
(Время установления) 2-3, C-13
  - Signal adaptation  
(Адаптация сигнала) 3-18
  - Signal conversion, internal format →  
peripheral format  
(Преобразование формата сигнала →  
из внутреннего формата – в формат  
периферии) 5-15
  - Signal flow diagrams  
(Схемы прохождения сигнала) C-13, 2-16

Analog manipulated variable  
(Аналоговая управляющая переменная) 2-21

Binary actuating signals  
(Двоичные сигналы управления) 6-14

Continuous controller  
(Регулятор непрерывного управления) 4-47

Error difference  
(Разностная ошибка) 4-36  
in the process variable branch  
(В цепях переменной процесса) 4-23  
in the setpoint branch  
(В цепях уставки) 4-2

Manipulated value of the step controller  
(Управляющая переменная  
регулятора пошагового действия) 2-22, 6-5

Manipulated variable  
(Управляющая переменная) 5-3

Software environment  
(Программное обеспечение  
рабочей среды) 1-6

SP\_GEN  
(Функция SP\_GEN) 4-2

SP\_LIMIT  
(Функция SP\_LIMIT) 4-20  
Parameters  
(Параметры) 4-21

SP\_NORM  
(Функция SP\_NORM) 4-13  
Parameters  
(Параметры) 4-14

SP\_ROC  
(Функция SP\_ROC) 4-18  
Parameters  
(Параметры) 4-19

SPFC (user FC)  
(Функция SPFC (функция пользователя)) 4-16  
Parameters  
(Параметры) 4-17

Square root  
(Квадратный корень) C-13

Standard controller  
(Стандартный регулятор) C-13  
Calls  
(Вызовы) 3-16  
Functionality  
(Функциональные возможности) 1-8  
Permanently active functions  
(Постоянно включенные функции) 3-6

Standard PID Control  
(Стандартный ПИД-регулятор) 1-2  
Block diagram  
(Блок-схема) 8-4  
Concept  
(Концепция) 1-2  
Functional scheme  
(Функциональная схема) 1-2  
Mode of Operation  
(Режимы работы) 2-12

Software packages  
(Прикладные пакеты программ) 1-4

Structure  
(Структура) 2-12

Standard-Control, Applications and limitations  
(Стандартное управление,  
применение и ограничения) 1-7

Standard-control  
Application environment  
(Стандартное управление,  
программное окружение) 1-6

Basic functions  
(Базовые функции) 1-2

Step controller without position feedback  
(Регулятор пошагового управления) 6-18

Operating modes  
(Рабочие режимы) 6-18

Generating the actuating signals  
(Генерация управляющих сигналов) 6-19

Manipulated variable signal processing  
(Обработка сигнала  
управляющей переменной) 6-17

Parameters for manipulated  
variable processing  
(Параметры для обработки сигнала  
управляющей переменной) 6-22

Structure and functions  
(Структура и функции) 6-17

Subfunctions  
(Вспомогательные функции) 1-2

Circuit diagrams  
(Схемы цепей) 2-16

## T

Three-step controller  
(Трехуровневый регулятор) C-14, 5-22

Asymmetrical characteristics  
(Ассиметричная характеристика) 5-24

Characteristics  
(Характеристики) 5-23

Three-step element  
(Управляющий элемент  
с тремя состояниями) 6-14, 6-20

Threshold on  
(Порог срабатывания) 6-15

THREE\_ST  
(Функция THREE\_ST) 6-14, 6-20

Time delay element  
(Элемент задержки времени) 4-25

Time lag  
(Задержка времени) 2-3

Time slice  
(Интервал времени) 4-6

TM\_LAG  
(Функция TM\_LAG) 4-44, 4-51



Tolerance bands  
(Полоса допуска) 4-31, 4-38  
Tool  
(Утилита) 10-1  
Installing  
(Инсталляция) 10-1  
Integrated help  
(Встроенная справочная система) 10-2  
Software requirements  
(Требования  
к программному окружению) 10-1  
Trapezoidal rule  
(Правило трапеций) C-14  
Two-step controller  
(Двухуровневый регулятор) C-14, 5-25

## **U**

User memory  
(Память для пользователя) 1-7

## **V**

Value range  
(Диапазон значений) C-14

## **W**

Work memory  
(Рабочая память) 8-3

## А

Автоматическая адаптация 6-15, 6-20  
Автоматическая система управления С-2  
Автоматический режим 5-3  
Адаптация сигнала 3-18  
Активация 4-7  
Алгоритм управления 2-13  
Алгоритм управления 4-40  
Амплитудный фильтр 4-36  
Анализ процесса 2-2  
Аналоговая управляющая переменная 2-21  
Асимметричная характеристика 5-24

## Б

Базовые данные 1-7  
Базовые функции 1-2  
Блок данных общего доступа 7-3  
Блок дифференциатора 4-51  
Блок дифференциатора 4-51  
Блок-схема 5-2  
Блок-схема 8-4  
Блок-схемы 2-16

## В

В цепях переменной процесса 4-23  
В цепях уставки 4-2  
Внутренние соединения и вызовы 7-12,13  
Внутренние соединения и вызовы 7-17,18  
Внутренние соединения и вызовы 7-31  
Временная задержка 4-25  
Время выполнения 8-2  
Время дискретизации 2-12, 3-14, 8-3, С-12  
Время дифференцирования 4-51  
Время нечувствительности 2-4, С-3  
Время установления 2-3, С-13  
Время установления сигнала 4-47, С-11  
Вспомогательные функции 1-2  
Встроенная справочная система 10-2  
Вторичная управляющая переменная 2-10  
Вторичный регулятор 2-11  
Вход аналогового сигнала С-1  
Входные параметры 9-10  
Входные параметры 9-2, 9-4  
Выбор регулятора 3-5

Выбор структуры регулятора 3-6  
Вызов регулятора 3-16  
Вызов регуляторов 8-3  
Вызовы 3-16  
Выходное сообщение 5-12, 6-10  
Выходное сообщение 6-9  
Выходные параметры 9-12  
Выходные параметры 9-4

## Г

Генератор импульсов 5-19, 6-15  
Генератор сигнала ручного режима 5-5  
Генератор сигнала уставки 4-2, С-12  
Генерация сигнала ручного режима 5-3  
Генерация управляющих сигналов 6-19  
Гистерезис 4-38  
Главный регулятор 2-11  
Главный регулятор С-7  
Границы абсолютных значений 4-20  
Границы диапазона 4-20  
Границы скорости изменения 5-9  
Граничные значения для PV 4-31

## Д

Данные регулятора 1-7, 2-6  
Двоичные сигналы управления 6-14  
Двухконтурное управление 2-9  
Двухуровневый регулятор С-14, 5-25  
Диапазон 4-2  
Диапазон значений 5-5  
Диапазон значений С-14  
Дискретное управление 2-12  
Дискретное управление С-4  
Дискретный регулятор С-12  
Д-компонент С-4  
Допустимые значения TI и CYCLE 4-47

## З

Загрузка CPU 8-2

Задержка 4-9, 4-10  
 Задержка 1-го порядка С-5  
 Задержка времени 2-3  
 Задержка дифференцирования 4-44  
 Задержка переменной процесса 4-25  
 Запуск и режимы работы 4-3  
 Запуск и режимы работы 5-6  
 Запуск и режимы работы 4-48  
 Запуск и режимы работы 4-52

## И

Идентификация 10-2  
 Идентификация процесса 2-6, 10-2, С-10  
 Из внутреннего формата – в формат периферии 5-15  
 Извлечение квадратного корня 4-27  
 Изменение режима 5-3  
 И-компонент С-6  
 Импульсный выход 5-19  
 Инсталляция 10-1  
 Интегратор 4-47  
 Интегратор в ручном режиме 4-43  
 Интерактивные изменения 4-11  
 Интервал времени 4-6  
 И-обработка 2-5

## К

Каскадное управление 5-17  
 Каскадное управление (Пример7) 7-27  
 Каскадное управление 2-10, 5-17, С-2  
 Квадратный корень С-13  
 Конструкция регулятора 2-2  
 Контрольный лист 3-7  
 Контур управления С-2  
 Конфигурация 7-23  
 Конфигурация С-2  
 Конфигурирование регулятора 3-7  
 Конфигурирование 5-16, 6-8  
 Конфигурирование 4-22  
 Конфигурирование 4-22  
 Конфигурирование 4-35  
 Концепция 1-2  
 Координаты времени 3-18  
 Корректировка конфигурации С-1  
 Коэффициент наклона С-1  
 Коэффициент усиления  
 Краткий обзор функций 2-13

## М

Метод 2-6  
 Минимальная длительность импульса, минимальная длительность паузы 5-22  
 Многоконтурные регуляторы 1-5, 2-9  
 Моделирование 6-21  
 Моделирование позиционной ОС 2-23  
 Модель процесса С-10  
 Модуляция ШИМ 5-19, С-10  
 Монитор контура управления 10-2  
 Мониторинг граничных значений 4-31  
 Мониторинг граничных значений, мониторинг предельных значений 4-38  
 Мониторинг сигнала ошибки С-4  
 Мониторинг скорости изменения 4-33

## Н

Набор функций 1-8  
 Назначение параметров 4-46  
 Нормализация 4-23, 5-13, 6-12  
 Нормализация переменной процесса 4-23  
 Нормализация, нормирование 3-18, С-8

## О

Оборудование рабочей среды 1-6  
 Обращение направления 4-42  
 ОВ35 блок циклического прерывания 3-16  
 Ограничение диапазона 5-11  
 Ограничения 4-50  
 Определение структуры регулятора 4-41  
 Отклик главного регулятора С-7  
 Оценка 3-15

## П

Память для пользователя 1-7  
 Параллельная ПИД-структура С-8  
 Параметры 4-11  
 Параметры 4-14  
 Параметры 4-17  
 Параметры 4-19  
 Параметры 4-21  
 Параметры 4-24

Параметры 4-30  
 Параметры 4-32  
 Параметры 4-34  
 Параметры 4-37  
 Параметры 4-4  
 Параметры 6-16  
 Параметры 4-39  
 Параметры 7-9  
 Параметры интервалов времени 4-6  
 Параметры модели процесса 7-18, 7-19  
 Параметры модели процесса 7-14  
 Параметры процесса 7-12  
 Параметры регулятора C-3  
 Параметры функции DIF 4-52  
 Параметры функции INT 4-50  
 Параметры функции LAG1ST 4-26  
 Параметры функции LMN\_NORM 5-14  
 Параметры функции LMN\_ROC 5-10  
 Параметры функции LMNFC 5-8  
 Параметры функции LMNLIMIT 6-10  
 Параметры функции LMNR\_CRP 6-12  
 Параметры функции LMNRNORM 6-12  
 ПД-компонент в цепи ОС 4-41  
 ПД-регулятор 4-44  
 Перезапуск 3-16  
 Перезапуск/полный перезапуск 5-2  
 Переключение импульсных выходов 5-23  
 Переключение режимов 5-4  
 Переменная помехи C-4  
 Переменная процесса 4-23  
 Переменная процесса C-10  
 Переход к утилите конфигурирования 4-35  
 Переходная характеристика 4-42  
 Переходная характеристика 4-43  
 Переходная характеристика 4-44  
 Переходная характеристика 4-45  
 ПИД-регулятор 4-45  
 ПИ-регулятор 4-43  
 Планировщик циклов 3-17, 7-2, C-6  
 Позиционная обратная связь 2-22  
 Позиционная обратная связь 6-12  
 Полный перезапуск 3-16  
 Поле допусков 4-31, 4-38  
 Пользовательская функция FC 4-29  
 Помехи 2-8  
 Порог срабатывания 6-15  
 Постановка задачи управления 3-2  
 Постоянно включенные функции 3-6  
 Постоянная времени 3-14  
 Правило трапеций C-14  
 П-регулятор 4-42  
 Предел скорости изменения 5-9  
 Пределы диапазона 6-9  
 Пределы скорости изменения 4-18  
 Прерывания в каскадном регуляторе 5-17, 23  
 Привод 3-4

Прикладные пакеты программ 1-4  
 Применение 7-10  
 Применение 7-16  
 Применение 7-21  
 Применение 7-27  
 Применение 7-30  
 Применение 7-24  
 Применение и ограничения 1-7  
 Пример 2 7-16  
 Пример 6, Pulsegen 7-30  
 Принцип 2-8  
 Программное обеспечение  
 Программное окружение 1-6  
 Проект 3-7  
 Пропорциональное управление 7-21  
 Пропорциональное управление C-11  
 Пропорциональные регуляторы 2-9  
 Процедура (контрольный лист) 3-7  
 Процесс C-9  
 Процесс  
 с временем нечувствительности 2-4  
 Процесс с И-компонентом 2-5

## Р

Работа дифференциатора 4-51  
 Работа интегратора 4-47  
 Рабочая память 8-3  
 Рабочая точка 4-42  
 Рабочая точка 4-44  
 Рабочая точка C-8  
 Рабочая среда 1-6  
 Рабочие режимы 6-18  
 Разностная ошибка 4-36  
 Распределение  
 вызовов регуляторов 1-2, 1-7  
 Регулятор непрерывного управления 4-47  
 Регулятор пошагового  
 действия 2-22, 6-5, 6-6  
 Регулятор пошагового управления 6-18  
 Регулятор, мониторинг 10-2  
 Редактор для системы управления 3-13  
 Режим работы 6-16  
 Режимы работы 2-12  
 Режимы 4-6, 4-7  
 Режимы 5-22  
 Режимы регулятора  
 непрерывного действия 5-3  
 Режимы регулятора  
 пошагового действия 6-5  
 Ручной режим 5-3, C-7

**С**

С тремя состояниями регулятор 6-14, 6-20  
 Саморегулирующийся процесс 2-3  
 Сглаживание 4-25  
 Сигнал от функции нормализации 6-11  
 Сигнал позиционной ОС 2-23  
 Сигнал рассогласования C-4  
 Сигнал в формате периферии CRP\_OUT 5-15  
 Сигнал ошибки ER\_ALARM 4-38  
 Сигнал переменной процесса 4-31  
 Сигнал рассогласования ER 3-10  
 Сигналы концевых выключателей привода 6-17  
 Сигнальные выходы 4-20  
 Система приоритетных классов 3-17  
 Система стабилизации уставки C-5  
 Скорость изменения C-10  
 Скорость изменения 4-2  
 Скорость изменения 5-5  
 Следящее управление C-5  
 Смешанное управление (Пример4) 7-24  
 Смешанное управление 2-10, C-1  
 Соединительные блоки 5-18, 6-24  
 Создание системы управления (принцип) 1-3  
 Состояния 2-8, 4-40, C-5  
 Список параметров 9-18  
 Стандартный ПИД-регулятор 1-2  
 Стандартный регулятор C-13  
 Структура 2-12  
 Структура блока 7-11  
 Структура блока 7-17  
 Структура блока 7-22, 7-25  
 Структура блока 7-25  
 Структура блока 7-31  
 Структура блока 7-22  
 Структура блока 7-28  
 Структура и функции 6-17  
 Структура ПО 1-4  
 Структура регулятора 4-41  
 Структура регулятора 2-10  
 Схема назначения параметров 3-9  
 Схемы прохождения сигнала C-13, 2-16  
 Схемы цепей 2-16

**Т**

Технический диапазон 3-18  
 Тип управляющего сигнала 3-4  
 Типы сигналов 3-4  
 Точность генерации импульсов 5-20  
 Трехуровневый регулятор C-14, 5-22

**У**

Управляемость процесса 2-3  
 Управляемый процесс 3-3  
 Управляющая переменная 5-13  
 Управляющая переменная 5-3  
 Управляющая переменная C-7  
 Управляющая переменная 6-22  
 Управляющая переменная 6-17  
 Управляющие сигналы 3-5  
 Уровень тревоги C-6  
 Уставка 4-13  
 Уставка C-12  
 Утилита 10-1  
 Утилита записи характеристики 10-2  
 Утилита конфигурирования 3-13

**Ф**

Файл Readme 10-1  
 Формы применения 1-8  
 Функции 4-21  
 Функции 4-39  
 Функции пользователя 5-7  
 Функции пользователя 5-7  
 Функции регулятора 3-12  
 Функции управления 5-2  
 Функциональная схема 1-2  
 Функциональные возможности 1-8  
 Функциональные возможности 7-10  
 Функциональные возможности 7-16  
 Функциональные возможности 7-21  
 Функциональные возможности 7-24  
 Функциональные возможности 7-27  
 Функциональные возможности 7-30  
 Функциональный блок PID\_ES 6-2  
 Функциональный блок PID\_CP 5-2  
 Функция INT 4-47  
 Функция LAG1ST 4-25  
 Функция LMN\_NORM 5-13  
 Функция LMN\_ROC 5-9  
 Функция LMNFC 5-7  
 Функция LMNLIMIT 5-11, 5-12  
 Функция LMNR\_CRP 6-11  
 Функция LMNRNORM 6-12  
 Функция MAN\_GEN 5-5, 5-6  
 Функция PV\_ALARM 4-31  
 Функция PV\_NORM 4-23  
 Функция PVFC 4-29  
 Функция Ramp Soak "Пила" 4-5, 4-6, C-10  
 Функция RMP\_SOAK 4-5

Функция ROCALARM 4-33  
Функция SP\_GEN 4-2  
Функция SP\_LIMIT 4-20  
Функция SP\_NORM 4-13  
Функция SP\_ROC 4-18  
Функция SPFC функция пользователя 4-16  
Функция THREE\_ST 6-14, 6-20  
Функция TM\_LAG 4-44, 4-51  
Функция амплитудного фильтрования 4-36  
Функция нормализации 3-18, 5-13  
Функция передачи 2-6  
Функция планировщик циклов LP\_SCHED  
Функция пользователя 4-16  
Функция пользователя 4-29

## **Х**

Характеристика процесса 3-2  
Характеристики 5-23  
Характеристики процесса 3-2  
Характеристики процесса и управление 2-2  
Характеристические параметры процесса 2-2

## **Ц**

Цепи управляющей переменной 3-11  
Цепи уставки 3-9  
Циклический режим работы 4-9

## **Ч**

Численное представление 3-18, С-8

## **Ш**

Широтно-импульсная  
модуляция (ШИМ)) 5-19, С-10

## **Э**

Эквивалентная постоянная времени 3-14  
Экземпляр DB 1-2  
Элемент задержки времени 4-25