МІКРОЛ

КОНТРОЛЕР

МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ

МІК-50, МІК-51, МІК-51Н, МІК-52, МІК-52Н, МІК-53Н, МІК-127

НАСТАНОВА ЩОДО ЕКСПЛУАТУВАННЯ

ПРМК.421457.005 РЕ2

УКРАЇНА, м. Івано-Франківськ
2018

Дана настанова щодо експлуатування є офіційною документацією підприємства МІКРОЛ.

Продукція підприємства МІКРОЛ призначена для експлуатування кваліфікованим персоналом, який застосовує відповідні прийоми і лише з метою, описаною в цій настанові.

Колектив підприємства МІКРОЛ висловлює велику вдячність тим фахівцям, які докладають великих зусиль для підтримки вітчизняного виробництва на належному рівні за те, що вони ще зберегли свою силу духу, уміння, здібності та талант.

У разі виникнення питань, пов'язаних із застосуванням обладнання підприємства МІКРОЛ, а також із заявками на придбання звертатись за адресою:

Підприємство МІКРОЛ

76495, м. Івано-Франківськ, вул. Автоливмашівська, 5 Б,

Sale: +38 (067) 359-70-90, Support: +38 (067) 704-00-29

Sale: +38 (0342) 502-701, Support: +38 (0342) 502-702

+38 (0342) 502-704, +38 (0342) 502-705

Sale: sale@microl.ua , Support: support@microl.ua

http://www.microl.ua

microl_support

Copyright © 2001-2018 by MICROL Enterprise. All Rights Reserved

З М І С Т

Стор.

1. Введення 5

2 Бібліотека функціональних блоків 5
2.1 Бібліотека функціональних блоків 5
2.2 Програмування функціональними блоками 6
2.3 Умовні позначення 7
2.4 Сигнали та параметри 9

3 Функціональні блоки введення-виводу 11
3.00 NOP (00) - Порожній функціональний блок 11
3.01 LAN_SV (01) - Інтерфейсний супервізор (диспетчер мережі) 11
3.02 DIN_FRQ (02) - Частотний вхід 13
3.03 LAN_IN (03) – Інтерфейсний вхід 14
3.04 LAN_OUT (04) - Інтерфейсний вихід 16
3.05 AIN (05) – Аналоговий вхід 17
3.06 DIN (06) – Дискретний вхід 19
3.07 DIN_CTU (07) – Імпульсний вхід 20
3.08 AOT (08) - Аналоговий вихід 21
3.09 DOT (09) - Дискретний вихід 22
3.10 DOT_OP (10) - Керований дискретний вихід 23
3.11 AOT_OP (11) - Керований аналоговий вихід 24
3.77 DIN_GR (77) – Груповий дискретний вхід 25
3.78 DOT_GR (78) – Груповий дискретний вихід 26

4 Математичні функціональні блоки 27
4.12 MUL (12) - Розмноження 27
4.13 SUMM (13) - Підсумовування з масштабуванням 28
4.14 DIV (14) - Розподіл 29
4.15 SQRT (15) - Корінь квадратний 30
4.16 ABS (16) - Абсолютне значення 31
4.17 INTEG (17) - Інтегрування 32
4.18 DERIV (18) - Диференціювання із затримкою 33
4.70 HMDT (70) - Блок обчислення вологості повітря 34
4.72 EXP (72) - Блок обчислення експонентів 35
4.73 LN (73) - Блок обчислення натурального логарифму 36
4.74 LOG (74) - Блок обчислення десяткового логарифму 37

5 Логічні функціональні блоки 39
5.19 AND (19) - Логічне «І» 39
5.20 AND_M (20) - Багатовхідне «І» 40
5.21 OR (21) - Логічне «АБО» 41
5.22 OR_M (22) - Багатовхідне «АБО» 42
5.23 XOR (23) - Виключне АБО 43
5.24 MAJRT (24) - Мажорування 44
5.25 TRIG (25) - Тригер 45
5.26 REG (26) - Реєстр 46
5.27 EDGE (27) - Виділення фронту 47
5.28 CODER (28) - Шифратор 48
5.29 DECODER (29) - Дешифратор 49

6 Функціональні блоки керування програмою 50
6.30 MIN (30) - Мінімум 50
6.31 MAX (31) - Максимум 51
6.32 AVRG (32) - Ковзне середнє, затримка 52
6.33 EXTREM (33) - Екстремум 53
6.34 LIMIT (34) - Обмеження 54
6.35 LIMIT_RT (35) - Обмеження швидкості 55
6.36 MUX (36) - Перемикач за номером 57
6.37 CMP (37) - Компаратор 58
6.38 TIMER (38) - Таймер 59

6.39 COUNT (39) - Лічильник ... 60
6.40 OSC (40) - Одновібратор ... 61
6.41 OSC_M (41) - Мультивібратор ... 62
6.42 PULSE (42) - Імпульсатор ... 63
6.43 MEM (43) - Запам'ятовування ... 64
6.44 DMUX (44) - Перемикач ... 65
6.45 AVRG_8 (45) - Середня ... 66

7 Функціональні блоки керування технологічним процесом ... 68
7.50 FILTER (50) - Фільтр ... 68
7.51 SCALL (51) - Масштабування ... 69
7.52 LINEAR (52) - Шматочно-лінійна функція ... 69
7.53 SP (53) - Уставка аналогова ... 70
7.54 SP_M (54) - Уставка аналогова багатоканальна ... 71
7.55 TM (55) - Уставка часу ... 72
7.56 TM_M (56) - Уставка часу багатоканальна ... 73
7.57 TM_PRG (57) - Програмний задавач ... 74
7.58 RTA (58) - Таймер-сигналізатор реального часу ... 76
7.59 RAMP (59) - Лінійна зміна параметра ... 77
7.63 USER (63) - Панель користувача ... 78
7.64 RTA_CYC (64) - Циклічний таймер-сигналізатор реального часу ... 80
7.65 STEP (65) - Логічна крокова програма ... 81
7.68 RTA_COR (68) - Синхронізація реального часу ... 83

8 Функціональні блоки регуляторів ... 84
8.60 PID (60) - Регулятор аналоговий ... 84
8.61 PID_CAS (61) - Регулятор аналоговий каскадний ... 95
8.62 PID_IMP (62) - Регулятор імпульсний ... 107
8.90 PID_R (90) - Аналоговий ПІД-регулятор з розширеною схемою переходу між режимами РУЧ/АВТ/КАС ... 120
8.91 PID_I_R (91) - Імпульсний ПІД-регулятор з розширеною схемою переходу між режимами РУЧ/АВТ/КАС ... 131
8.93 COR_S (93) - Коректор статичний ... 145
8.94 COR_D (94) - Коректор динамічний ... 146
8.95 D_PID (95) - Дельта-регулятор ... 147
8.96 D_PID_I (96) - Дельта-регулятор імпульсний ... 159

9 Функціональні блоки керування станом ... 173
9.80 IF (80) - Якщо ... 173
9.81 THEN (81) - Тоді ... 174
9.82 STATE (82) – Блок станів ... 175
9.83 dSET (83) - Уставка дискретна ... 176
9.84 CASE (84) - Вибір з множини ... 177
9.86 DETECT (86) - Детектор увімкнення живлення або запуску програми користувача ... 178

Додаток 1. Приклад побудови простого контуру аналогового регулювання ... 180

Додаток 2. Приклад побудови логічних схем управління ... 182

1. Введення

Дана настанова щодо експлуатування (РЕ) призначена для використання експлуатаційним персоналом та проектантами систем регулювання, виконаних на базіконтролерів мікропроцесорних МІК-50, МІК-51, МІК-51Н, МІК-52, МІК-52Н та МІК-53Н та регулятора МІК-127.

РЕ на контролери і двох самостійних документів.

У першому з них:

- «Контролери мікропроцесорні МІК-50 (ПРМК.421457.065 РЕ1)»
- «Контролери мікропроцесорні МІК-51 (ПРМК.421457.005 РЕ1)»
- «Контролери мікропроцесорні МІК-51Н (ПРМК.421457.006 РЕ1)»
- «Контролери мікропроцесорні МІК-52 (ПРМК.421457.008 РЕ1)»
- «Контролери мікропроцесорні МІК-52Н (ПРМК.421457.009 РЕ1)»
- «Контролери мікропроцесорні МІК-53Н (ПРМК.421457.062 РЕ1)»
– «Регулятор мікропроцесорний програмований МІК-127 (ПРМК.426429.072 РЕ1)»

наводиться опис складу, функціональних можливостей та інструкція з експлуатації контролерів.

У другому (у цьому посібнику РЕ2) – «Контролери малоканальні багатофункціональні мікропроцесорніМІК-50, МІК-51, МІК-51Н, МІК-52, МІК-52Н, МІК-53Н, МІК-127 (ПРМК.421457.005 РЕ2)» - описується бібліотека функціональних блоків контролерів.

2 Бібліотека функціональних блоків

2.1 Бібліотека функціональних блоків

Контролер МІК-50, МІК-51, МІК-51Н, МІК-52 та МІК-52Н, МІК-53Н та регулятор МІК-127 містять бібліотеку функціональних блоків, достатню для того, щоб вирішувати порівняно складні завдання автоматичного регулювання та логіко-програмного управління .

Бібліотека функціональних блоків умовно поділена на розділи, наведені в таблиці 2.1:

Таблиця 2.1 - Розділи бібліотеки функціональних блоків

Розділ	Найменування розділу	Перелік функціональних блоків
1	Функціональні блоки введення-виведення	Інтерфейсний вхід-вихід, аналоговий вхід-вихід, дискретний вхід-вихід, імпульсний вхід, частотний вхід, порожній блок, керований дискретний/аналоговий вихід.
2	Математичні функціональні блоки	Множення, підсумовування з масштабуванням, розподіл, корінь квадратний, абсолютне значення, інтегрування, диференціювання із затримкою, обчислення вологості, експоненти, логарифма натурального та десяткового.
3	Логічні функціональні блоки	Логічне І, багатовхідне І, логічне АБО, багатовходове АБО, що виключає АБО, мажорування, тригер, регістр, виділення фронту, кодування та декодування сигналів.
4	Функціональні блоки керування програмою	Мінімум, максимум, ковзне середнє, затримка, екстремум, обмеження, обмеження швидкості, перемикач, перемикач за номером, компаратор, таймер, лічильник, одновібратор, мультивібратор, імпульсатор, блок запам'ятовування,
5	Функціональні блоки керування технологічним процесом	Фільтр, масштабування, кусково-лінійна функція, уставка аналогова, уставка часу, програмний задавач, таймер-сигналізатор реального часу, лінійна зміна параметра, панель користувача, логічна покрокова програма, блок синхронізації часу.
6	Функціональні блоки регуляторів	Регулятор аналоговий, регулятор каскадний, регулятор імпульсний, регулятор аналоговий з розширеними функціями, регулятор імпульсний з розширеними функціями, аналоговий дельта-регулятор, імпульсний дельта регулятор, коректор динамічний, коректор статичний.
7	Функціональні блоки керування станом	Блоки «якщо», «тоді», блок станів, дискретна уставка, вибір з безлічі, детектор.

Частина бібліотечних функціональних блоків виконує особливе завдання: вона пов'язує апаратуру контролера з основною масою функціональних блоків. До цих «зв'язкових» функціональних блоків відносяться: функціональні блоки введення та виведення аналогових та дискретних сигналів, функціональні блоки обслуговування лицьової панелі, функціональні блоки прийому та передачі сигналів через інтерфейсний канал, а також блоки зв'язку внутрішнього годинника контролера з програмою користувача.

Апаратні елементи структури контролера (вхідні та вихідні УСО, лицьова панель, інтерфейсний канал) починають виконувати свої функції лише після того, як будуть використані будь-які відповідні функціональні блоки.

Версія програмного забезпечення контролера визначає версію бібліотеки алгоритмів, що він підтримує. Версія №1 бібліотеки алгоритмів контролера МІК-51 є базовою бібліотекою і включає 80 функціональних блоків. Кожна наступна бібліотека включає всі функціональні блоки попередньої, а також нові FBD-блоки. Зміни у версіях бібліотеки алгоритмів наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Версії бібліотек

Версія програмного забезпечення	Версія бібліотеки алгоритмів	Додані FBD-блоки
0 ÷ 35	1	-
36 ÷ 44	2	IF(80) – Якщо THEN(81) – Тоді STATE(82) – Блок станів dSET(83) – Уставка дискретна CASE(84) – Вибір із множини
45	3	EXP(72) – Блок обчислення експонентів LN(73) – Блок обчислення натурального логарифму LOG(74) – Блок обчислення десяткового логарифму
46 ÷ 52	4	DETECT(86) – Детектор увімкнення живлення або запуску програми користувача
60 ÷ 63	6	DIN2_FRQ(67) – Блок вимірювання частоти із резервуванням
64 ÷ 65	7	PID_R(90) – аналоговий Регулятор з альтернативною схемою переходу між режимами PID_IMP_R(91) – Регулятор імпульсний з альтернативною схемою переходу між режимами
89	8	DIN_GR(77) – Блок групового дискретного введення DOT_GR(78) – Блок групового дискретного виводу

2.2 Програмування функціональними блоками

Програма користувача складається з окремих ланок – функціональних блоків, у кожний з яких закладено функціонал, об'єднання яких дає змогу автоматизувати технологічний процес.

Система програмування реалізована відповідно до вимог стандарту Міжнародної електротехнічної комісії (МЕК) IEC 1131-3 та призначена для розробки програмного забезпечення призначеного для збору даних та управління технологічними процесами, що виконуються на програмованих контролерах.

Як мову програмування в системі реалізовано мову функціональних блокових діаграм Function Block Diagram (FBD), що надає користувачеві механізм об'єктного візуального програмування.

Докладніше у розділах 4та 7 керівництва ПРМК.421457.005 РЕ1 представлені:
• можливості, завдання та правила конфігурування,
• порядок обслуговування функціональних блоків;
• технологічне програмування функціональними блоками,
• налаштування та контроль входів-виходів блоків та параметрів.

При програмуванні функціональними блоками здебільшого діють правила:

• функціональним блокам надаються порядкові номери, які ідентифікують блок у системі, а також визначають черговість виконання блоків у програмі;

• функціональному блоку може бутиприсвоєно будь-який порядковий номер, але не повинно бути прогалин у їх нумерації;

• в одній програмі функціональні блоки того самого типу можна використовувати багаторазово;

• не може бути вільних (непідключених) входів функціонального блоку, кожен не підключений вхід призведе до зупинки компіляції програми, і така програма не буде виконуватися, доки зв'язок не буде створено або відновлено;

• допускаються зв'язки входів та виходів будь-якого типу, т.к. Перетворення типів здійснюється автоматично.

З цих правил є такі винятки:

• для деяких функціональних блоків є обмеження на кратність використання в межах одного контролера. Так, панель користувача, ПІД-регулятор, програмний задавач та покрокова логічна програма можуть використовувати лише 9 разів.

2.3 Умовні позначення

При описі функціональних блоків ПІД-регуляторів використовується єдина система позначень. Сигнали та параметри налаштування в загальному випадку позначаються так:

префіксІМЯ_СУФФІКС або префікс.СУФФІКС

В окремому випадку префікс та/або суфікс позначення сигналу може бути відсутнім. Наприклад:

Префікс або ІМ'Я_СУФФІКС або ІМ'Я.

Префікс позначає тип сигналу. Наприклад, дискретний, аналоговий, тимчасовий, числовий тощо. Префікс вводиться перед іменем малими літерами. Типи префіксів, що використовуються при позначенні сигналів, наведені у таблиці 2.3.

Суфікс вказує на додаткову або додаткову інформацію про сигнал. Наприклад, гістерезис, мінімальне чи максимальне значення сигналу тощо. Суфікс вказується після імені великими літерами після символу підкреслення. Типи суфіксів, що використовуються при позначенні сигналів, наведені у таблиці 2.4.

Ім'я (корінь) вхідного або вихідного сигналу параметра вказує на його функціональне призначення. Наприклад: скидання, запуск, вхід, вихід, задане значення, період часу тощо. При позначенні імені сигналу використовуються великі літери. Ім'я сигналу або параметра може складатися з декількох імен з роздільником або без нього. Типи імен сигналів наведено у таблиці 2.5.

Для позначення кількох однотипних сигналів та параметрів використовується індексація: наприклад, SP_1, SP2, T3, TM1, TM4, IN1, IN2, OUT1, OUT2 і т.д.

Приклад позначення сигналів та параметрів:

dDN - дискретний сигнал, що вказує на зменшення сигналу,
dERROR - дискретний сигнал про помилку
dMAN - дискретний сигнал, що вказує на ручний режим,
dOUT_L - дискретний сигнал, що вказує на мінімальне значення параметра,
dRESET - дискретний сигнал скидання,
eINP - дискретний вхідний сигнал, що обробляється фронтом,
tFLT - аналоговий параметр – час фільтра,
nINP - числове значення, наприклад, номер входу,
OUT_H - аналоговий параметр, обмеження виходу (максимальне значення),
INP2 - аналоговий параметр, значення 2-го входу,
GAIN5 - аналоговий параметр, коефіцієнт посилення 5-го входу суматора.

Таблиця 2.3 - Перелік префіксів, що використовуються в назвах

Префікс	Найменування	Формат даних	Призначення
d	Digital	Ціле стандартне	Дискретний сигнал
e	Edge impulse	Ціле стандартне	Фронт або спад дискретного сигналу
c	Count digital	Ціле стандартне	Рахунковий вхід
n	Номер	Ціле стандартне	Номер
q	Quantity	Ціле стандартне	Кількість
t	Time	Ціле довге	Час
-(Префікс відсутній)	Real	Речове	Аналогова змінна

Таблиця 2.4 - Перелік суфіксів, що використовуються в назвах

Суфікс	Найменування	Призначення
_DIS, _DI	Disable	Заборона
_EN	Enable	Дозвіл
_EXT	External	Зовнішній
_H, _h, .h	High	Максимум
_HYS, .hys	Hysteresis	Гістерезис
_L, _l, .l	Low	Мінімум
_M, .M, .m	Master	Майстер, ведучий (для регуляторів)
.max	Maximum	Максимальне значення
.min	Minimum	Мінімальне значення
.rate, .r	Rate	Швидкість; частота
.rng	Range	Діапазон
_S, .S, .s	Slave	Ведений (для регуляторів)
_VAL, _V, .V	Value	Значення

Таблиця 2.5 - Перелік використовуваних імен вхідних, вихідних сигналів та властивостей функціональних блоків

Ім'я	Найменування	Призначення
ACK	Acknowledge	Квітування
ALM	Alarm	Аварійний сигнал
ALG	Algorithm	Алгоритм
BIAS	Bias	Зміщення
BKCAL		
BL	Block	Блок
BL.TM1	Block Timer 1	N блоку координат часу 1гр
BL.SP1	Block Setpoint 1	N блоку координат завдань 1гр
BL.TM2	Block Timer 2	N блоку координат часу 2гр
BL.SP2	Block Setpoint 2	N блоку координат завдань 2гр
CAS	Cascade	Каскадний
CORR	Correction	Корекція
CNT	Count	Лічильник
CTRL	Control	Управління
DELAY	Delay	Затримка
DELTA	Delta	Відхилення
DIR	Direction	Напрям
DIS	Disable	Вимкнути
DISP	Display	Дисплей
DN	Down	Зменшення, вниз
END	End	Кінець, завершення
ERR	Error	Помилка; похибка
EXT	External	Зовнішній
FB	Feedback	Зворотній зв'язок
FF	Feedforward	Попередження
FLT	Filter	Фільтр
FUNC	Function	Функція
GAIN	Gain	Посилення
INP, IN	Input	Вхід
Kp		Коефіцієнт посилення, масштабний коефіцієнт.
LAG	Lag	Затримка
LIM	Limit	Кордон, межа
LOC	Local	Локальний
MODE	Mode	Режим
MAN	Manual	Ручний
MAX	Maximum	Максимальне значення
MIN	Minimum	Мінімальне значення
NOISE	Noise	Перешкода; тривалість перешкоди
OFFSET	Offset	Зміщення, початкове значення
OPT	Option	Опція
OUT	Output	Вихід
PV	Process variable	Параметр регульований, що індикується
RANGE, RNG	Range	Діапазон
RATE	Rate	Швидкість; частота
REM	Remote	Віддалений
REP	Reply	Повторення
RST	Reset	Скидання
SCAL	Scale	Шкала, масштаб
SP	Setpoint	Задана точка
SP0	Setpoint 0	Початкове значення заданої точки
STAT	Status	стан
START	Start	Пуск
STOP	Stop	Команда зупинки
STEP	Step	Крок
Td		Час диференціювання
Ti		Час інтегрування
TM	Time	Час; період часу
TOKEN		Ознака
TRK	Tracking	Стеження
TYPE	Type	Тип
UP	Up	Збільшення, вгору

2.4 Сигнали та параметри

2.4.1 Типи сигналів, параметрів та типи даних

Незважаючи на те, що вхідні та вихідні сигнали контролера можуть бути лише двох видів - аналогові та дискретні, функціональні блоки розраховані на обробку сигналів, що мають великі різноманітності.

Наявність різноманітних сигналів пов'язаний з двома обставинами. По-перше, у складі бібліотеки є функціональні блоки, пов'язані з відліком реального часу (таймери, програмні задавачи тощо) та з рахунком числа подій (лічильники). По-друге, як зазначалося в п. 4.3.1 (див. Посібник *ПРМК.421457.005 РЕ1*), параметри налаштування функціональних блоків задаються за допомогою сигналів на його установках, а параметрів налаштування з точки зору їх формату мають велику різноманітність.

У табл. 2.6 представлений повний перелік сигналів, що обробляються функціональними блоками. У зв'язку з тим, що параметри налаштування можуть задаватися аналогічними сигналами, що надходять на налаштування функціональних блоків, в таблиці не робиться відмінності між сигналами і параметрами налаштування. У табл. 2.6 наведено максимальний діапазон зміни сигналів. У конкретному функціональному блоці діапазон може бути обмежений: наприклад, вихідний сигнал функціонального блоку регулювання обмежений встановленими рівнями вбудованого обмежувача; числовий сигнал, що характеризує номер поточної ділянки програми, обмежений параметром функціонального блоку програмного задавача, що задає кількість ділянок, і т.п.

Перелік сигналів, що обробляються функціональними блоками, включає такі типи:

- аналоговий (вимірювані параметри, значення аналогових входів-виходів, технічні одиниці, коефіцієнт, швидкість зміни параметра тощо);
- дискретний, імпульсний;
- числовий;
- тимчасовий (уставка часу, тривалість імпульсу).

У контролері все описане вище різноманіття типів сигналів та параметрів налаштування обслуговується загальноприйнятим набором типів даних.

При цьому забезпечується простий інтерфейс із базами даних інших мов програмування, що сприяє уніфікації та розвитку програмного забезпечення контролера. У таблиці 2.6. представлений набір типів даних мови, що використовуються під час реалізації функціональних блоків.

Таблиця 2.6 – Типи даних

Найменування типу	Діапазон зміни*	Об'єм пам'яті	Кількість використовуваних регістрів
Дискретне	0 або 1	2 байти	1 регістр
Ціле стандартне	-32768 … 32767	2 байти	1 регістр
Ціле довге	-2147483648 … 2147483647	4 байти	2 регістри
Речове	-3,4 x10 +38 … 3,4 x10 +38	4 байти	2 регістри

* Примітка. Діапазон зміни типів даних на лицьовій панелі контролера обмежений відповідно до числа від -9999 до 9999.У зв'язку з чим деякі сигнали також обмежені діапазоні -9999 – +9999.

Відповідність типів даних, типів сигналів та параметрів налаштування функціональних блоків наведено у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 - Відповідність типів даних, типів сигналів та параметрів налаштування.

Сигнали та параметри налаштування функціональних блоків	Розмірність	Типи даних
1 Аналоговий (вимірювані параметри, значення аналогових входів-виходів, технічні одиниці, коефіцієнт, швидкість зміни параметра і т.п.	% або технічні одиниці	Речовий
2 Дискретний, імпульсний	0 / 1	Ціле стандартне
3 Числовий	-	Ціле стандартне
4 Тимчасовий (час, тривалість імпульсу)	десяті частки секунд, секунди, хвилини, годинник для індикації: 0 – 99ч 59м (0 – 3599999 – для зміни параметрів мережі)	Ціле довге

Розмірність аналогових сигналів і параметрів, а також швидкості зміни визначається в процесі калібрування контролера і може бути задана або у відсотках, або в технічних одиницях.

Розмір тимчасових параметрів визначається діапазоном часу конкретного функціонального блоку (години, хвилини або хвилини, секунди відповідно).

У процесі обчислень значення сигналів та параметрів контролера автоматично обмежуються діапазоном зміни відповідних типів даних.

При контролі аналогових сигналів у технічних одиницях на цифрових індикаторах роздільна здатність індикації не перевищує 0,001 одиниць (або 0,01%).

Аналогові сигнали формуються на виході таких функціональних блоків, як регулятори, суматори, задавачі, інтегратори і т. д. До аналогових сигналів відносяться такі параметри налаштування, як межі спрацьовування компаратора, рівень обмеження тощо. контролера сигнал змінюється в діапазоні 0-100% на виході функціональних блоків аналоговий сигнал може змінюватися у ширшому діапазоні – у діапазоні відповідних типів даних. Це дозволяє, наприклад, складати два числа, кожне з яких дорівнює 90% і на виході суматора отримувати правильний результат. Якщо результат яких-небудь обчислень виявляється більше встановленого типу даних, сигнал на виході функціонального блоку обмежується значеннями відповідного типу даних.

Тимчасові сигнали формуються на виході таймерів, програмних задавачів, одновібраторів тощо функціональних блоків. До тимчасових сигналів відносяться такі параметри налаштування, як постійні часу, довжина ділянки, час витримки тощо. У контролері передбачені чотири розмірності для тимчасових сигналів: десяті частки секунд, секунди, хвилини та години. Конкретна розмірність визначається відповідним типом функціонального блоку (див. табл. 2.7).

Для тимчасових сигналів мінімальний крок зміни та установки насправді реалізується тільки якщо цей крок більше часу циклу, з яким працює контролер.

Числові сигнали– це сигнали на виході лічильника чи інших функціональних блоках, робота яких пов'язані з відліком подій. Числовими можуть бути параметри налаштування, наприклад, число може задати граничне значення сигналу на виведенні лічильника, номер етапу, до якого повинна перейти логічна програма і т.п.

Дискретні сигнали зазвичай обробляються логічними функціональними блоками та функціональними блоками, пов'язаними з перемиканням сигналів. Однак дискретними можуть бути параметри налаштування. Наприклад, дискретні сигнали у функціональному блоці завдання визначають, чи має виконуватися статичне та динамічне балансування.

Масштабний коефіцієнт– це параметр налаштування ряду функціональних блоків, де потрібне масштабування сигналів. Так, цей коефіцієнт використовується у функціональних блоках аналогового введення та виведення, підсумовування з масштабуванням тощо. п. Коефіцієнт пропорційності використовується в основному у функціональних блоках регулювання.

Швидкість зміни аналогових сигналів– це параметр налаштування, який задає, наприклад, швидкість зміни при динамічному балансуванні або задає обмеження швидкості у функціональному блоці обмеження швидкості.

Тривалість імпульсу– це налаштування функціонального блоку імпульсного виведення. Цей параметр визначає мінімальну тривалість імпульсу, що формується імпульсним регулятором. Тривалість імпульсу відраховується у десятих частках секунди.

Технічні одиниці- Це параметри налаштування функціональних блоків оперативного контролю. За допомогою цих параметрів визначається формат числа, в якому контрольовані параметри (наприклад, параметр, завдання, неузгодженість тощо) виводяться на індикатори лицьової панелі.

2.4.2 Взаємна відповідність сигналів та параметрів

При конфігуруванні функціональних блоків різнотипність сигналів на входах, що з'єднуються, не є перешкодою для їх з'єднання. Єдине, що необхідно враховувати - це взаємне відповідність діапазону зміни різних сигналів.

Наприклад, якщо тимчасовий вихід таймера зв'язати з аналоговим входом суматора, значення на вході суматора визначатиметься відповідно до співвідношення: X = 10*T.

Взаємне співвідношення є як між безперервними сигналами, а й між безперервними сигналами, з одного боку, і дискретними з іншого. Якщо, наприклад, вхід суматора зв'язати з виходом логічного функціонального блоку, то при зміні сигналу на виході останнього з нуля на одиницю сигнал на вході суматора дискретно буде змінюватися з 0 на 1 (одиниць або %).

Взаємна відповідність різних сигналів на виходах та входах функціональних блоків наведено у табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Взаємна відповідність сигналів.

Сигнал на вході блоку (приймач)	**Сигнал на виході блоку (джерело)**			
	Аналоговий, X,%	**Тимчасовий, T**	**Числовий, N**	**Дискретний, D**
Аналоговий, X,%	X = X	X = 10 * T	X = N	X = 0, за D = 0 X = 1, за D = 1
Тимчасовий, T	T = ціла частина X	T = T	T = 0,1 * N	T = 0, при D = 0 T = 0,1, при D = 1
Числовий, N	N = ціла частина X	N = 10 * T	N = N	N = 0, за D = 0 N = 1, при D = 1
Дискретний, D	D = 1, за X > 0 D = 0, при X ≤ 0	D = 1 за будь-якого T	D = 1, за N > 0 D = 0, при N ≤ 0	D = D

3 Функціональні блоки входу-виходу

3.00 NOP (00) - Порожній функціональний блок

Призначення

Функціональний блок застосовується для заповнення прогалин у нумерації функціональних блоків.

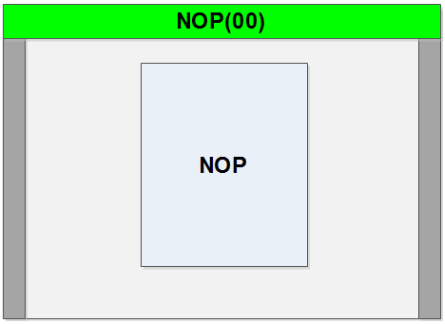


Рисунок 3.00.1 - Функціональна схема блоку NOP (00)

Приклад застосування (%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_00.fbx)

Постановка задачі: Існуюча програма використовується для передачі даних на верхній рівень (СКАДА систему), тобто 1 і 3 функціональні блоки повинні бути з постійними номерами, при цьому утворюється пробіл у нумерації – блок №2, для коректної роботи контролера в ньому повинні бути записані всі блоки від 1 до N. Даний пропуск замінюємо порожнім функціональним блоком.

Рішення:

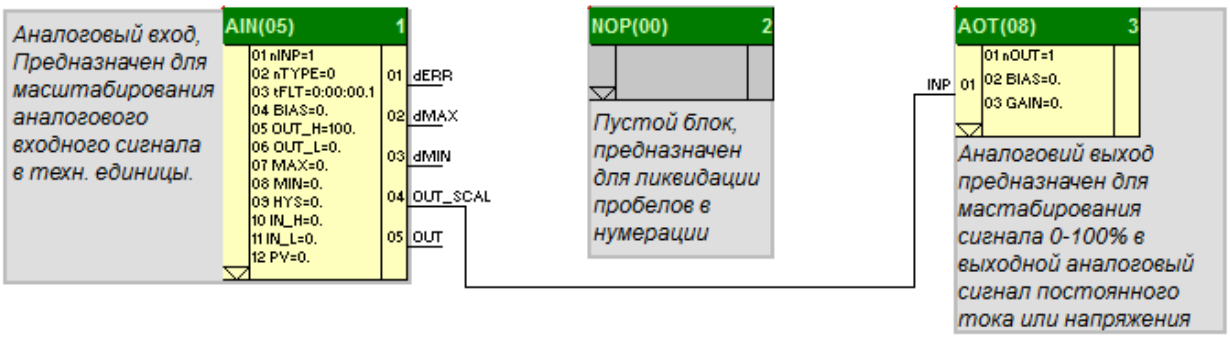


Рисунок 3.00.2 – Приклад роботи блоку NOP(00)

3.01 LAN_SV (01) - Інтерфейсний супервізор (диспетчер мережі)

Призначення

Функціональний блок використовується для організації обміну параметрами (запланованими повідомленнями), які передає до мережі інший контролер за допомогою блоку LAN_OUT.

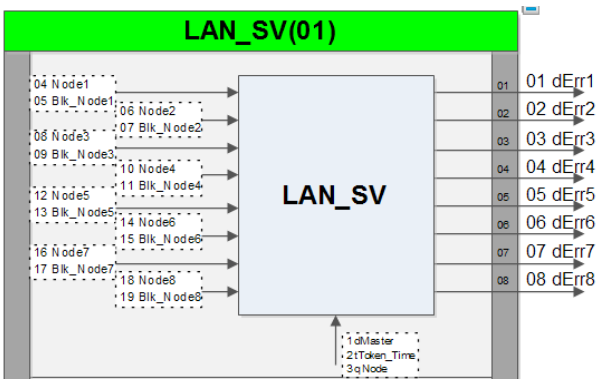


Рисунок 3.01.1 – Функціональна схема блоку LAN_SV (01)

Опис функціонального блоку

Встановлення параметра dMASTER = 1 переводить диспетчер мережі на активний стан. При цьому функцію майстра передачі бере на себе контролер, і виключає паралельне опитування іншими програмними продуктами.

Диспетчер містить список пристроїв, вміст блоків LAN_OUT(04) яких має періодично передаватися до мережі. Коли для пристрою настає час передачі, диспетчер видає повідомлення про ініціацію розсилки даних (функція MODBUS 81).

Після отримання повідомлення про ініціацію розсилки даних пристрій передає дані блоку LAN_OUT в мережу. Усі пристрої, запрограмовані для отримання цих повідомлень за допомогою блоку LAN_IN, приймають ці дані.

Список параметрів містить адреси пристроїв (NODEn) та номер (Blk_NODEm) блоків LAN_OUT цих пристроїв, дані яких повинні періодично передаватися до мережі. Кількість пристроїв, які беруть участь у запланованому обміні повідомленнями на заданий момент, визначається параметром qNODE.

Іншим пристроям, підключеним до мережі, надається можливість надсилання "незапланованих" повідомлень в інтервалі часу між передачами запланованих повідомлень.

Диспетчер надає Вашому пристрою доступ до мережі, надаючи в пристрій повідомлення маркера (функція 82). Пристрій, що прийняв маркер, дозволяється надсилати незаплановані повідомлення, доки не закінчиться максимальний час володіння маркером (tTOKEN_TIME). Якщо пристрій закінчить передачу раніше, є можливість передати маркер диспетчеру раніше (функція 83), що покращить пропускну здатність мережі.

На виходах dERR(n) встановлюється «1», якщо контролер з мережевою адресою «n» не відповів на запит.

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 3.01.1.

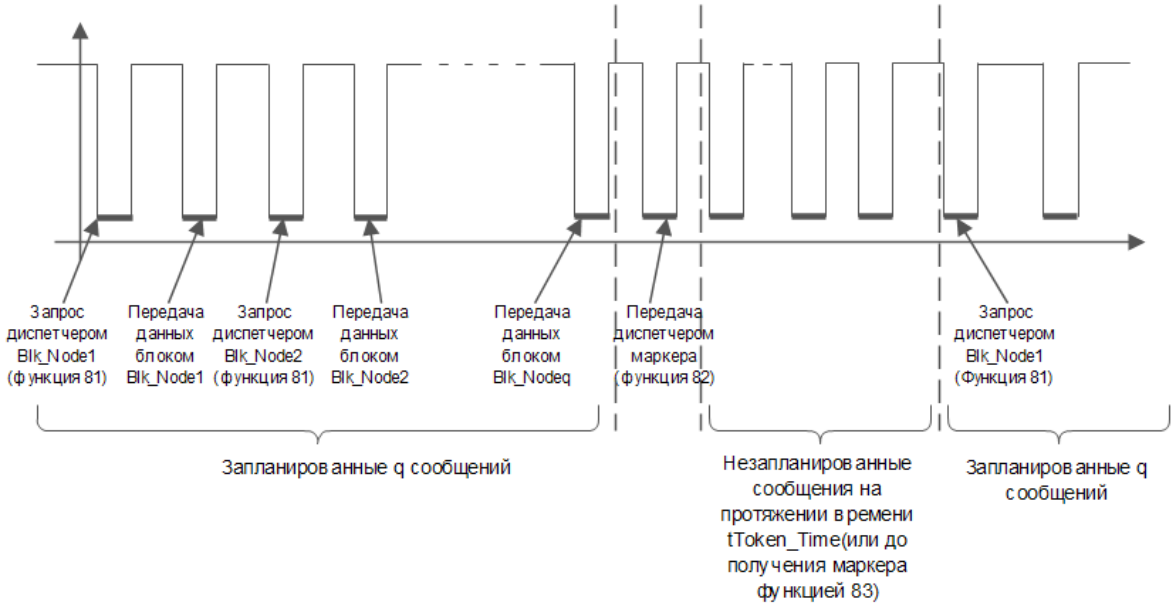


Рисунок 3.01.2 – Робота мережі під час використання диспетчера LAN_SV(01)

Таблиця 3.01.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Параметри				
01	dMASTER	0 / 1	0	Дозвіл функції диспетчера мережі. Увімкнення міжконтролерного обміну.
02	tTOKEN_TIME	Час (Довге ціле)	0	Максимальний час володіння маркером інших пристроїв, (мс).
03	qNODE	1 – 8	0	Кількість пристроїв, що передають заплановані повідомлення
04	NODE1	1 – 255	0	Мережева адреса 1-го джерела, що передає (контролера з блоком LAN_OUT)
05	Blk_NODE1	1 – 99	0	Порядковий номер функціонального блоку (джерела) LAN_OUT
06	NODE2	1 – 255	0	--//--
07	Blk_NODE2	1 – 99	0	--//--
08	NODE3	1 – 255	0	--//--
09	Blk_NODE3	1 – 99	0	--//--
10	NODE4	1 – 255	0	--//--
11	Blk_NODE4	1 – 99	0	--//--
12	NODE5	1 – 255	0	--//--
13	Blk_NODE5	1 – 99	0	--//--

Продовження таблиці 3.01.1

14	NODE6	1 – 255	0	--//--
15	Blk_NODE6	1 – 99	0	--//--
16	NODE7	1 – 255	0	--//--
17	Blk_NODE7	1 – 99	0	--//--
18	NODE8	1 – 255	0	--//--
19	Blk_NODE8	1 – 99	0	--//--
Виходи				
01	dErr1	0 / 1		Ознака відсутності зв'язку з контролером NODE1
02	dErr2	0 / 1		Ознака відсутності зв'язку з контролером NODE2
03	dErr3	0 / 1		Ознака відсутності зв'язку з контролером NODE3
04	dErr4	0 / 1		Ознака відсутності зв'язку з контролером NODE4
05	dErr5	0 / 1		Ознака відсутності зв'язку з контролером NODE5
06	dErr6	0 / 1		Ознака відсутності зв'язку з контролером NODE6
07	dErr7	0 / 1		Ознака відсутності зв'язку з контролером NODE7
08	dErr8	0 / 1		Ознака відсутності зв'язку з контролером NODE8

Приклад застосування (%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_01_04.fbx)

Постановка задачі: Необхідно передати значення з функціонального блоку SP(53)_03 до іншого контролера (з порядковим номером 10) за інтерфейсом.

Рішення:

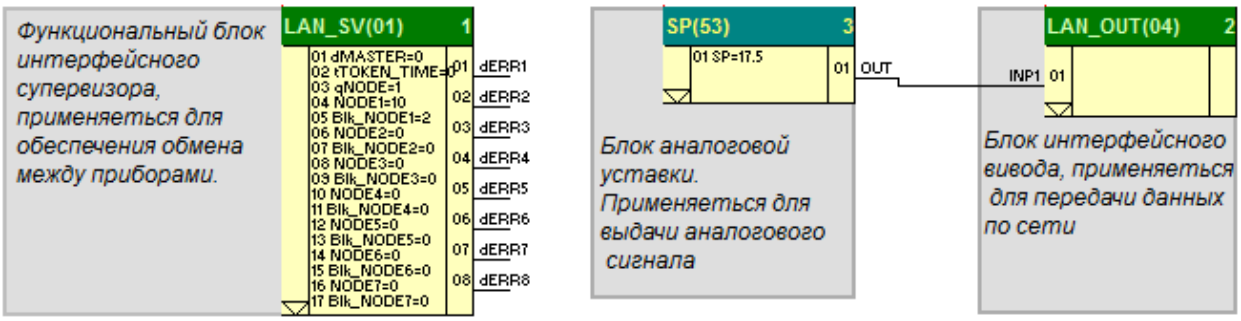


Рисунок 3.01.3 – Приклад роботи блоку LAN_SV(01)

3.02 DIN_FRQ (02) - Частотний вхід

Призначення

Функціональний блок застосовується для зв'язку функціональних блоків з апаратними засобами дискретних входів, а саме дискретного входу №3.

Блок застосовується для контролерів МІК-51, МІК-51Н, МІК-52, МІК-52Н.

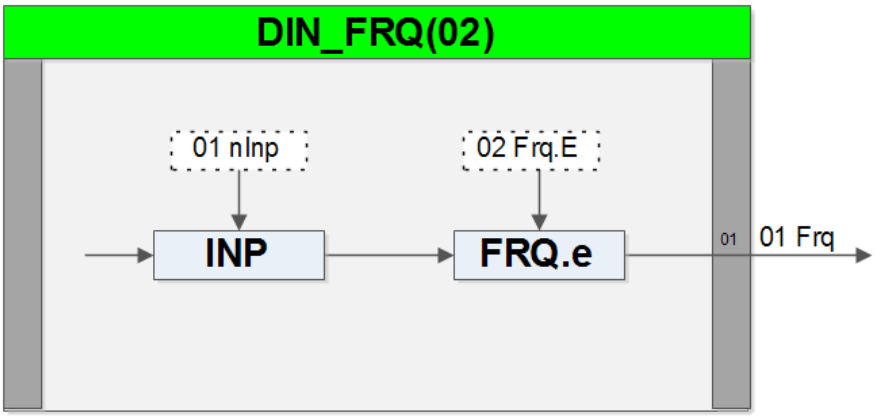


Рисунок 3.02.1 – Функціональна схема блоку частотного введення DIN_FRQ(02)

Опис функціонального блоку

Функціональний блок застосовується визначення частоти імпульсів, які надходять на дискретний вхід DI3. Мінімальна частота вхідних імпульсів вказується параметром FRQ.e і має бути щонайменше 1 Гц. Максимальна частота вхідних імпульсів – не більше 2 кГц.

Параметри та виходу блоку представлені у таблиці 3.02.1.

Таблиця 3.02.1

Параметри – виходи				Призначення
No	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Параметри				
01	nINP	3	3	Номер частотного дискретного входу
02	FRQ.e	Речове	0.01	Мінімальна частота
Вихід				
01	FRQ	Речове		Частота імпульсів

Приклад застосування (%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_02.fbx)

Постановка задачі: необхідно вимірювати поточну частоту (0-25 Гц), що подається від давача витрати, перетворити у вихідний сигнал 0-10 л/с і вивести на панель індикації приладу. Основною умовою є те, що частота не повинна опуститись нижче 1 Гц.

Рішення:

Рисунок 3.02.2 – Приклад роботи блоку DIN_FRQ(02)

Примітка: функціональний блок додано з версії прошивки 51.62.

3.03 LAN_IN (03) – Інтерфейсний вхід

Призначення

Функціональний блок застосовується в тих випадках, коли контролер повинен приймати параметри, які передає в мережу інший контролер за допомогою блоку LAN_OUT.

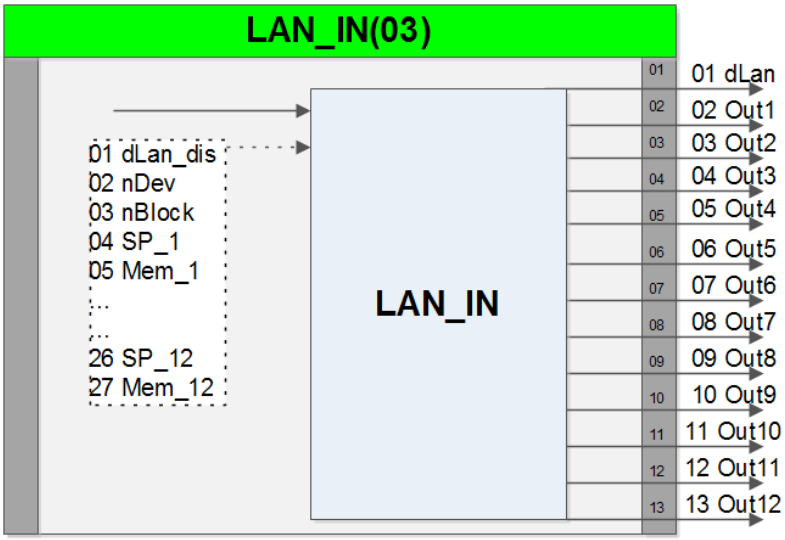


Рисунок 3.03.1 – Функціональна схема блоку Інтерфейсний ввід LAN_IN(03)

Опис функціонального блоку

Якщо будь-які функціональні блоки одного контролера повинні приймати сигнали від іншого контролера, їх входи стандартної конфігурації з'єднуються з виходами блоку інтерфейсного введення LAN_IN(03).

Параметр nDEV вказує мережну адресу контролера, а параметром nBLOCK вказується порядковий номер блоку LAN_OUT в програмі користувача.

За допомогою dLAN_DIS можна вимкнути цей блок. Тоді виходи блоку дорівнюватимуть відповідним параметрам SP (OUT_01=SP_1, OUT_02=SP2 і т.д.).

Один функціональний блок інтерфейсного входу LAN_IN(03) організує зв'язок лише з одним блоком LAN_OUT з контролера. Якщо цьому контролеру необхідно зв'язатися з кількома контролерами, необхідно запрограмувати кілька функціональних блоків інтерфейсного введення LAN_IN(03).

У кожному контролері може встановлюватись будь-яке число функціональних блоків інтерфейсного введення-виводу. Кожен контролер може передавати до мережі довільну кількість сигналів.

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 3.03.1.

Таблиця 3.03.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Параметри				
01	dLAN_DIS	0 / 1	0	Заборона обміну через мережу
02	nDEV	0 – 255	0	Мережева адреса приладу (джерела) із блоком LAN_OUT
03	nBLOCK	0 – 99	0	Порядковий номер функціонального блоку (джерела) LAN_OUT
04	SP_1	*	0	Початкове значення виходу OUT_1
05	MEM_1	*	0	Останнє значення виходу OUT_1
06	…		0	
07	…		0	
…				
26	SP_12	*	0	Початкове значення виходу OUT_12
27	MEM_12	*	0	Останнє значення виходу OUT_12
Виходи				
01	dLAN	0 / 1		Індикатор обміну: 0 – обмін відсутній, 1 – обмін працює.
02	OUT_1	*		Вихід 1
03	OUT_2	*		Вихід 2
04	OUT_3	*		Вихід 3
05	OUT_4	*		Вихід 4
06	OUT_5	*		Вихід 5
07	OUT_6	*		Вихід 6
08	OUT_7	*		Вихід 7
09	OUT_8	*		Вихід 8
10	OUT_9	*		Вихід 9
11	OUT_10	*		Вихід 10
12	OUT_11	*		Вихід 11
13	OUT_12	*		Вихід 12. Не використовується

Примітка.Типи сигналів відповідних входів блоку LAN_OUT, виходів та параметрів блоку LAN_IN мають збігатися.

Приклад застосування (% Microl Alfa 2.0 examples fbd_03.fbx)

Постановка задачі: Необхідно вивести на передню панель контролера значення, передане мережі функціональним блоком №2 з приладу з порядковою адресою 10.

Рішення:

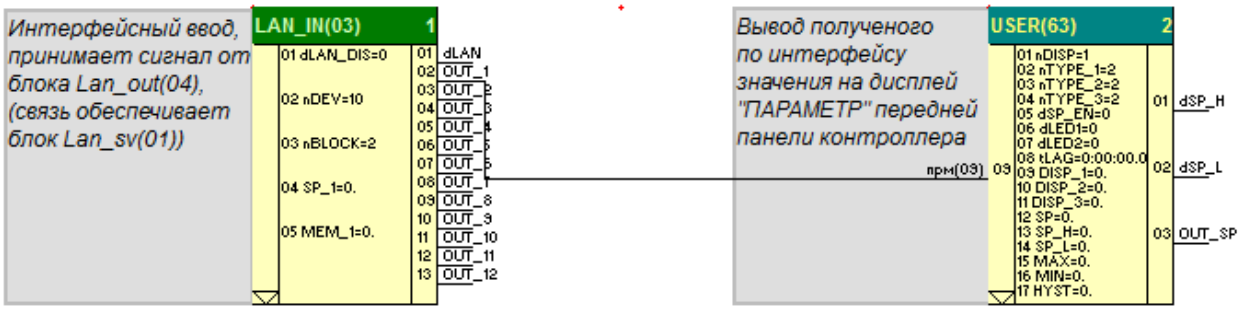


Рисунок 3.03.2 – Приклад роботи блоку LAN_IN(03)

3.04 LAN_OUT (04) - Інтерфейсний вихід

Призначення

Функціональний блок застосовується у тих випадках, коли контролер повинен передавати будь-які сигнали в реальному часі через мережевий канал іншим контролерам.

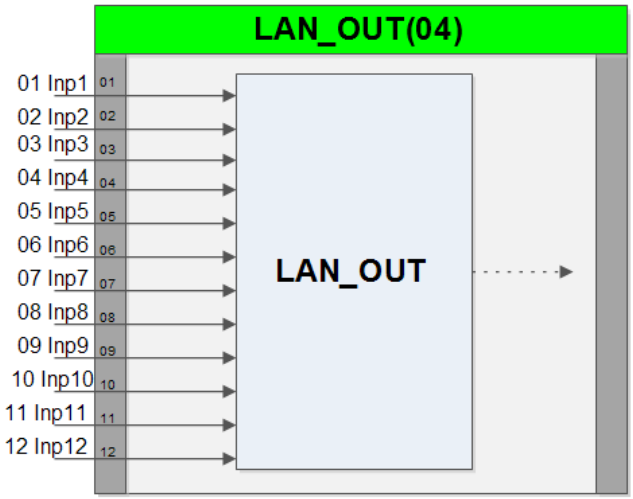


Рисунок 3.04.1 – Функціональна схема блоку інтерфейсного виходу LAN_OUT(04)

Опис функціонального блоку

Якщо вихідні сигнали будь-яких функціональних блоків повинні передаватися інші контролери, відповідні виходи функціональних блоків за стандартною процедурою конфігурування підключаються до входів функціонального блоку інтерфейсного виведення LAN_OUT(04).

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 3.04.1.

Таблиця 3.04.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	IN1			Вхід блоку
02	IN2			Вхід блоку
…	…			
m	INm			Вхід блоку

Приклад застосування (%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_01_04.fbx)

Постановка задачі: Потрібно передати аналогове значення на інший контролер за інтерфейсом.

Рішення:

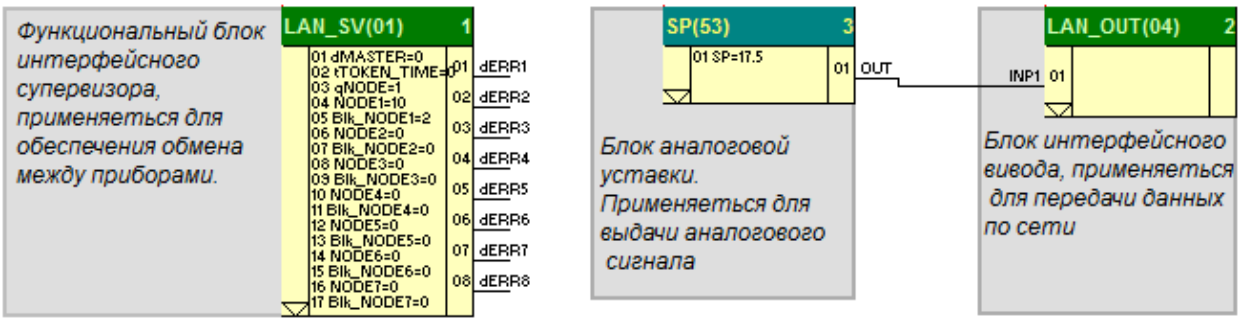


Рисунок 3.04.2 – Приклад роботи блоку LAN_OUT(04)

3.05 AIN (05) – Аналоговий вхід

Призначення

Функціональний блок застосовується зв'язку функціональних блоків з апаратними засобами аналогового входу.

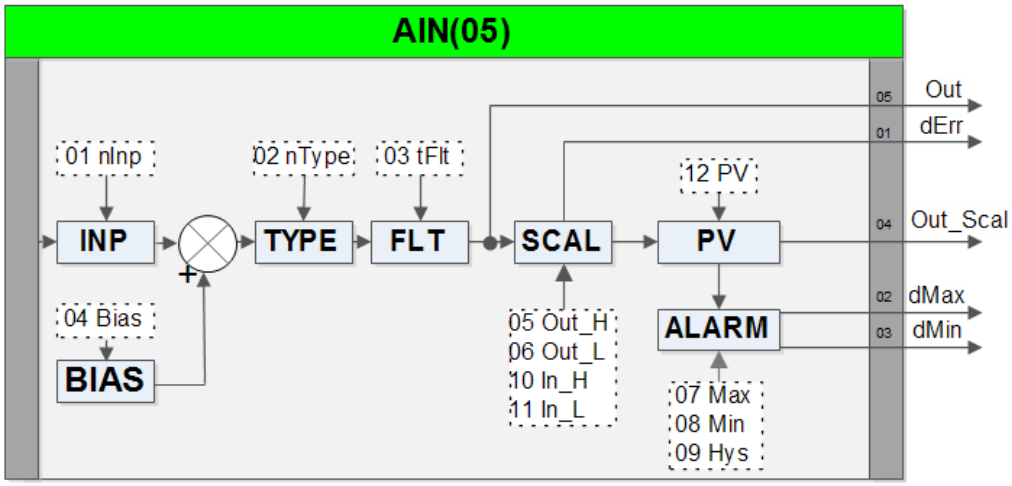


Рисунок 3.05.1 – Функціональна схема блоку аналогового входу AIN(05)

Опис функціонального блоку

Функціональна схема блоку представлена на рис.3.05.1.

Номер аналогового входу контролера, з яким буде зв'язаний блок, вказується параметром nINP. Функціональний блок дозволяє фільтрувати сигнал (за допомогою експонентного фільтра) а також вибрати необхідну шкалу параметра.

Вихідний сигнал блоку OUT дорівнює:

$$OUT_SCAL = (INP - IN_L)*\frac{(OUT_H - OUT_L)}{(IN_H - IN_L)} + OUT_L \qquad (3.05.1)$$

де INP – вхідне значення блоку (після фільтра);

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 3.05.1.

Таблиця 3.05.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням.**	
		Параметри		
1	nINP	1 – (N+1)*	1	Номер аналогового входу
2	nTYPE	0 – 14	0	Тип аналогового входу. 0000 – лінійний 0001 – квадратичний 0002 - ПММ 50М 0003 - ПММ 100М 0004 - гр.23 0005 - ТСП 50П, Pt50 0006 - ТСП 100П, Pt100 0007 - гр.21 0008 - Термопара ТЖК (J), 0 ° ... +1100°C 0009 - Термопара ТХК (L), 0 ° ... +800°C 0010 – Термопара ТХКн (E), 0°…+850°C 0011 - Термопара ТХА (K), 0 ° ... +1300°C 0012 - Термопара ТПП10 (S), 0 ° ... +1600°C 0013 - Термопара ТПР (B), 0 ° ... +1800°C 0014 – Термопара ТВР (A-1), 0°…+2500°C
3	tFLT	0 – 99.59.59.9 (0 – вхід вимкнено)	00:00:00:1	Тимчасова постійна експоненційного фільтра
4	BIAS	Речове	0	Зміщення (н.п. ісп. для компенсації у термопарах)

Продовження таблиці 3.05.1

5	OUT_H	Речове	100.0	Шкала вихідного сигналу (верхня межа)
6	OUT_L	Речове	0	Шкала вихідного сигналу (нижня межа)
7	MAX	Речове	90.0	Уставка сигналізації досягнення входом верхньї межі
8	MIN	Речове	10.0	Уставка сигналізації досягнення входом нижньої межі
9	HYS	Речове	0	Гістерезис сигналізації
10	IN_H	Речове	0	Параметр калібрування. Не використовується
11	IN_L	Речове	0	Параметр калібрування. Не використовується
12	PV	Речове	0	Значення параметра, що подається на вихід блоку
Виходи				
1	dERROR	0, 1		Сигналізація виходу параметра за межі виміру
2	dMAX	0, 1		Сигналізація досягнення входом верхнього кордону
3	dMIN	0, 1		Сигналізація досягнення входом нижньої межі
4	OUT_SCAL	Речове		Вихід блоку (у шкалі)
5	OUT	0 - 100%		Вихід блоку (0 – 100%)

Примітки.

* - базова модель контролера без плат розширення має N+1 аналогових входів (де N це заявлена кількість аналогових входів), де 1 вхід від внутрішнього давача температури навколишнього середовища. У МІК-51(Н) перші два входи універсальні, тобто до них можна підключити типи давачів nTYPE=0000 – 0014, наступні (3, 4) – є уніфіковані струмові входи, для яких nTYPE=0000, 0001. У МІК-52 (Н) та МІК-53Н всі входи уніфіковані, для яких nTYPE=0000, 0001.

Вхід Ai5/Ai9 (nINP=0005/0009) використовується для корекції Е.Д.С. холодного спаю для входів AI1-4 типу nTYPE=0008–0014 та/або для визначення поточної температури зовнішнього середовища. Для Ai5/Ai9 необхідно встановити: OUT_H = 150, OUT_L = -40, nTYPE=0. Вхід калібрується на підприємстві-виробнику.

Для термопар, якими необхідно провести корекцію за температурою зовнішнього середовища у функціональному блоці AIN(05) параметр «BIAS» – необхідно виставити як зв'язковий і на цей вхід подати сигнал із внутрішнього давача температури.

Приклад застосування (% Microl Alfa 2.0 examples fbd_05.fbx)

*Постановка задачі:*При обриві давача, а також при перевищенні уставок максимуму або мінімуму, аналогового вхідного сигналу повинні спрацювати дискретні виходи №1, 2 або 3 відповідно.

Рішення:

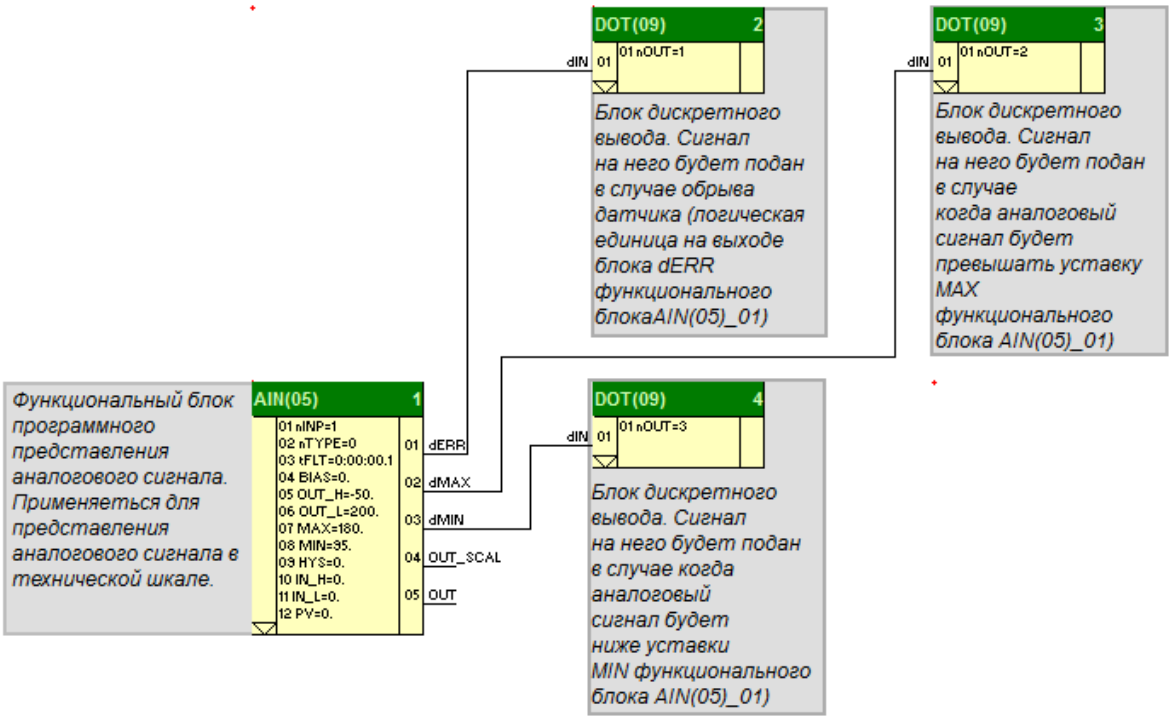


Рисунок 3.05.2 – Приклад роботи блоку AIN(05)

3.06 DIN (06) – Дискретний вхід

Призначення

Функціональний блок застосовується зв'язку функціональних блоків з апаратними засобами дискретного входу.

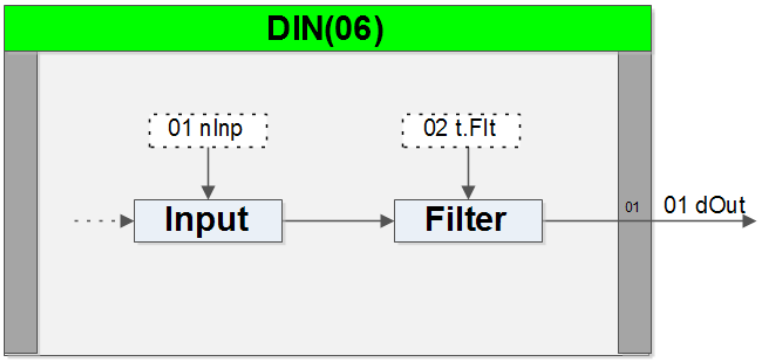


Рисунок 3.06.1 – Функціональна схема блоку дискретного входу DIN(06)

Опис функціонального блоку

Функціональний блок застосовується для зв'язку функціональних блоків з дискретними апаратними входами (DI). Номер дискретного входу (DI) вказується nINP.

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 3.06.1.

Таблиця 3.06.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Параметри				
01	nINP	1 - 24	1	Номер фізичного входу
02	tFLT	Довге ціле	0	Мінімальна тривалість імпульсу. (фільтр входу від брязкоту контактів)
Вихід				
01	dOUT	0, 1		Вихід блоку

Примітка.Для контролера МІК-53Н нумерацію дискретних входів необхідно розпочинати з четвертого номера (встановити значення параметра nINP=4, що відповідатиме першому дискретному входу на контролері).

Приклад застосування (% Microl Alfa 2.0 examples fbd_06.fbx)

*Постановка задачі:*При надходженні сигналу на перший або другий дискретний вхід, на дискретному виході повинна з'явитися логічна «1»

Рішення:

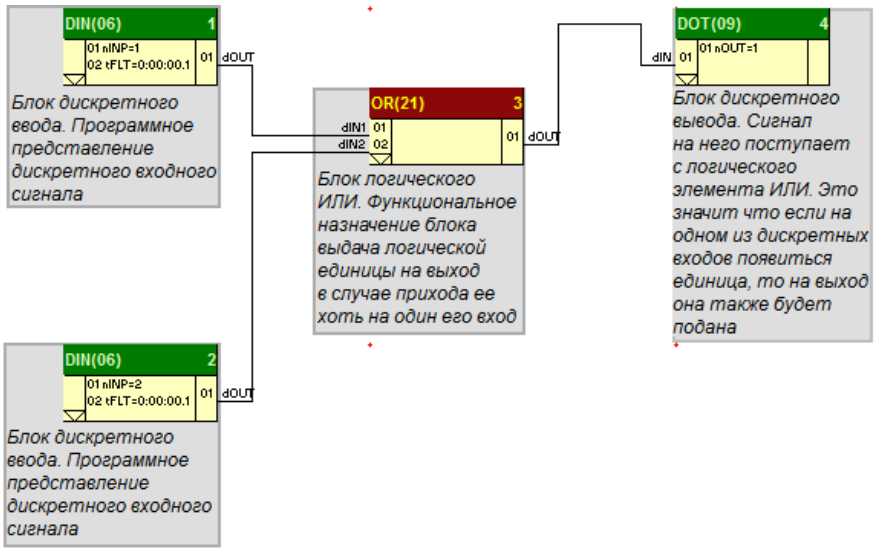


Рисунок 3.06.2 – Приклад роботи блоку DIN(06)

3.07 DIN_CTU (07) – Імпульсний вхід

Призначення

Функціональний блок застосовується для зв'язку функціональних блоків з апаратними засобами дискретного входу №3.

Блок застосовується для контролерів МІК-51, МІК-51Н, МІК-52, МІК-52Н.

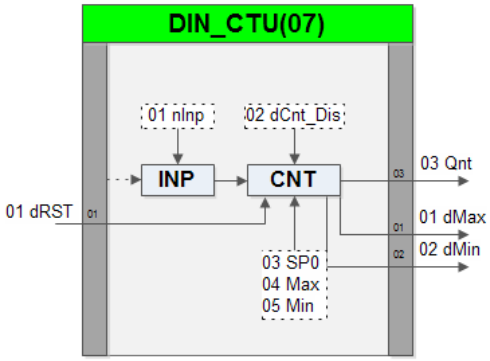


Рисунок 3.07.1 – Функціональна схема блоку імпульсного входу DIN_CTU(07)

Опис функціонального блоку

Функціональний блок застосовується для рахунку імпульсів, які надходять дискретний вхід DI3. Максимальна частота рахунку вхідних імпульсів трохи більше 2кГц. Для блоку рахунку можна вказати початкове значення рахунку, уставки сигналізації MIN і MAX, за якими працюватимуть виходи dMAX, dMIN.

Входи, параметри та виходи блоки представлені у таблиці 3.07.1.

Таблиця 3.07.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Вхід				
01	dRST	0, 1		Скидання лічильника
Параметри				
01	nINP	3	3	Номер лічильного дискретного входу
02	dCNT_DIS	0, 1	0	Заборона рахунку
03	SP0	Довге ціле	0	Початкове значення, зміщення входу
04	MAX	Довге ціле	90	Встановлення сигналізатора максимального значення
05	MIN	Довге ціле	10	Встановлення сигналізатора мінімального значення
Виходи				
01	dMAX	0, 1		Значення лічильника більше значення MAX
02	dMIN	0, 1		Значення лічильника більше значення MIN
03	QNT	Довге ціле		Вихід блоку, лічильний вихід

Приклад застосування (%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_07.fbx)

Постановка задачі: Підрахунок кількості імпульсів при досягненні значення 5000 необхідно скинути показання лічильника і подати на 1 дискретний вихід логічну «1».

Рішення:

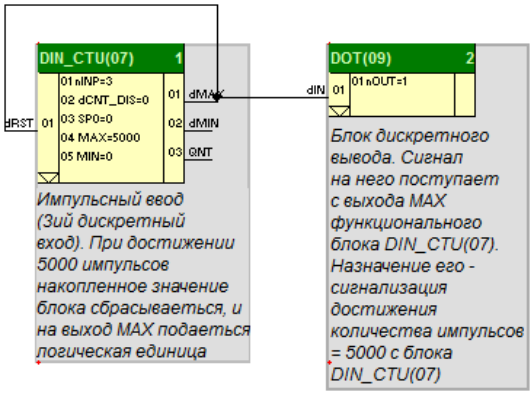


Рисунок 3.07.2 – Приклад роботи блоку DIN_CTU(07)

3.08 AOT (08) - Аналоговий вихід

Призначення

Функціональний блок застосовується зв'язку функціональних блоків з апаратними засобами аналогового виходу (АТ).

Блок застосовується для контролерів МІК-51, МІК-51Н, МІК-52, МІК-52Н.

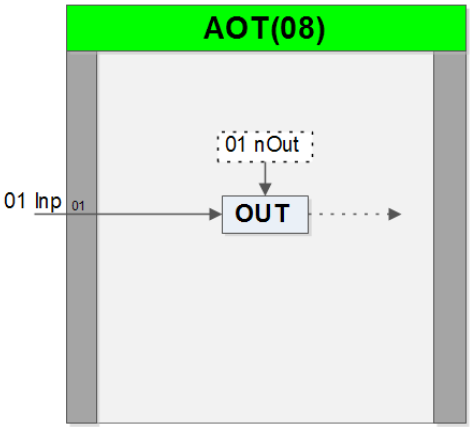


Рисунок 3.08.1 – Функціональна схема блоку аналогового виходу АОТ(08)

Опис функціонального блоку

Номер фізичного аналогового виходу АО, до якого підключається цей функціональний блок, вказується параметром nOUT.

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 3.08.1.

Таблиця 3.08.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Вхід				
01	INP	0 - 100		Вхід блоку
Параметри				
01	nOUT	1 – 4*	1	Номер аналогового виходу
02	BIAS	Речове	0	Зміщення. Не використовується
03	GAIN	Речове	0	Посилення. Не використовується

Примітки. *1. Базова модель контролера без плат розширення має один аналоговий вихід (АО1).

Приклад застосування (%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_08.fbx)

*Постановка задачі:*Аналоговий вхід передати на аналоговий вихід і вивести поточне значення вхідного сигналу на панель індикації контролера

Рішення:

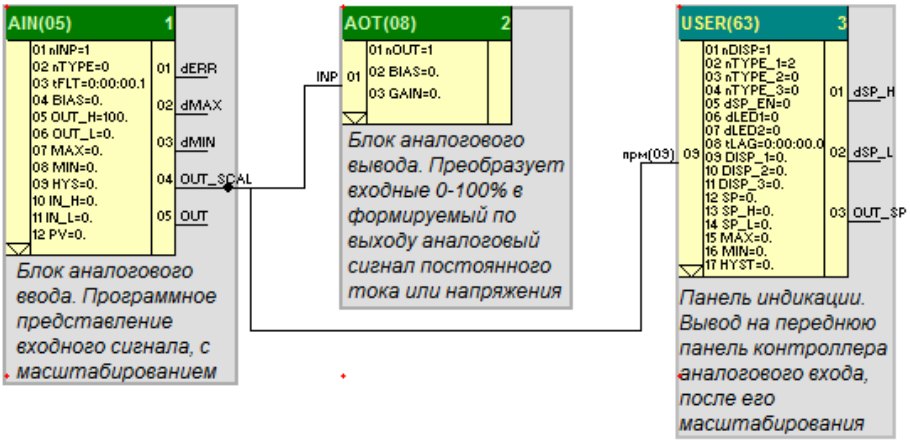


Рисунок 3.08.2 – Приклад роботи блоку АОТ(08)

3.09 DOT (09) - Дискретний вихід

Призначення

Функціональний блок застосовується зв'язку функціональних блоків з апаратними засобами дискретних виходів (DO).

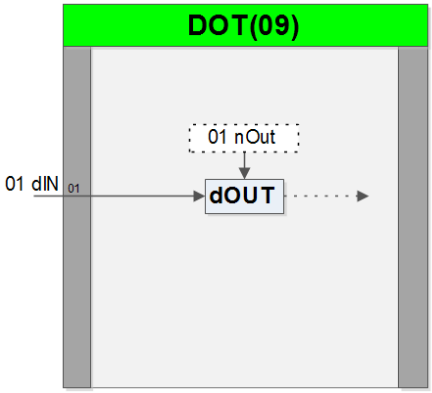


Рисунок 3.09.1 – Функціональна схема блоку дискретного виходу DOT(09)

Опис функціонального блоку

Номер дискретного виходу DO, якого підключається блок, вказується параметром nOUT.

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 3.09.1.

Таблиця 3.09.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Вхід				
01	dIN	0 / 1		Вхід блоку
Параметр				
01	nOUT	1 – 24	1	Номер дискретного виходу

Примітка.Для контролера МІК-53Н нумерацію дискретних виходів необхідно розпочинати з шостого номера (встановити значення параметра nINP=6, що відповідатиме першому дискретному виходу на контролері).

Приклад застосування (% Microl Alfa 2.0 examples fbd_09.fbx)

*Постановка задачі:*При перевищенні уставок мінімуму або максимуму за вхідним аналоговим сигналом необхідно подати на дискретний вихід значення логічної «1».

Рішення:

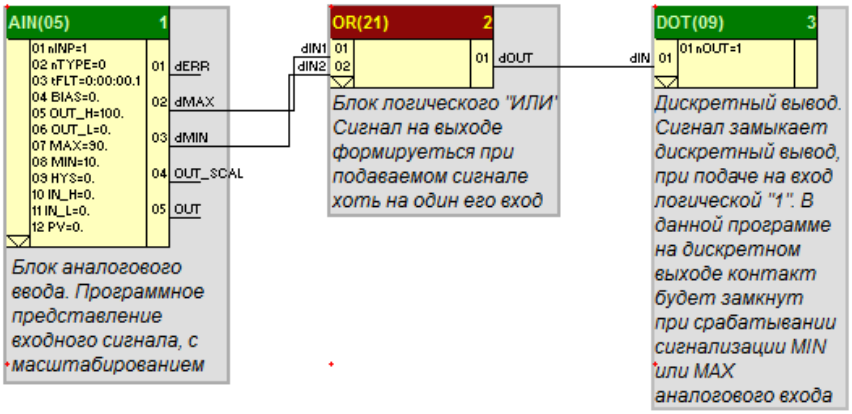


Рисунок 3.09.2 – Приклад роботи блоку DOT(09)

3.10 DOT_OP (10) - Керований дискретний вихід

Призначення

Функціональний блок застосовується зв'язку функціональних блоків з апаратними засобами дискретних виходів (DO).

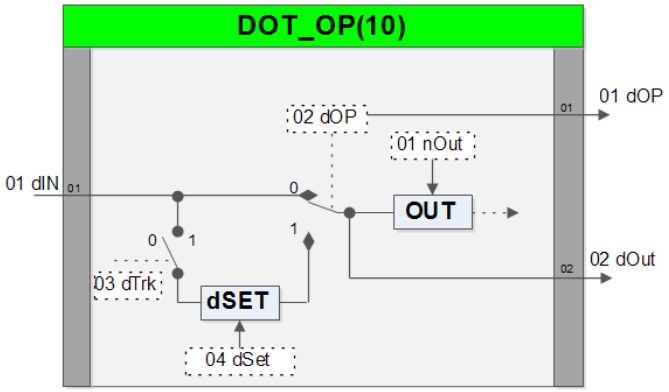


Рисунок 3.10.1 – Функціональна схема блоку дискретного керованого виходу DOT_OP(10)

Опис функціонального блоку

Номер дискретного виходу DO, якого підключається блок, вказується параметром nOUT. Щоб вимкнути дискретний вихід від керування з програми користувача, необхідно у властивості dOP виставити значення логічної «1».

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 3.10.1.

Таблиця 3.10.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Вхід				
01	dIN	0 / 1		Вхід блоку
Параметри				
01	nOUT	1 – 24	1	Номер дискретного виходу
02	dOP	0 / 1	0	Вимкнути вихід від програми користувача
03	dTRK	0 / 1	0	Команда стеження
04	dSET	0 / 1	0	Передустановка виходу
Виходи				
01	dOP	0 / 1		Стан вузла управління
02	dOUT	0 / 1		Значення, яке подається на дискретний вихід

Примітка.Для контролера МІК-53Н нумерацію дискретних виходів необхідно розпочинати з шостого номера (встановити значення параметра nINP=6, що відповідатиме першому дискретному виходу на контролері).

Приклад застосування (% Microl Alfa 2.0 examples fbd_10.fbx)

*Постановка задачі:*При обрив аналогового давача (сигнал з виходу dERR) на 1 дискретний вихід повинна податись логічна «1».

Рішення:

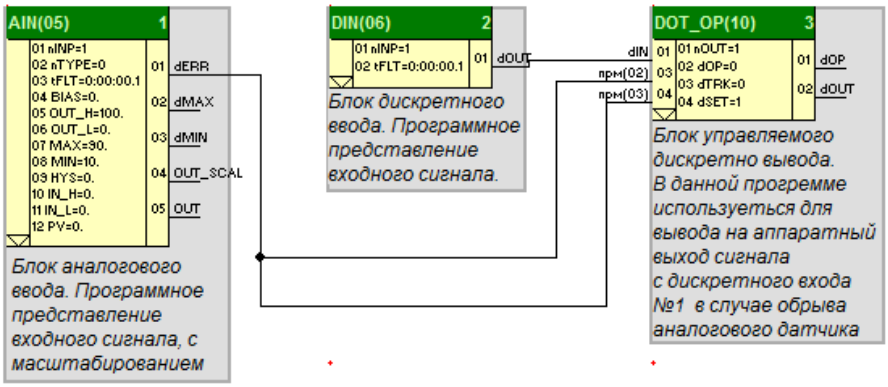


Рисунок 3.10.2 – Приклад роботи блоку DOT_OP(10)

3.11 AOT_OP (11) - Керований аналоговий вихід

Призначення

Функціональний блок застосовується для зв'язку функціональних блоків з апаратними засобами аналогових виходів (АО).

Блок застосовується для контролерів МІК-51, МІК-51Н, МІК-52, МІК-52Н.

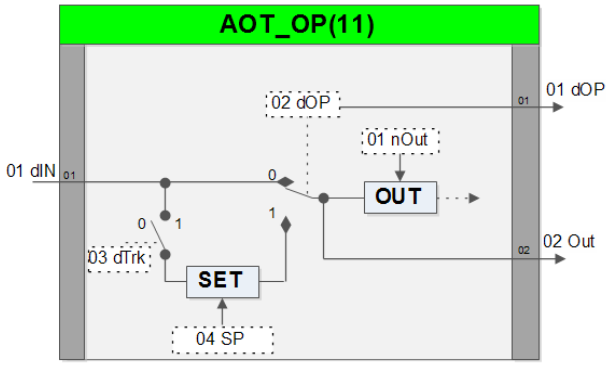


Рисунок 3.11.1 – Функціональна схема блоку аналогового керованого виходу AOT_OP(10)

Опис функціонального блоку

Номер аналогового виходу АО, якого підключається блок, вказується параметром nOUT. Щоб вимкнути аналоговий вихід від управління з програми користувача необхідно у властивості dOP виставити значення логічного «1».

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 3.11.1.

Таблиця 3.11.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Вхід				
01	INP	0 / 1		Вхід блоку
Параметри				
01	nOUT	1 - 4 *	1	Номер аналогового виходу
02	dOP	0 / 1	0	Вимкнути вихід від програми користувача
03	dTRK	0 / 1	0	Команда стеження
04	SP	Речове	0	Передустановка виходу
Виходи				
01	dOP	0 / 1		Стан вузла управління
02	OUT	Речове		Значення, яке подається на аналоговий вихід

Примітки. *1. Базова модель контролера без плат розширення має 1 аналоговий вихід (АО).

Приклад застосування (%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_11.fbx)

*Постановка задачі:*На 1 аналоговий вихід подається сигнал ретрансмісії з першого аналогового входу, у разі коли на 1 дискретний вхід подається сигнал про аварію (сигнал dERR), на аналоговий вихід повинен податись сигнал рівний 50%.

Рішення:

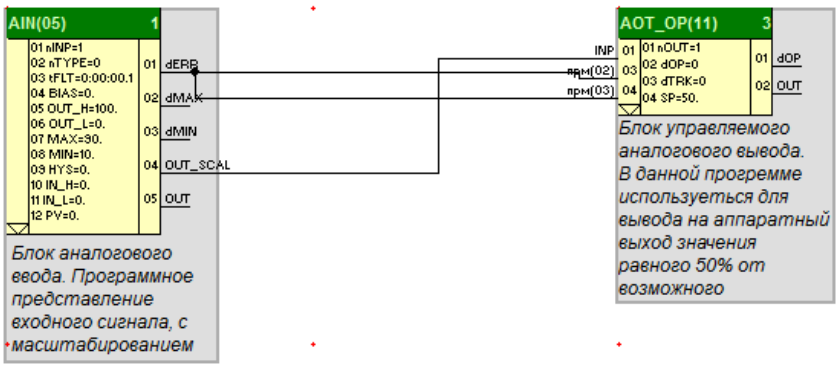


Рисунок 3.11.2 – Приклад роботи блоку AOT_OP(11)

3.77 DIN_GR (77) – Груповий дискретний вхід

Призначення

Функціональний блок застосовується для зв'язку функціональних блоків з апаратнимизасобами дискретного введення модулів розширення контролерів МІК-51, МІК-51Н, МІК-52, МІК-52Н, а також з апаратними засобами дискретного входу контролера МІК-53Н.

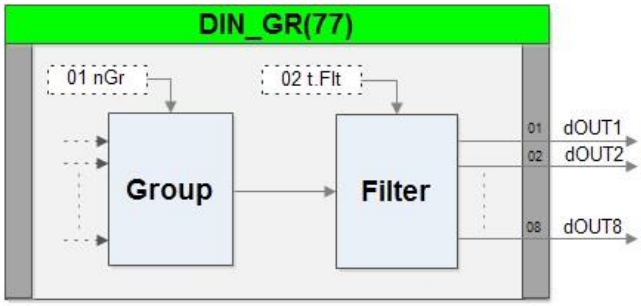


Рисунок 3.77.1 - Функціональна схема блоку дискретного групового входу DIN_GR(77)

Опис функціонального блоку

Функціональний блок застосовується для зв'язку функціональних блоків з дискретними апаратними входами (DI) модулів розширення і контролера МІК-53Н. Дискретні входи поділяються на групи, номер яких зазначається параметром nGr: "1" – перша група, до якої входять дискретні входи 1-8; "2" – група дискретних входів 9-16, "3" – група дискретних входів 17-24, "2" – група дискретних входів 25-32.

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 3.77.1.

Таблиця 3.77.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Параметри				
01	nGr	1-4	1	Номер групи дискретних входів
02	tFLT	Довге ціле	0	Мінімальна тривалість імпульсу (фільтр входів від брязкоту контактів)
Вихід				
01	dOUT1	0, 1		Вихід блоку
02	dOUT2	0, 1		Вихід блоку
…				
08	dOUT8	0, 1		Вихід блоку

Приклад застосування (%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_77.fbx)

*Постановка задачі:*При надходженні сигналу на перший або третій дискретний вхід модуля розширення на дискретному виході повинна з'явитися логічна «1»

Рішення:

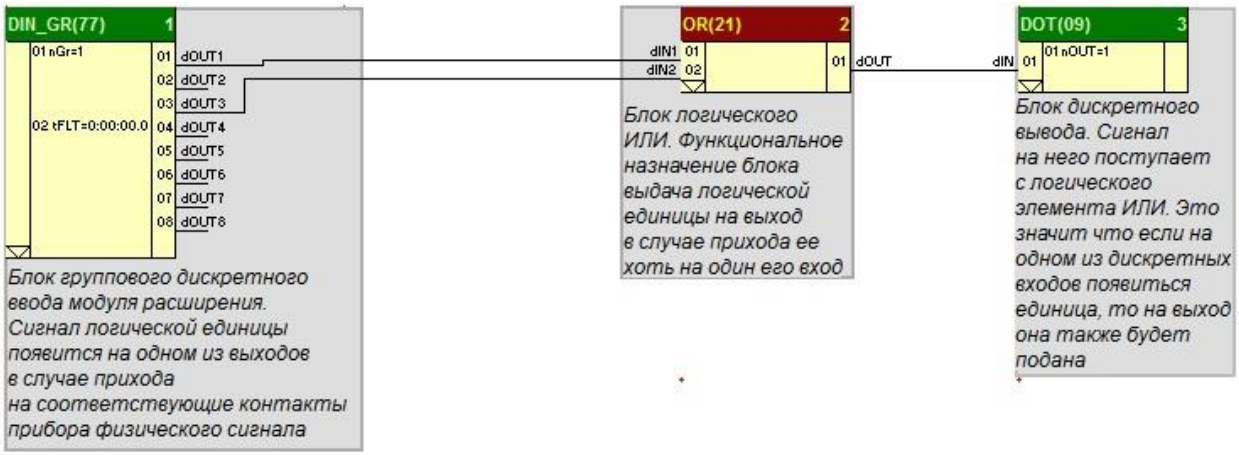


Рисунок 3.77.2 – Приклад роботи блоку DIN_GR(77)

3.78 DOT_GR (78) – Груповий дискретний вихід

Призначення

Функціональний блок застосовується для зв'язку функціональних блоків з апаратними засобами дискретних виходів (DO) модулів розширення контролерів МІК-51, МІК-51Н, МІК-52, МІК-52Н, а також з апаратними засобами дискретного входу котролера МІК-53Н.

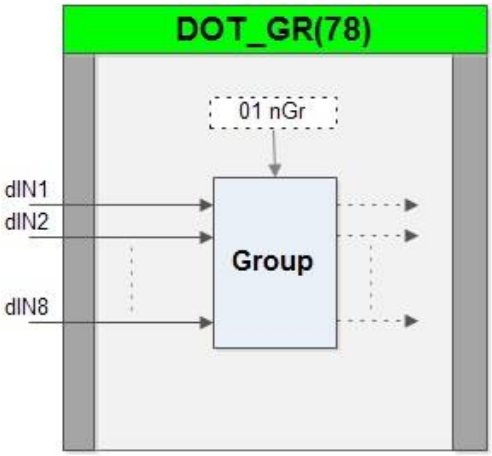


Рисунок 3.78.1 – Функціональна схема блоку групового дискретного входу DOT_GR(78)

Опис функціонального блоку

Функціональний блок застосовується для зв'язку функціональних блоків з апаратними дискретними виходами (DO) модулів розширення та контролера МІК-53Н. Дискретні виходи поділяються на групи, номер яких зазначається параметром nGr: "1" – перша група, до якої входять дискретні виходи 1-8; "2" – група дискретних виходів 9-16, "3" – група дискретних виходів 17-24, "2" – група дискретних виходів 25-32.

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 3.78.1.

Таблиця 3.78.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Параметри				
01	nGr	1-4	1	Номер групи дискретних виходів

Примітка.При виникненні конфлікту адрес блоків, тобто коли в програмі одночасно будуть знаходитися блоки з однаковими адресами – наприклад, блок DOT_GR(78) для першої групи виходів (nGr=1) і блок DOT(09) для першого дискретного виходу модуля розширення (nOUT= 6) – оброблятиметься логіка роботи того блоку, чий номер у програмі більший.

Приклад застосування (%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_78.fbx)

*Постановка задачі:*При перевищенні уставки мінімуму аналогового входу подати перший дискретний вихід модуля розширення значення логічної " 1 " , при перевищенні уставки максимуму – на третій дискретний вихід.

Рішення:

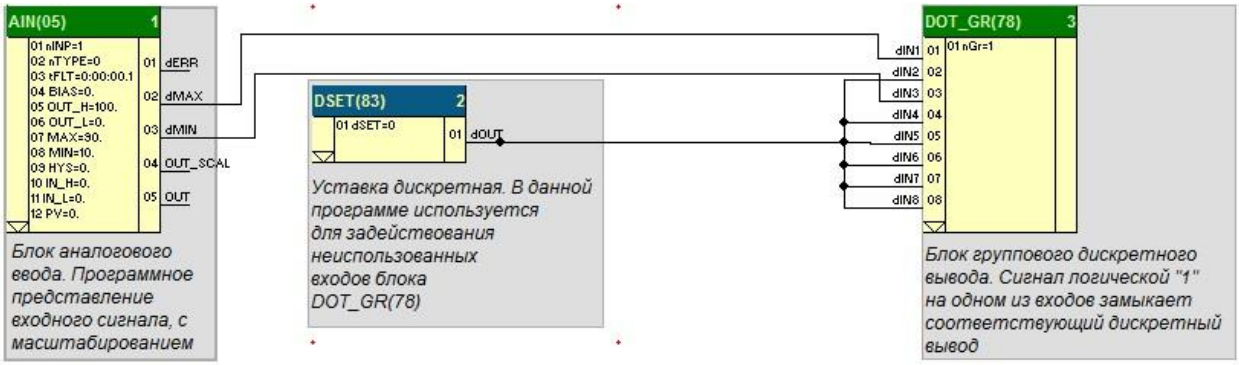


Рисунок 3.78.2 – Приклад роботи блоку DOT_GR(78)

4 Математичні функціональні блоки

4.12 MUL (12) - Розмноження

Призначення
Функціональний блок застосовується для виконання математичної операціїта множення.

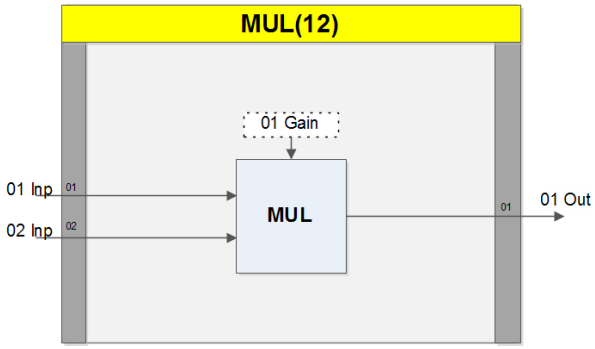


Рисунок 4.12.1 – Функціональна схема блоку множення MUL(12)

Опис функціонального блоку
Функціональний блок перемножує два числа та константу. Вихідний сигнал блоку дорівнює:

OUT = INP1 * INP2 * GAIN. (4.12.1)

Параметр GAIN може виконувати роль третього входу чи масштабного коефіцієнта.
Входи, параметри та виходублоки представлені у таблиці 4.12.1.

Таблиця 4.12.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	INP1	Речове		Вхід блоку
02	INP2	Речове		Вхід блоку
Параметр				
01	GAIN	Речове	1	Посилення
Вихід				
01	OUT	Речове		Вихід блоку

Приклад застосування (%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_12.fbx)
*Постановка задачі:*Необхідно на дисплеї контролера вивести довжину кола, значення, що дорівнює рівнянню 2*Pi*R. Радіус кола вказується з передньої панелі контролера.
Рішення:

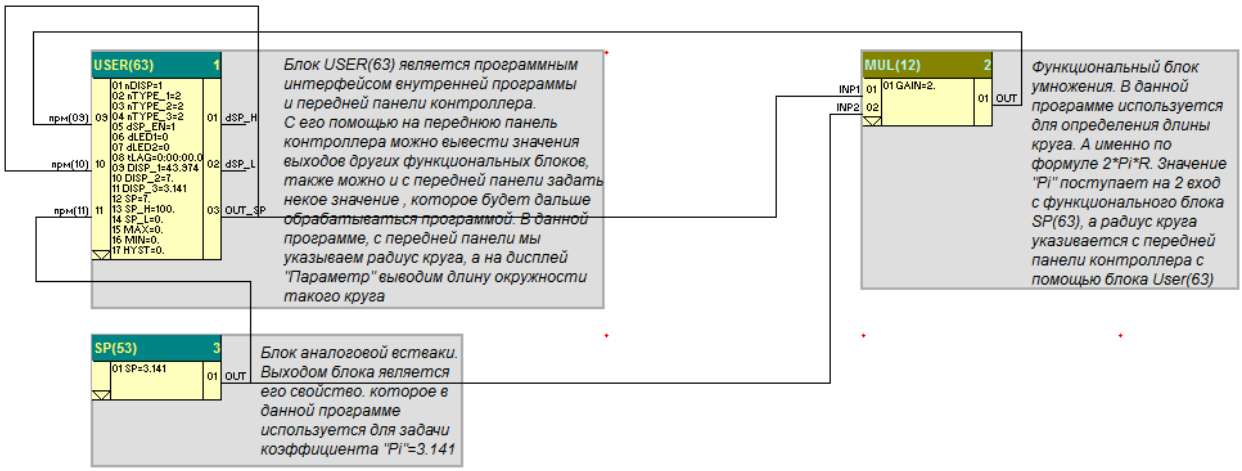


Рисунок 4.12.2 – Приклад роботи блоку MUL (12)

4.13 SUMM (13) - Підсумовування з масштабуванням

Призначення

Функціональний блок використовується для одержання зваженої суми кількох (до 12) сигналів. Зокрема, він застосовується разом з функціональними блоками регулювання для побудови регуляторів співвідношення або запровадження статичної корекції за різними технологічними параметрами.

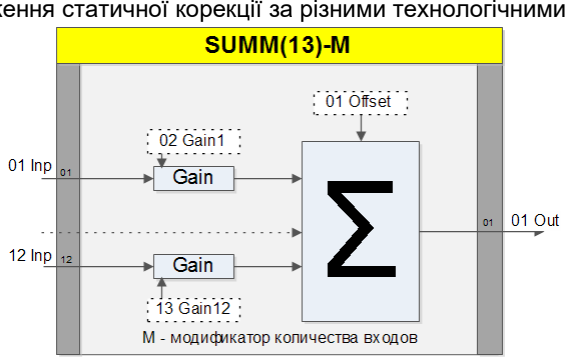


Рисунок 4.13.1 – Функціональна схема блоку підсумовування з масштабуванням SUMM(13)

Опис функціонального блоку

Число масштабованих і сумованих сигналів 1 ≤ m ≤ 12 задається модифікатором при програмуванні блоку. Функціональна схема блоку підсумовування із масштабуванням SUMM представлена на рис. 4.13.1.

Вихідний сигнал блоку OUT дорівнює (див.отри рис. 4.13.1):

$$OUT = OFFSET + \sum_{i=1}^{m} INPi*GAIN1 \qquad (4.13.1)$$

або:

$$OUT = OFFSET + INP1 * GAIN1 + INP1 * GAIN1 + \ldots + INP12 * GAIN12 \qquad (4.13.2)$$

Де:

m – модифікатор входів функціонального блоку, що задається при програмуванні блоку,
INPi – значення відповідного входу блоку,
GAINi – масштабний коефіцієнт відповідного входу,
OFFSET – усунення.
Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 4.13.1.

Таблиця 4.13.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	INP1	Речове		1-й вхід
02	INP2	Речове		2-й вхід
…	…			…
12	INP12	Речове		12-й вхід
Параметри				
01	OFFSET	Речове	0	Зміщення, що не масштабується вхід
02	GAIN1	Речове	1	Масштабний коефіцієнт по 1-му входу
03	GAIN2	Речове	1	Масштабний коефіцієнт по 2-му входу
…	…			…
13	GAIN12	Речове	1	Масштабний коефіцієнт по 12-му входу
Вихід				
01	OUT	Речове		Вихід блоку

Приклад застосування (%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_13.fbx)

*Постановка задачі: Підсумовування 3 аналогових сигналів у діапазоні 0-100%*та виведення отриманого значення на дисплей контролера.

Рішення:

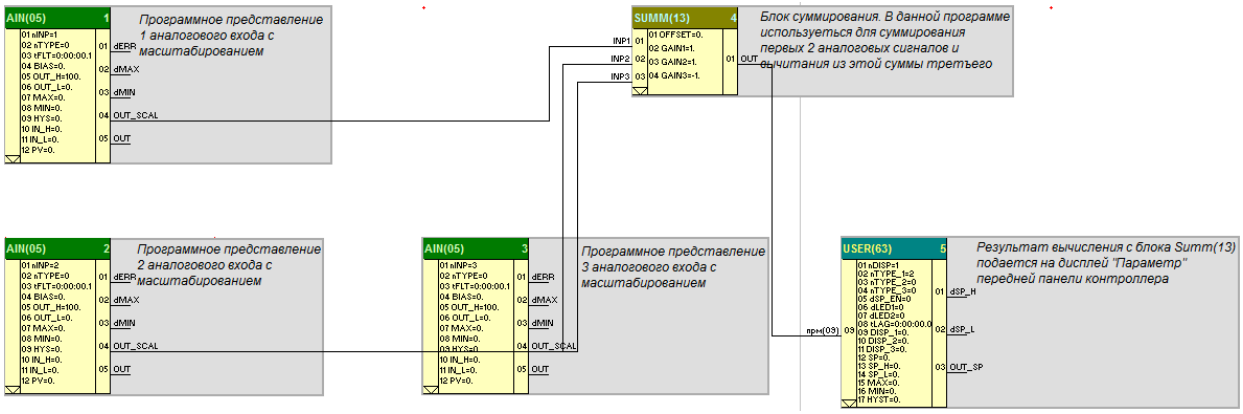


Рисунок 4.13.2 - Приклад роботи блоку SUMM-3 (13)

4.14 DIV (14) - Розподіл

Призначення

Функціональний блок застосовується до виконання математичної операцій поділу.

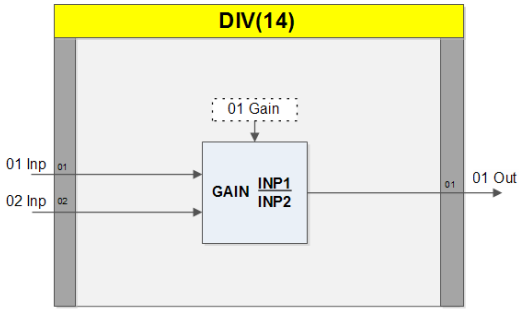


Рисунок 4.14.1 - Функціональна схема блоку розподілу DIV(14)

Опис функціонального блоку

Функціональний блок перемножує два числа та ділить отриманий твір на третє число. Вихідний сигнал блоку дорівнює:

OUT = INP1 * GAIN / INP2. (4.14.1)

Параметр GAIN може виконувати роль третього входу чи масштабного коефіцієнта.
Входи, параметри та виходублоки представлені у таблиці 4.14.1.

Таблиця 4.14.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	INP1	Речове		Вхід блоку
02	INP2	Речове		Вхід блоку
Параметр				
01	GAIN	Речове	1	Посилення
Вихід				
01	OUT	Речове		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_14.fbx)

Постановка задачі: Поділ аналогового вхідного сигналу на коефіцієнт, вказаний з передньої панелі контролера.

Рішення:

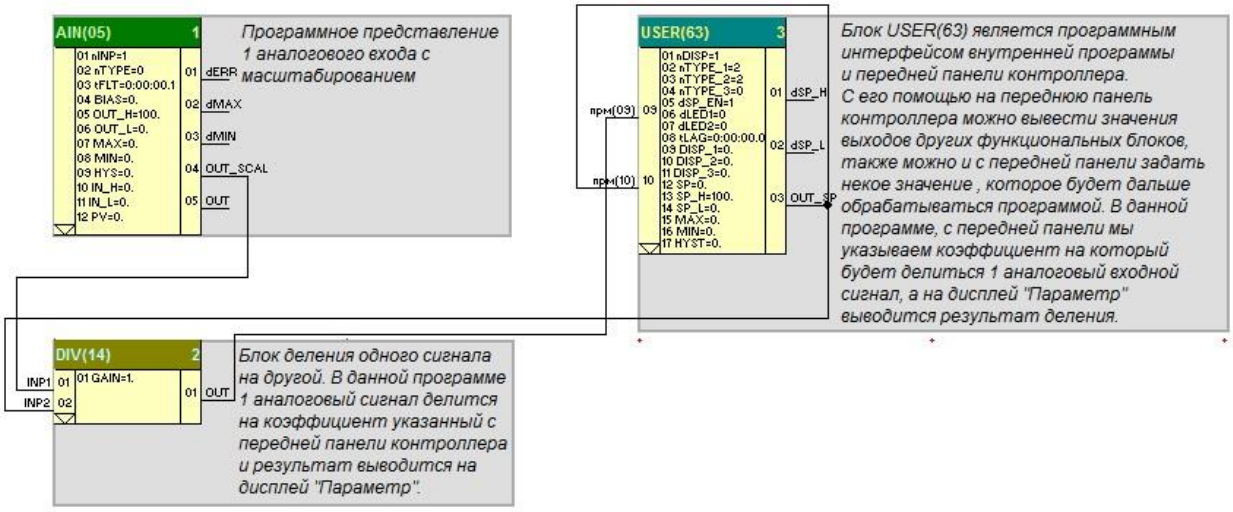


Рисунок 4.14.2 – Приклад роботи блоку DIV (14)

4.15 SQRT (15) - Корінь квадратний

Призначення

Функціональний блок застосовується у схемах статичної корекції. Зокрема, функціональний блок використовується для лінеаризації характеристики давача витрати.

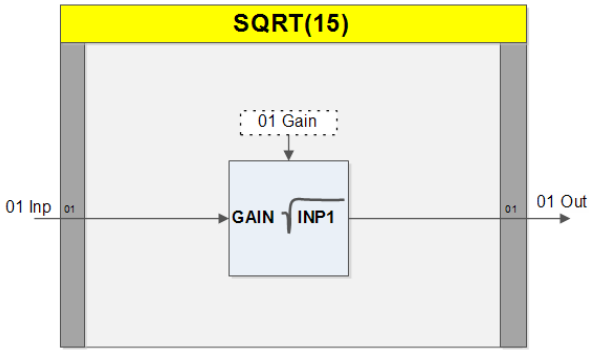


Рисунок 4.15.1 - Функціональна схема блоку вилучення квадратного кореня SQRT(15)

Опис функціонального блоку
Вхідний сигнал блоку дорівнює

OUT = GAIN *√INP при INP>0 (4.15.1)
OUT = -GAIN *√I INP I при INP<0 (4.15.2)

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 4.15.1.

Таблиця 4.15.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Вхід				
01	INP	Речове		Вхід блоку
Параметр				
01	GAIN	Речове	1	Коефіцієнт посилення
Вихід				
01	OUT	Речове		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_15.fbx)
Постановка завдання: Необхідно знайти квадратний корінь з значення, що подається на аналоговий вхід і вивести його на дисплей контролера.
Рішення:

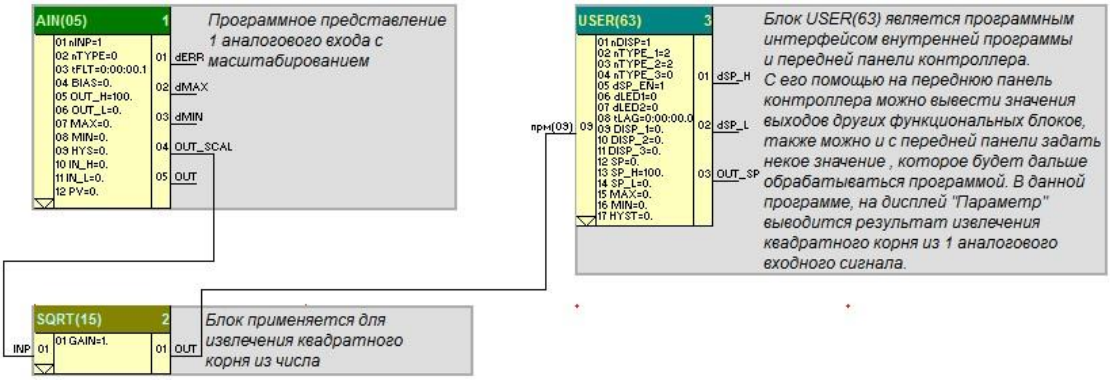


Рисунок 4.15.2 - Приклад роботи блоку SQRT(15)

4.16 ABS (16) - Абсолютне значення

Призначення

Функціональний блок застосовується виділення модуля сигналу.

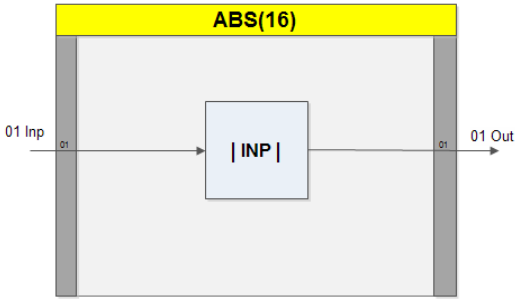


Рисунок 4.16.1 - Функціональна схема блоку обчислення абсолютного значення ABS(16)

Опис функціонального блоку

Блок виконує функцію:

$$OUT = | INP | \quad (4.16.1)$$

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 4.16.1.

Таблиця 4.16.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Вхід				
01	INP1	Речове		Вхід блоку
Вихід				
01	OUT	Речове		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_16.fbx)

Постановка завдання: Необхідно виділити модуль аналогового вхідного сигналу та вивести його на передню панель контролера.

Рішення:

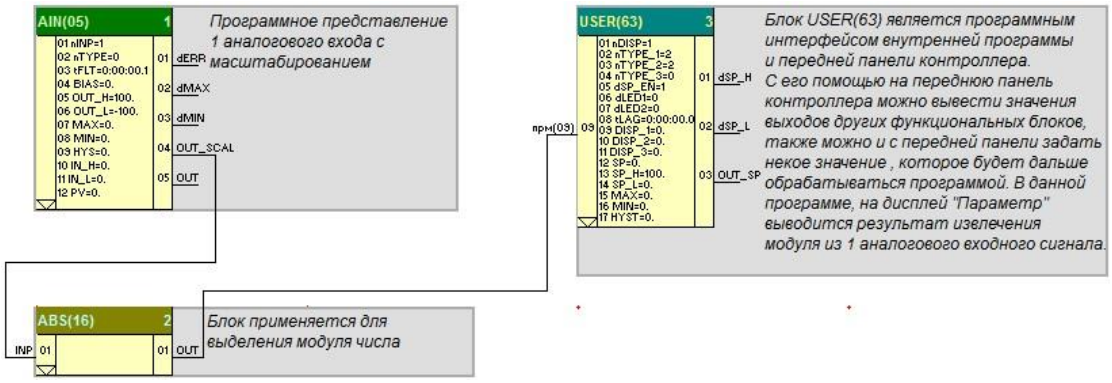


Рисунок 4.16.2 - Приклад роботи блоку ABS(16)

4.17 INTEG (17) - Інтегрування

Призначення
Функціональний блок застосовується для інтегрування та (або) запам'ятовування сигналу.

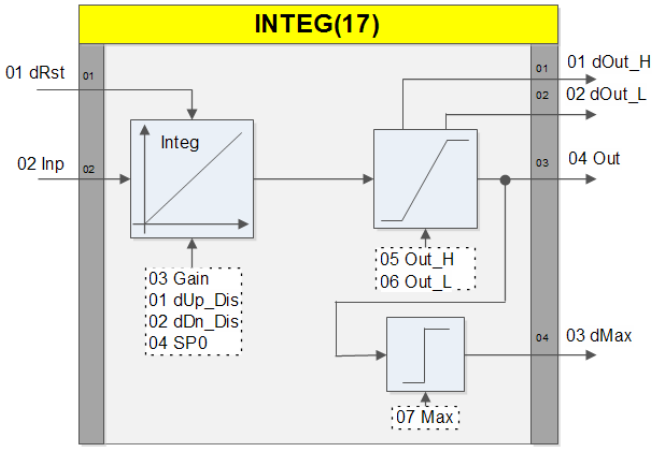


Рисунок 4.17.1 – Функціональна схема блоку інтегрування INTEG(17)

Опис функціонального блоку
Передатна функція блоку дорівнює:

$$W(p) = Y(p)/X(p) = GAIN/p; \quad (4.17.1)$$

Функціональний блок містить обмежувач рівня вихідного сигналу, пороговий елемент, а також механізм заборони зміни вихідного сигналу у бік "більше" або "менше" зовнішніми сигналами, що подаються на параметри заборони зміни UP_DIS та DN_DIS.

Функціональний блок має 4 виходи. Вихід OUT – основний вихід алгоритму. Два дискретних виходу dOUT_H та dOUT_L фіксують момент настання обмеження вихідного сигналу OUT. Алгоритм правильно працюватиме, тільки якщо OUT_H > OUT_L. Рівні обмежень задаються параметрами блоків OUT_H та OUT_L. Якщо вихідний сигнал OUT < MAX де MAX - уставка порогового елемента, то дискретний сигнал на виході порогового елемента dMAX = 0. Якщо OUT > MAX, dMAX = 1.

У функціональному блоці передбачається встановлення початкових умов. Якщо дискретний сигнал на виході dRST=0, виконується основна функція інтегратора. При dRST=1 інтегратор перетворюється на режим уставки початкових умов, у своїй вихід OUT=SP0. В окремому випадку при SP0=0 інтегратор обнулюється.

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 4.17.1.

Таблиця 4.17.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	dRST	0 / 1		Скидання інтегратора
02	INP	Речове		Вхід блоку в тех.
Параметри				
01	dUP_DIS	0 / 1	0	Сигнал заборони у напрямку “Більше”
02	dDN_DIS	0 / 1	0	Сигнал заборони у напрямку “Менше”
03	GAIN	Речове	1	Посилення
04	SP0	Речове	0	Значення початкових умов
05	OUT_H	Речове	100	Рівень обмеження максимуму
06	OUT_L	Речове	0	Рівень обмеження мінімуму
07	MAX	Речове	90	Встановлення порогового елемента
Виходи				
01	dOUT_H	0 / 1		Обмеження максимуму
02	dOUT_L	0 / 1		Обмеження мінімуму
03	dMAX	0 / 1		Вихід порогового елемента
04	OUT	Речове		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_17.fbx)

Постановка завдання: На передню панель контролера необхідно вивести накопичуване значення першого аналогового входу, також необхідно передбачити скидання накопиченого значення 1 дискретного вхідного сигналу.

Рішення:

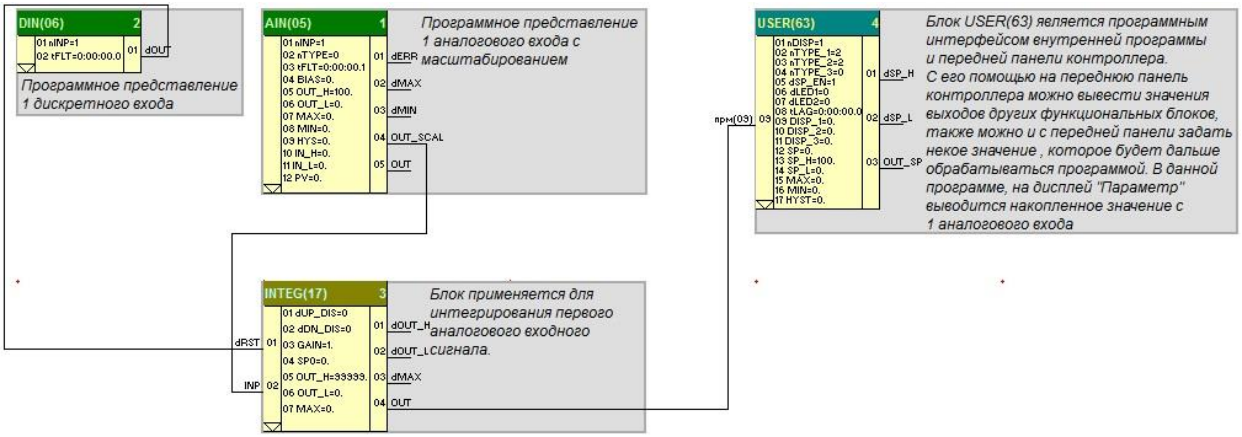


Рисунок 4.17.2 – Приклад роботи блоку INTEG(17)

4.18 DERIV (18) - Диференціювання із затримкою

Призначення

Функціональний блок застосовується в схемах динамічної корекції отримання сигналів, пов'язаних зі швидкістю зміни параметра.

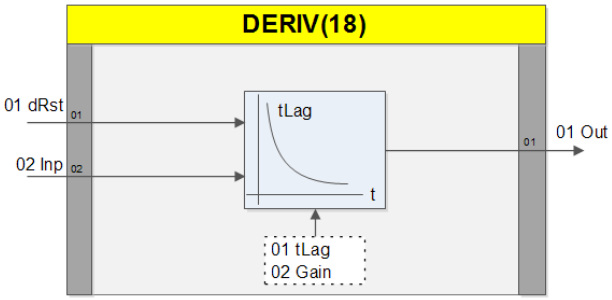


Рисунок 4.18.1 – Функціональна схема блоку диференціювання із затримкою DERIV (18)

Опис функціонального блоку

Функціональний блок являє собою реальну диференціюючу ланку з регульованим коефіцієнтом посилення та постійного часу диференціювання.

Передатна функція комірки має вигляд:

$$W(p) = Y(p) / X(p) = GAIN * tLAG * p / (tLAG * p + 1); \quad (4.18.1)$$

де GAIN – масштабний коефіцієнт (коефіцієнт посилення);
tLAG – постійна часу диференціювання.

Якщо на вхід dRST подається команда обнулення dRST=1, вихідний сигнал OUT=0 незалежно від вхідного сигналу.

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 4.18.1.

Таблиця 4.18.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	dRST	0 / 1		Обнулення блоку (скидання)
02	INP	Речове		Вхід блоку
Параметри				
01	tLAG	Довге ціле	00:00:00:1	Постійна часу диференціювання
02	GAIN	Речове	1	Коефіцієнт посилення
Вихід				
01	OUT	Речове		Вихід блоку

Приклад застосування (%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_18.fbx)

Постановка завдання: На передню панель контролера необхідно вивести диференційоване значення першого аналогового входу, також необхідно передбачити скидання значення 1 дискретного вхідного сигналу.

Рішення:

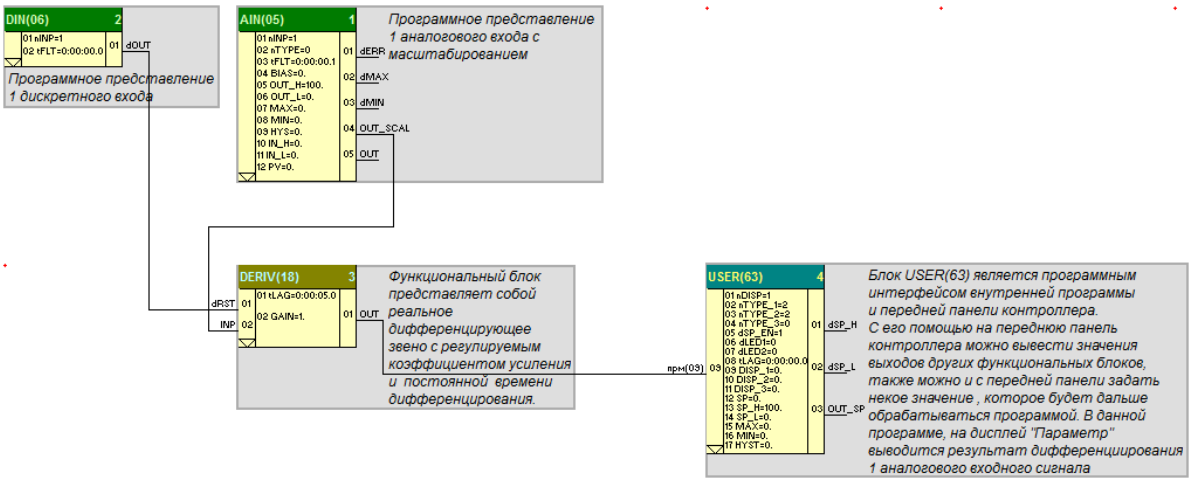


Рисунок 4.18.2 – Приклад роботи блоку DERIV (18)

4.70 HMDT (70) - Блок обчислення вологості повітря

Призначення

Функціональний блок використовується для знаходження вологості повітря.

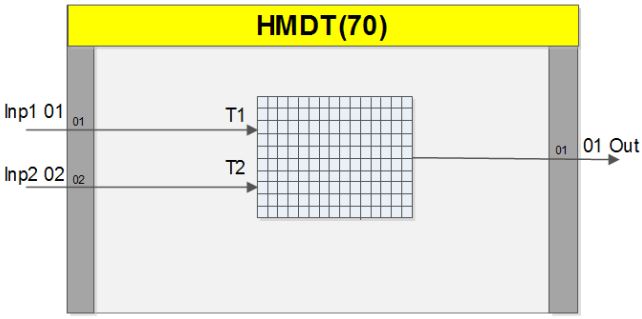


Рисунок 4.70.1 – Функціональна схема блоку HMDT(70)

Опис функціонального блоку

Блок розраховує вологість повітря за значенням температури на входах INP1 і INP2. На вхід INP1 подається сигнал із «сухого» давача температури, а на вхід INP2 – з «вологого» давача. Психометрична таблиця перетворень відповідає ГОСТ.

Входи, параметри та виходи блоку представлені в таблиці 4.70.1.

Таблиця 4.70.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Входи				
01	INP1	Речове		Вхід 1. «Сухий» давач температури
02	INP2	Речове		Вхід 2. «Вологий» давач температури
Вихід				
01	OUT	Речове		Вологість повітря (0 – 100%)

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_70.fbx)

Постановка задачі: Необхідно визначити вологість та вивести її на дисплей контролера за показаннями сухого та вологого термометрів, а також подати значення вологості на аналоговий вихід.

Рішення:

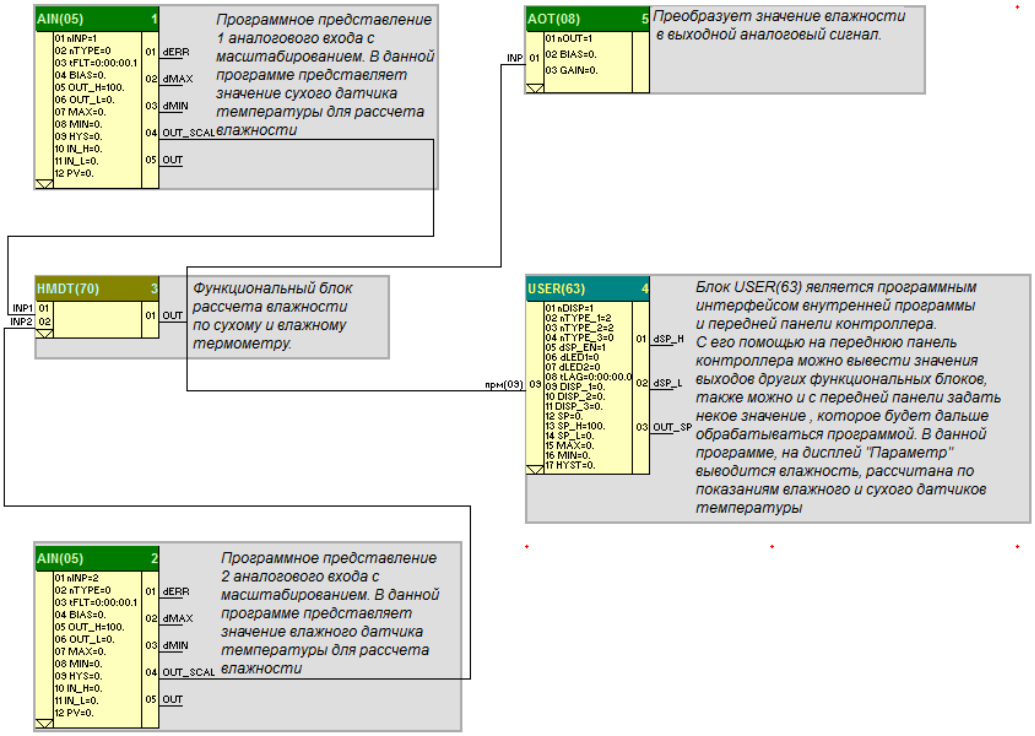


Рисунок 4.70.2 – Приклад роботи блоку HMDT(70)

4.72 EXP (72) - Блок обчислення експонентів

Призначення

Функціональний блок застосовується для обчислення експонентів.

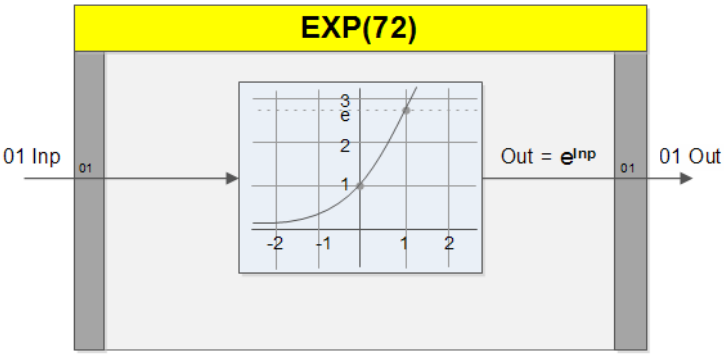


Рисунок 4.72.1 – Функціональна схема блоку EXP(72)

Опис функціонального блоку

Вихід блоку формується згідно з формулою:

$$y = ex = 1 + x/1! + x2/2! + x3/3! + \ldots + xi / i! + \ldots. \quad (4.72.1)$$

Входи, параметри та вихіда блоки представлені у таблиці 4.72.1.

Таблиця 4.72.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Вхід				
01	INP	Речове		Вхід блоку
Вихід				
01	OUT	Речове		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_72.fbx)

Постановка завдання: Розрахувати значення експонентів для аналогового входу та вивести отримане значення на дисплей контролера.

Рішення:

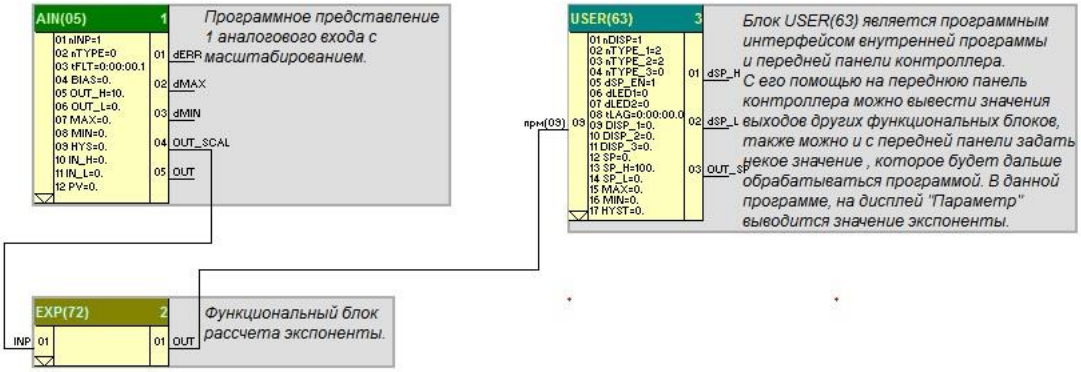


Рисунок 4.72.2 – Приклад роботи блоку EXP(72)

Примітка: функціональний блок доданий з версії прошивки 51.45.

4.73 LN (73) - Блок обчислення натурального логарифму

Призначення

Функціональний блок застосовується для обчислення натурального логарифму.

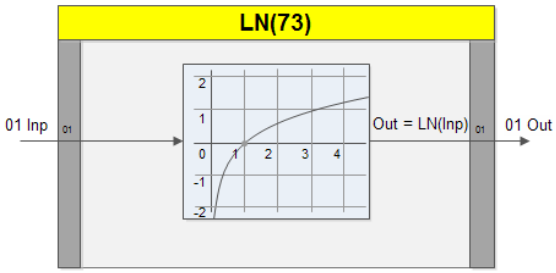


Рисунок 4.73.1 – Функціональна схема блоку LN(73)

Опис функціонального блоку

Вихід блоку формується згідно з формулою:

$$y = LN(x) \qquad (4.73.1)$$

Входи, параметри та виходублоку представлені у таблиці 4.73.1.

Таблиця 4.73.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Вхід				
01	INP	Речове		Вхід блоку
Вихід				
01	OUT	Речове		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_73.fbx)

Постановка задачі: Розрахувати значення натурального логарифму для аналогового входу та вивести отримане значення на дисплей контролера.

Рішення:

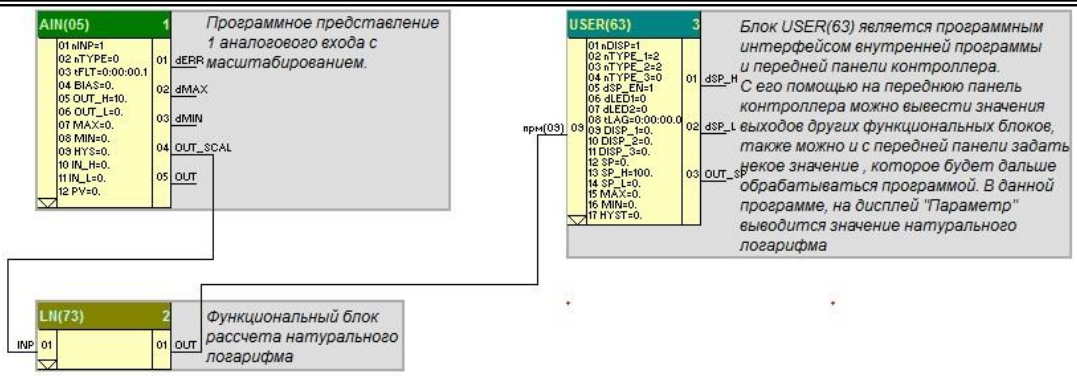


Рисунок 4.73.2 – Приклад роботи блоку LN(73)

Примітка: функціональний блок доданий з версії прошивки 51.45.

4.74 LOG (74) - Блок обчислення десяткового логарифму

Призначення
Функціональний блок застосовується для обчислення десяткового логарифму.

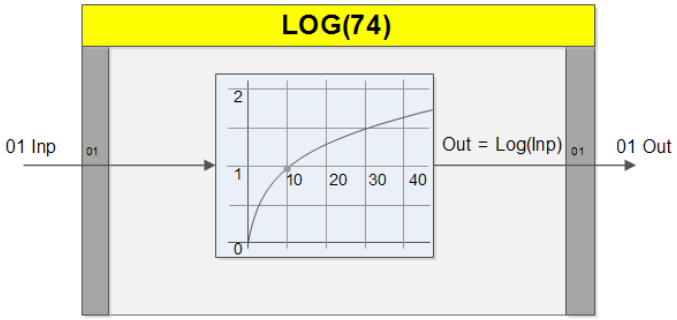


Рисунок 4.74.1 – Функціональна схема блоку LOG(74)

Опис функціонального блоку
Вихід блоку формується згідно з формулою:

$$y = Lg\ (x) \qquad (4.74.1)$$

Входи, параметри та виходи блоку представлені в таблиці4.74.1.

Таблиця 4.74.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Вхід				
01	INP	Речове		Вхід блоку
Вихід				
01	OUT	Речове		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_74.fbx)
Постановка завдання: Розрахувати значення десяткового логарифму для аналогового входу та вивести отримане значення на дисплей контролера.
Рішення:

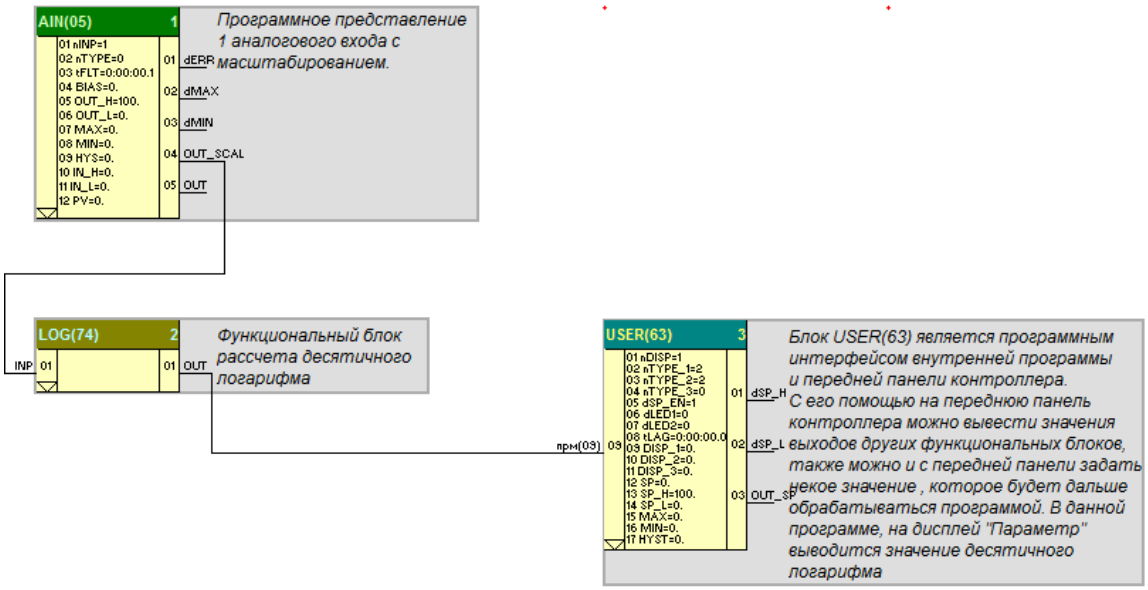


Рисунок 4.74.2 – Приклад роботи блоку LOG(74)

Примітка: функціональний блок доданий з версії прошивки 51.45.

5 Логічні функціональні блоки

5.19 AND (19) - Логічне «І»

Призначення

Функціональний блок застосовується для формування дискретного сигналу, який є результатом логічної операції."І" над двома дискретними вхідними сигналами dIN1 і dIN2.

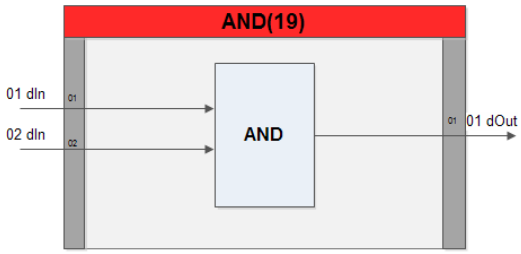


Рисунок 5.19.1 – Функціональна схема блоку логічного «І» AND(19)

Опис функціонального блоку

Функціональний блок має два вхідні сигнали dIN1 і dIN2 і формує вихідний сигнал:

dOUT = dIN1 * dIN2. (5.19.1)

де * - Знак операцій І.

Робота функціонального блоку описується у наведеній нижче таблиці 5.19.1.

Таблиця 5.19.1

dIN1	0	0	1	1
dIN2	0	1	0	1
dOUT	**0**	**0**	**0**	**1**

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 5.19.2.

Таблиця 5.19.2

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	dIN1	0 / 1		Вхід блоку
02	dIN2	0 / 1		Вхід блоку
Вихід				
01	dOUT	0 / 1		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_19.fbx)

Постановка задачі: На виході 1 дискретного висновку має бути логічна «1», якщо на обох дискретних входах також буде «1»

Рішення:

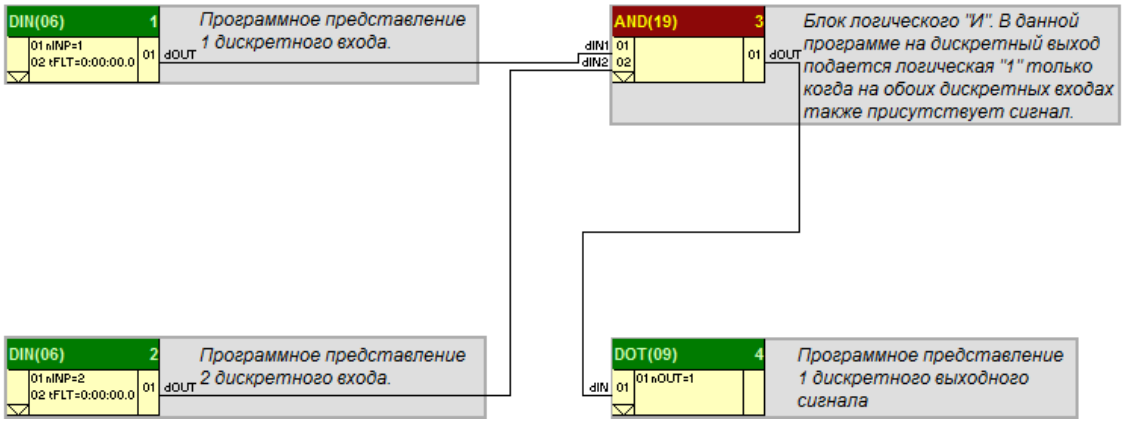


Рисунок 5.19.2 – Приклад роботи блоку AND(19)

5.20 AND_M (20) - Багатовхідне «І»

Призначення

Функціональний блок застосовується для виконання логічної операції "І" над кількома (до 12) дискретними сигналами.

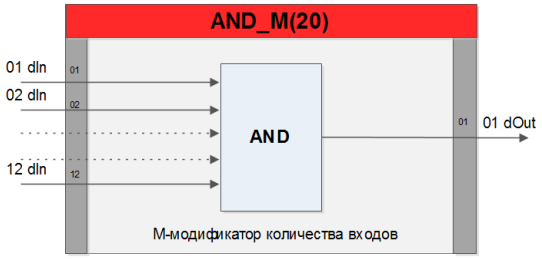


Рисунок 5.20.1 - Функціональна схема багатовходового блоку «І» AND(20)

Опис функціонального блоку

Функціональний блок має m вхідних сигналів dIN та один вихідний сигнал dOUT. Число входів 1<m<12 і задається модифікатором m. Вихідний сигнал:

$$dOUT = dIN1 * dIN2 * ... * dINm. \quad (5.20.1)$$

де * - Знак операцій І.

Робота функціонального блоку описується у наведеній нижче таблиці 5.20.1.

Таблиця 5.20.1

dIN1	dIN2	dIN3	...	dINm	dOUT
1	1	1	...	1	1
0	~	~	...	~	0
~	0	~	...	~	0
~	~	0	...	~	0
~	~	~	...	0	0

~ - значення сигналу байдуже.

Входи, параметри та виходи блоку представлені в таблиці 5.20.2.

Таблиця 5.20.2

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	dIN1	0 / 1		Вхід блоку
…				
12	dIN12	0 / 1		Вхід блоку
Вихід				
01	dOUT	0 / 1		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_20.fbx)

Постановка задачі: На виході 1 дискретного виходу має бути логічна «1», якщо на обох дискретних входах також буде «1» і сигналізація «максимум» на 1 аналоговому вході.

Рішення:

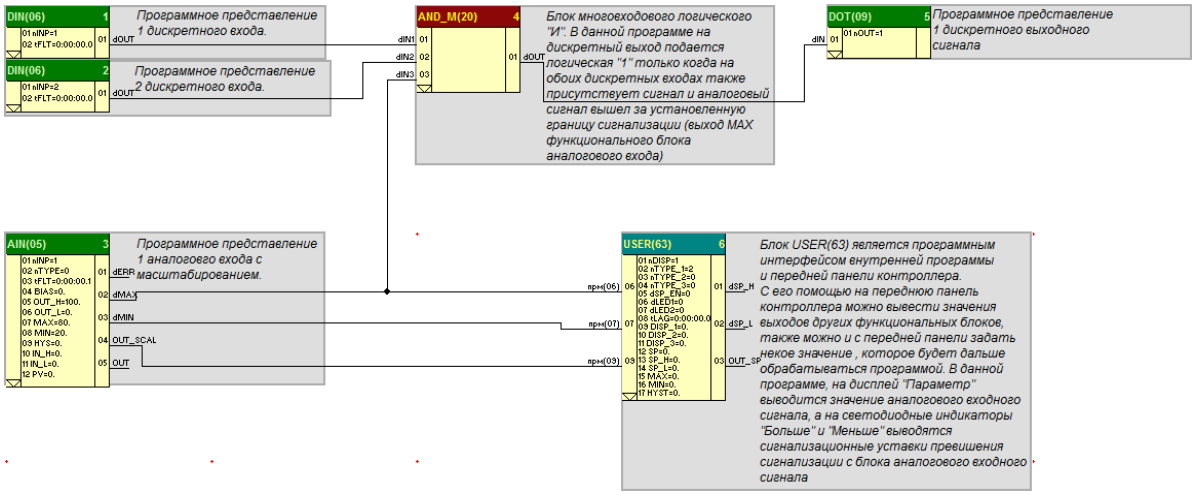


Рисунок 5.20.2 – Приклад роботи блоку AND_M(20)

5.21 OR (21) - Логічне «АБО»

Призначення

Функціональний блок застосовується для формування дискретного сигналу, який є результатом логічної операції «АБО» над двома вхідними дискретними сигналами dIN1 і dIN2.

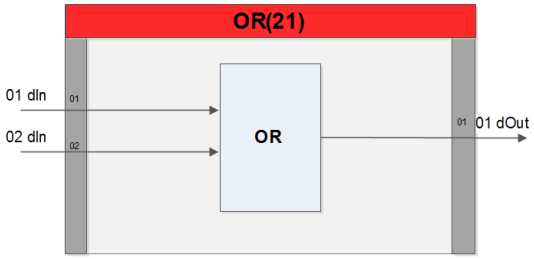


Рисунок 5.21.1 - Функціональна схема блоку логічного «АБО» OR(21)

Опис функціонального блоку

Функціональний блок має два вхідні сигнали dIN1 і dIN2 і формує вихідний сигнал:

dOUT = dIN1 + dIN2. (5.21.1)

де "+" - знак операцій АБО.

Робота функціонального блоку описується у наведеній нижче таблиці 5.21.1.

Таблиця 5.21.1

dIN1	0	0	1	1
dIN2	0	1	0	1
dOUT	**0**	**1**	**1**	**1**

Входи, параметри та виходу блоку представлені у таблиці 5.21.2.

Таблиця 5.21.2

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	dIN1	0 / 1		Вхід блоку
02	dIN2	0 / 1		Вхід блоку
Вихід				
01	dOUT	0 / 1		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_21.fbx)

Постановка задачі: На виході 1 дискретного виводу має бути логічна «1», якщо на аналоговому вході спрацює сигналізація мінімуму чи максимуму.

Рішення:

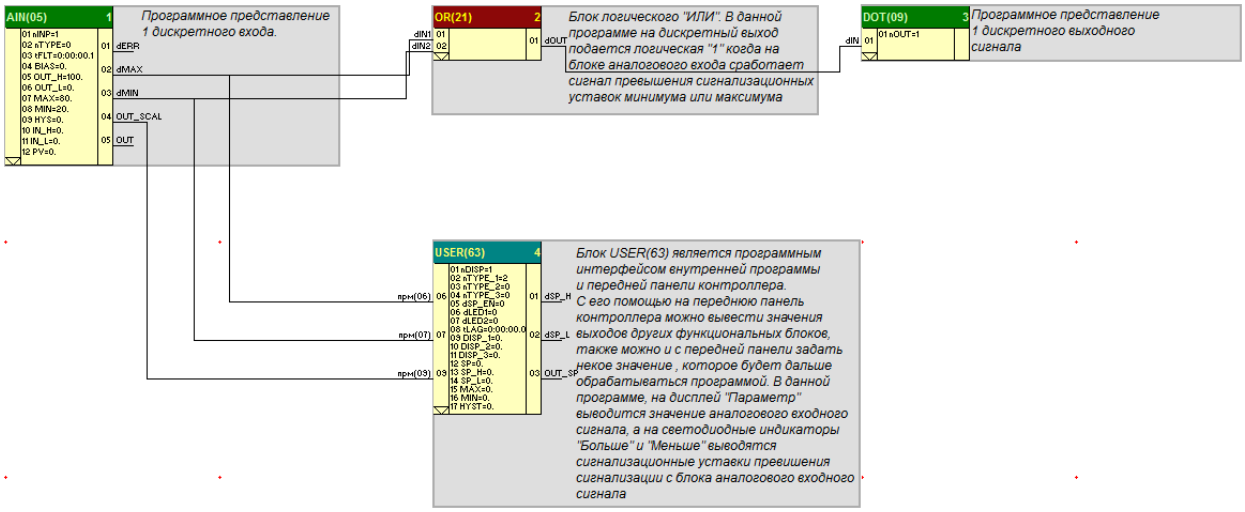


Рисунок 5.21.2 - Приклад роботи блоку OR(21)

5.22 OR_M (22) - Багатовхідне «АБО»

Призначення

Функціональний блок застосовується для виконання логічної операції«АБО» над кількома (до 12) дискретними сигналами.

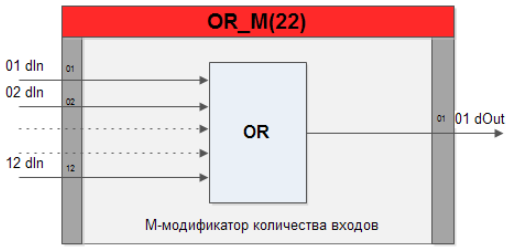


Рисунок 5.22.1 - Функціональна схема багатовхідного блоку АБО OR_M(22)

Опис функціонального блоку

Функціональний блок має m вхідних сигналів dIN та один вихідний сигнал dOUT. Число входів 1<m<12 і задається модифікатором m. Вихідний сигнал:

$$dOUT = dIN1 + dIN2 + ... + dINm. \quad (5.22.1)$$

де "+" - знак операцій І.

Робота функціонального блоку описується у наведеній нижче таблиці 5.22.1.

Таблиця 5.22.1

dIN1	dIN2	dIN3	...	dINm	dOUT
0	0	0	...	0	0
1	~	~	...	~	1
~	1	~	...	~	1
~	~	1	...	~	1
~	~	~	...	1	1

~ - значення сигналу байдуже.

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 5.22.2.

Таблиця 5.22.2

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	dIN1	0 / 1		Вхід блоку
…		…		
02	dIN	0 / 1		Вхід блоку
Вихід				
01	dOUT	0 / 1		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_22.fbx)

Постановка задачі: На виході 1 дискретного виходу має бути логічна «1», якщо аналоговому вході спрацює сигналізація мінімуму, максимуму чи дискретний вхід №1 буде подана «1».

Рішення:

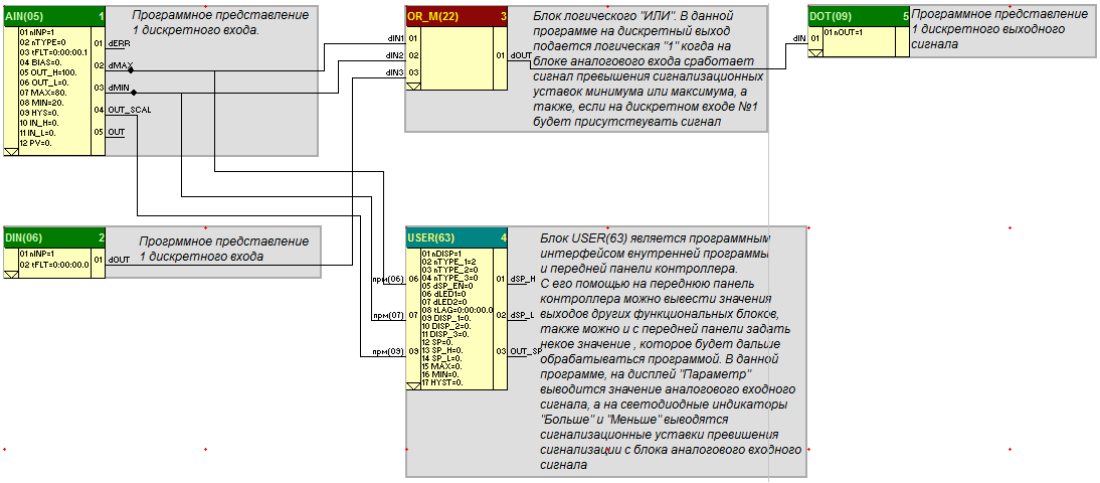


Рисунок 5.22.2 - Приклад роботи блоку OR_M(22)

5.23 XOR (23) - Виключне АБО

Призначення

Функціональний блок застосовується для формування дискретногосигналу, який є результатом логічної операції, що виключає АБО над двома дискретними вхідними сигналами dIN1 і dIN2.

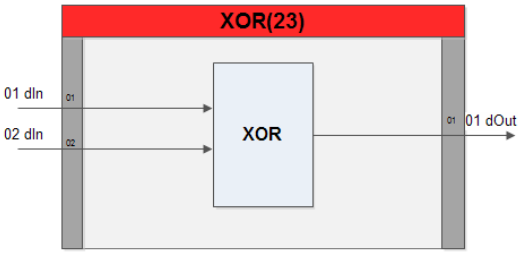


Рисунок 5.23.1 - Функціональна схема блоку, що виключає АБО XOR(23)

Опис функціонального блоку

Функціональний блок має два вхідні сигнали dIN1 і dIN2 і формує вихідний сигнал:

$$dOUT = dIN1 \oplus dIN2. \quad (5.23.1)$$

де '⊕' - знак операцій Виключне АБО.

Робота функціонального блоку описується у наведеній нижче таблиці 5.23.1.

Таблиця 5.23.1

dIN1	0	0	1	1
dIN2	0	1	0	1
dOUT	**0**	**1**	**1**	**0**

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 5.23.2.

Таблиця 5.23.2

Входи – параметри – виходи				**Призначення**
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	dIN1	0 / 1		Вхід блоку
02	dIN2	0 / 1		Вхід блоку
Вихід				
01	dOUT	0 / 1		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_23.fbx)

Постановка задачі: На виході 1 дискретного висновку має бути логічна «1», якщо тільки один із дискретних входів №1 або №2 спрацював. У разі одночасного спрацювання обох входів або відсутності сигналу на обох входах на виході буде «0».

Рішення:

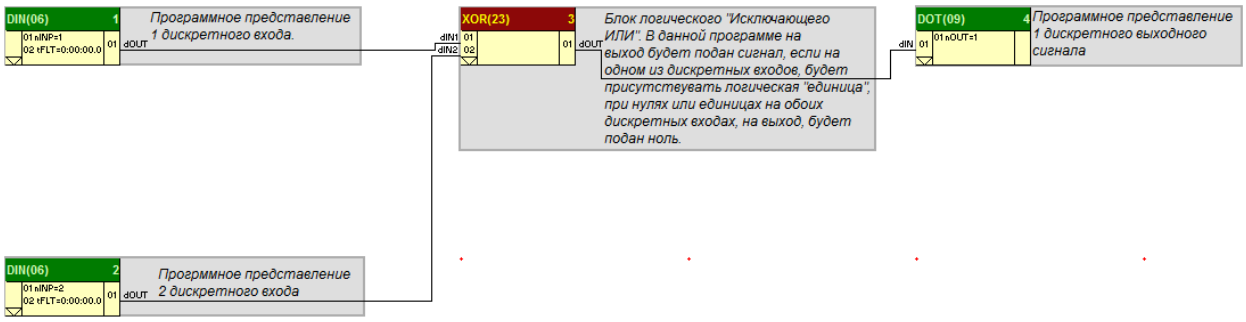


Рисунок 5.23.2 – Приклад роботи блоку XOR(23)

5.24 MAJRT (24) - Мажорування

Призначення

Функціональний блок працює за правилом "два із трьох". Блок використовується підвищення достовірності дискретних сигналів, що надходять, наприклад, від дискретних входів контролера.

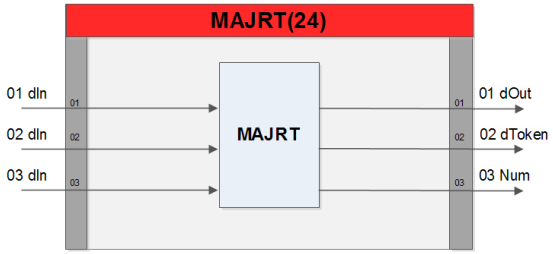


Рисунок 5.24.1 - Функціональна схема блоку мажорування MAJRT(24)

Опис функціонального блоку

Функціональний блок містить вузол мажорування, а також логіку, що визначає номер сигналу, стан якого не співпадає зі станом двох інших сигналів.

Робота функціонального блоку описується у наведеній нижче таблиці 5.24.1.

Таблиця 5.24.1

Стан вхідних сигналів	dOUT	dTOKEN	NUM
dIN1 = dIN2 = dIN3	dIN1 = dIN2 = dIN3	0	0
dIN2 = dIN3; dIN1	dIN2 = dIN3	1	1
dIN1 = dIN3; dIN2	dIN1 = dIN3	1	2
dIN1 = dIN2; dIN3	dIN1 = dIN2	1	3

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 5.24.2.

Таблиця 5.24.2

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	dIN1	0 / 1		Вхід блоку
02	dIN2	0 / 1		Вхід блоку
03	dIN3	0 / 1		Вхід блоку
Виходи				
01	dOUT	0 / 1		Вихід блоку
02	dTOKEN	0 / 1		Ознака розбіжності
03	NUM	0, 1, 2, 3		Номер вхідного сигналу, стан якого не збігається із станом двох інших сигналів

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_24.fbx)

Постановка задачі: Необхідно реалізувати дублювання сигналу. Тобто у випадку, коли 2 з 3 вхідних дискретних сигналу спрацювали, на виході має бути «1», якщо спрацював лише 1 вхід з 3, на виході має бути «0».

Рішення:

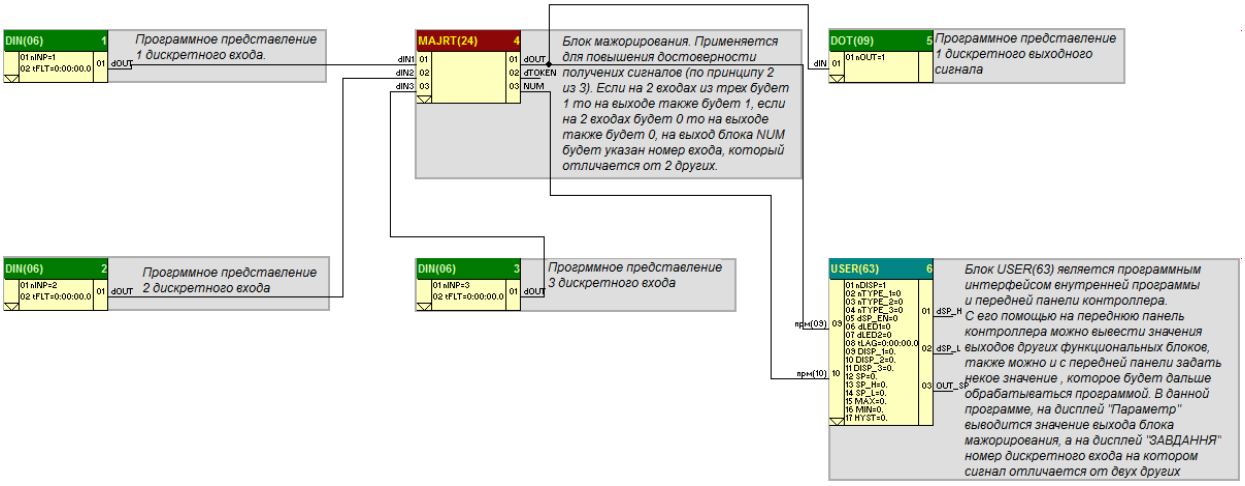


Рисунок 5.24.2 - Приклад роботи блоку MAJRT(24)

5.25 TRIG (25) - Тригер

Призначення

Функціональний блок RS-тригер застосовується для запам'ятовування дискретних сигналів.

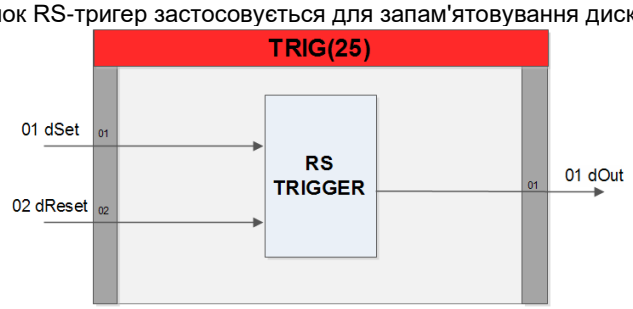


Рисунок 5.25.1 - Функціональна схема блоку "тригер" TRIG(25)

Опис функціонального блоку

Функціональний блок має два дискретні входи і один дискретний вихід. dSET - вхід є настановним: якщо при dRESET=0 сигнал dSET=1, вихідний сигнал dOUT=1. Цей сигнал запам'ятовується, тобто. залишається рівним одиниці незалежно від значення сигналу на вході dSET.

Якщо dRESET = 1, тригер скидається, причому dOUT = 0.

Робота функціонального блоку описується у наведеній нижче таблиці 5.25.1.

Таблиця 5.25.1

dSET	dRESET	dOUT
0	0	dOUT(i-1)
1	0	1
0	1	0
1	1	0

dOUT(i-1) – попереднє значення виходу.

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 5.25.2.

Таблиця 5.25.2

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	dSET	0 / 1		Вхід блоку
02	dRESET	0 / 1		Вхід блоку
Вихід				
01	dOUT	0 / 1		Вихід блоку

Приклад застосування (%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_25.fbx)

Постановка задачі: Реалізувати програмно роботу тригера. А саме – коли на вхід функціонального блоку подана «1», вона фіксується і буде доти, доки на другий вхід dRst не прийде сигнал скидання поточного виходу.

Рішення:

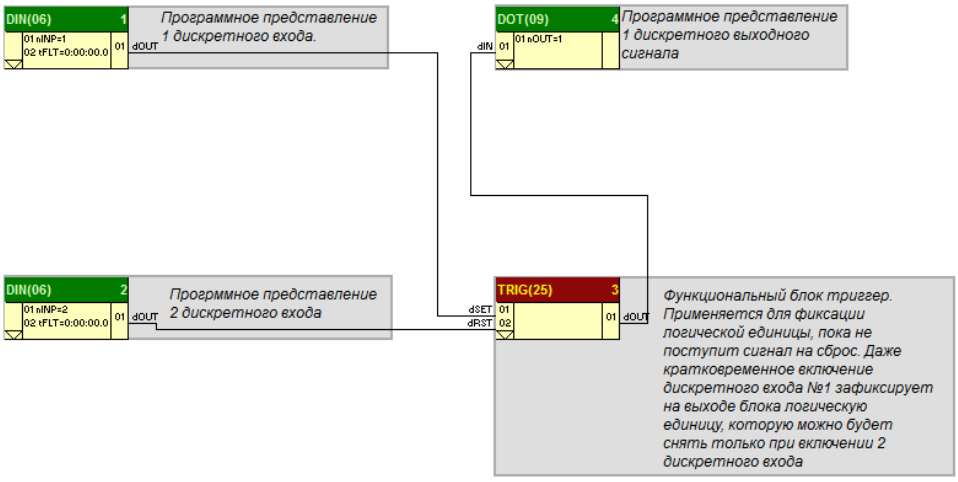


Рисунок 5.25.2 - Приклад роботи блоку TRIG(25)

5.26 REG (26) - Реєстр

Призначення

Функціональний блок використовується для запам'ятовування дискретних сигналів. Інформація записується в регістр, залежно від значення параметра MODE, за рівнем або переднім фронтом вхідного дискретного керуючого сигналу eWRITE.

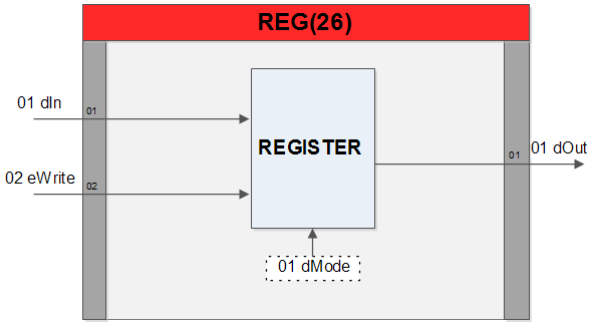


Рисунок 5.26.1 – Функціональна схема блоку «регістр» REG(26)

Опис функціонального блоку

Функціональний блок є 1-розрядний регістр. Блок має 1 інформаційний вхід dIN, який подаються вхідні сигнали і один управляючий вхід запису eWRITE.

Спосіб записування вхідного дискретного сигналу визначається значенням параметра MODE.

1. Запис за рівнем (MODE=0).

Якщо eWRITE = 1, інформація записується в регістр та його вихід dOUT = dIN. Якщо eWRITE=0, сигнал dOUT запам'ятовується та не змінюється (тобто не залежить від dIN).

Робота функціонального блоку описується у наведеній нижче таблиці 5.26.1.

Таблиця 5.26.1

eWRITE	dOUT
1	dOUT = dIN
0	dOUT = dIN,0

У цій таблиці dIN,0 – значення dIN у момент зняття команди eWRITE.

2. Запис по фронту (MODE=1).

По передньому фронту дискретного сигналу eWRITE (тобто в момент переходу сигналу eWRITE зі стану логічного 0 стан логічної 1) інформація з входу dIN записується в регістр, після чого функціональний блок не реагує на зміну сигналів на вході dIN. Записана в регістрі інформація передається на вихід блоку dOUT.

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 5.26.1.

Таблиця 5.26.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	dIN	0 / 1		Вхід блоку
02	eWRITE	0 / 1		Дозвіл запису
Параметр				
01	dMODE	0 / 1	1	Режим запису в регістр 0 – запис у регістр за логічної «1» 1 - запис у регістр по передньому фронту
Вихід				
01	dOUT	0 / 1		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_26.fbx)

Постановка задачі: Необхідно реалізувати запам'ятовування дискретного сигналу "1" або "0".

Рішення:

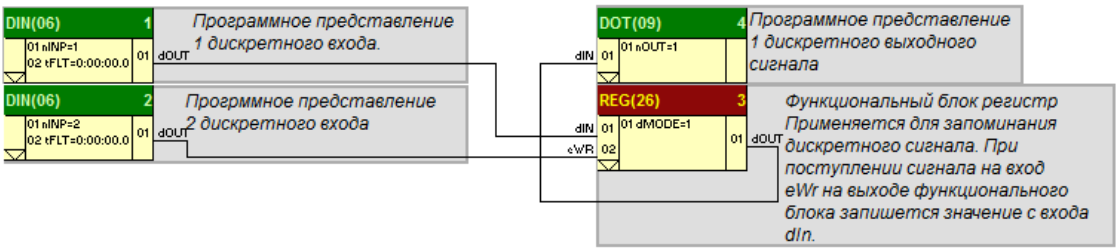


Рисунок 5.26.2 - Приклад роботи блоку REG(26)

5.27 EDGE (27) - Виділення фронту

Призначення

Функціональний блок застосовується виділення переднього чи заднього фронту дискретного сигналу.

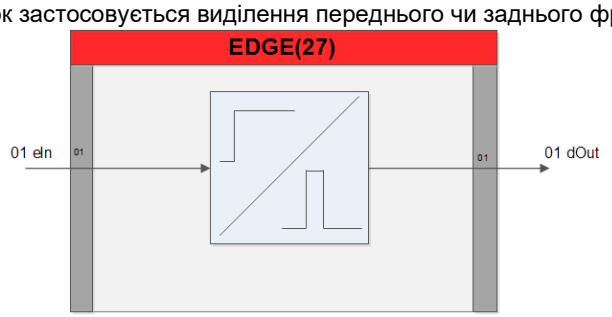


Рисунок 5.27.1 – Функціональна схема блоку «виділення фронту» EDGE(27)

Опис функціонального блоку

Якщо на вході функціонального блоку дискретний сигнал eIN змінює свій стан з логічного 0 на логічну 1 (передній фронт), то на виході блоку формується сигнал dOUT=1 на час, що дорівнює одному циклу роботи контролера. Решта часу dOUT=0.

Для виділення заднього фронту на вході блоку встановлюється інверсія.

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 5.27.1.

Таблиця 5.27.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Вхід				
01	eIN	0 / 1		Вхід блоку
Вихід				
01	dOUT	0 / 1		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_27.fbx)

Завдання: Завдання полягає в тому, щоб виділити передній фронт, довжиною в один цикл програми (0,1 секунди).

Рішення:

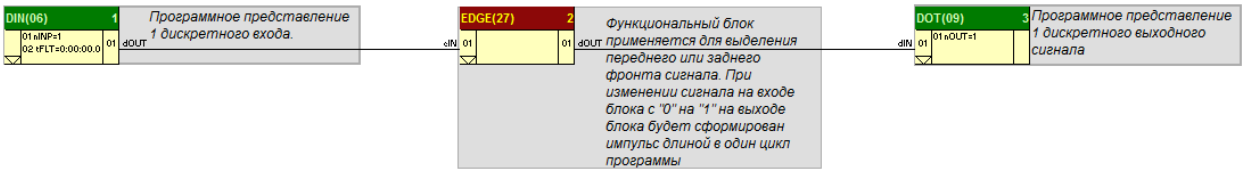


Рисунок 5.27.2 – Приклад роботи блоку EDGE(27)

5.28 CODER (28) - Шифратор

Призначення

Функціональний блок застосовується дляперетворення набору з кількох (до 12) дискретних сигналів на один числовий сигнал. Зокрема, алгоритм застосовується у випадках, коли інтерфейсно необхідно передати кілька дискретних сигналів. Шифрація дозволяє передати кілька (до 12) дискретних сигналів як одного пакета, і цим підвищити швидкість обміну цифрової інформації.

У цьому випадку алгоритм шифрації застосовується у поєднанні з алгоритмом дешифрації DECODER.

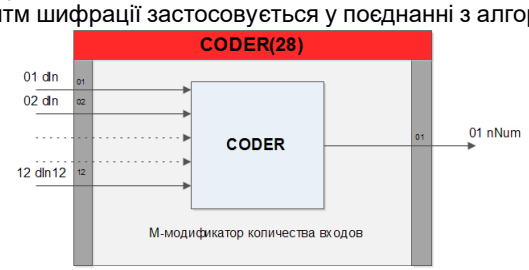


Рисунок 5.28.1 – Функціональна схема блоку CODER(28)

Опис функціонального блоку

Якщо через мережу передається велика кількість дискретних невпакованих сигналів, кожен із яких займає 2 байти, швидкість обміну знижується. Щоб запобігти значному зниженню швидкості, дискретні сигнали упаковуються при передачі та розпаковуються при прийомі. Упаковка виконується за допомогою алгоритму шифрації CODER, що міститься в контролері-джерелі, а розпакування – за допомогою алгоритму дешифрації DECODER, що міститься в контролері-приймачі. Алгоритм CODER, отримуючи своїх входах до 12 дискретних сигналів, формує у своїх виходах числової сигнал, рівний виваженої сумі вхідних сигналів. Цей числовий сигнал, у якому закодовані значення всіх дискретних сигналів, передається через мережу 2 байтів. Алгоритм DECODER здійснює зворотне перетворення: приймаючи числовий сигнал, він на своїх виходах формує дискретні сигнали відповідно до алгоритму, зворотного алгоритму цифрації. Процедура упаковки-розпакування істотно знижує навантаження на мережу під час передачі великої кількості дискретних сигналів. Наприклад, якщо у мережі використовуються 10 контролерів і кожен передає по 10 дискретних сигналів, то замість 10x10x2=200 Байтів у невпакованому форматі через мережу передаватиметься лише 10x2=20 байтів у упакованому форматі.

Алгоритм перетворює m вхідних дискретних сигналів dIN один числовий сигнал nNUM. Число 0≤m≤13 задається модифікатором. За m=0 алгоритм є «порожнім».

Перетворення (шифрація) ведеться за такою формулою:

$$nNUM=dIN1*20 + dIN1*21+ \ldots + dIN1*2m-1 \quad (5.28.1)$$

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 5.28.1.

Таблиця 5.28.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	dIN1	0 / 1		1-й вхід блоку
02	dIN2	0 / 1		2-й вхід блоку
03	dIN3	0 / 1		3-й вхід блоку
…	…	…		
m	dINm	0 / 1		m-й вхід блоку (m≤12)
Вихід				
01	dNUM	0 / 1		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_28_29.fbx)

Постановка завдання: Необхідно одним пакетом, передати сигнал із 5 дискретних входів.

Рішення:

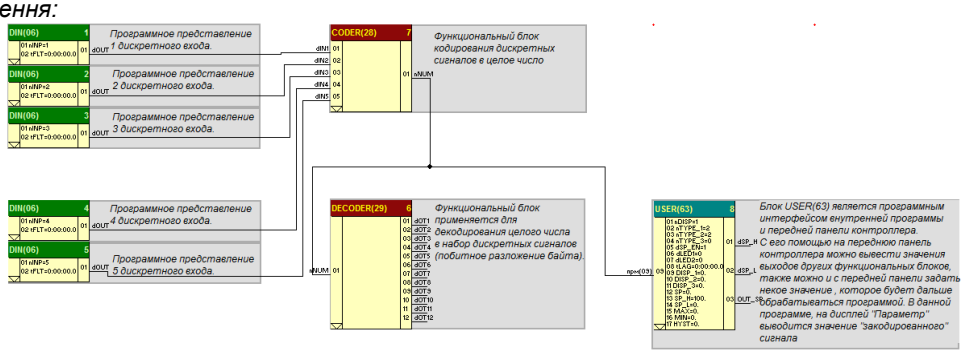


Рисунок 5.28.2 – Приклад роботи блоку CODER(28)

5.29 DECODER (29) - Дешифратор

Призначення

Функціональний блок застосовується для перетворення числового сигналу на набір дискретних сигналів. Зокрема, цей алгоритм застосовується у поєднанні з алгоритмом цифрового входу в тих випадках, коли за інтерфейсом приймаються дискретні зашифровані сигнали (див. алгоритм шифрації CODER). Інший варіант застосування алгоритму – у завданнях дискретного керування за необхідності перетворення числа, що надходить на вхід nNUM, у певну комбінацію дискретних сигналів на виході.

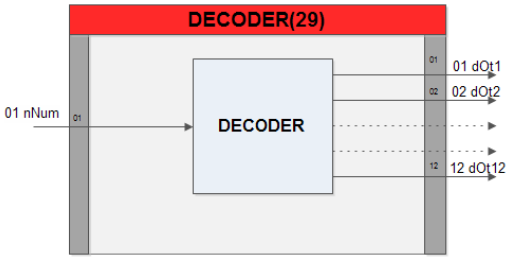


Рисунок 5.29.1 – Функціональна схема блоку DECODER(29)

Опис функціонального блоку

Алгоритм перетворює числову змінну nNUM на 12 дискретних вихідних сигналів dOT. Дешифрація здійснюється відповідно до залежності 5.28.1.

Входи, параметри та виходублоку представлені у таблиці 5.29.1.

Таблиця 5.29.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Вхід				
01	nNUM	0 / 1		Вхід блоку
Виходи				
01	dOT1	0 / 1		Вихід блоку
02	dOT2	0 / 1		Вихід блоку
03	dOT3	0 / 1		Вихід блоку
…				
12	dOT12	0 / 1		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_28_29.fbx)

Постановка задачі: Необхідно декодувати сигнал у вигляді цілого числа на незалежні біти (дискретні сигнали).

Рішення:

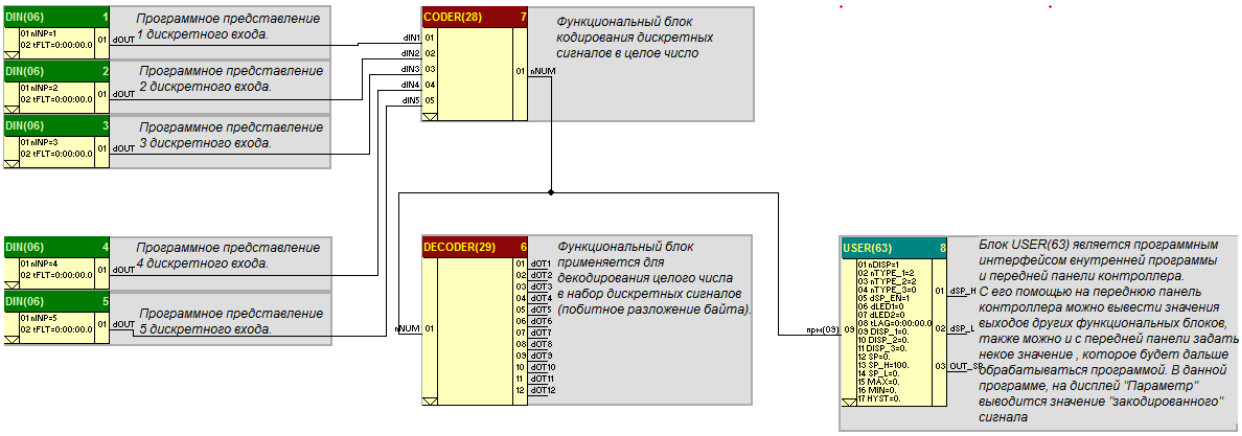


Рисунок 5.29.2 - Приклад роботи блоку DECODER(29)

6 Функціональні блоки керування програмою

6.30 MIN (30) - Мінімум

Призначення

Функціональний блок використовується виділення мінімального з кількох (до 12) сигналів.

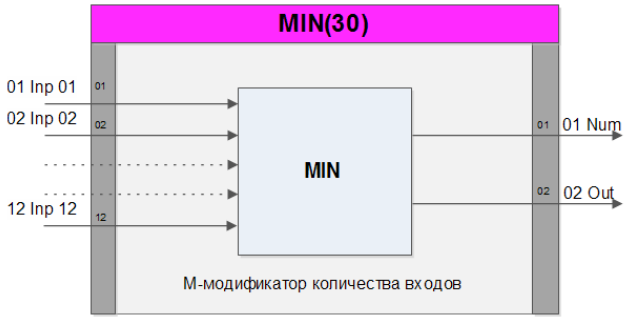


Рисунок 6.30.1 – Функціональна схема блоку «мінімум» MIN(30)

Опис функціонального блоку

На вхід функціонального блоку надходять сигнали, число яких 0<m<12 і визначається модифікатором. Вихідний сигналвибирається з цих сигналів і дорівнює мінімальному:

OUT=min {INP1;INP2;...INPm}

Функціональний блок має додатковий вихід NUM, на якому формується число, що дорівнює номеру вхідного сигналу, що пройшов на вихід (тобто мінімальний).

Якщо є група рівних між собою сигналів, причому ці сигнали є мінімальними, то номер NUM дорівнює мінімальний номер сигналу в цій групі.

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 6.30.1.

Таблиця 6.30.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Входи				
01	INP1	Речове		Вхід блоку
…				
12	INP12	Речове		Вхід блоку
Виходи				
01	NUM	Ціле		Номер входу поданого на вихід блоку
02	OUT	Речове		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_30_31.fbx)

Постановка задачі: Необхідно знайти мінімальне значення двох аналогових входів.

Рішення:

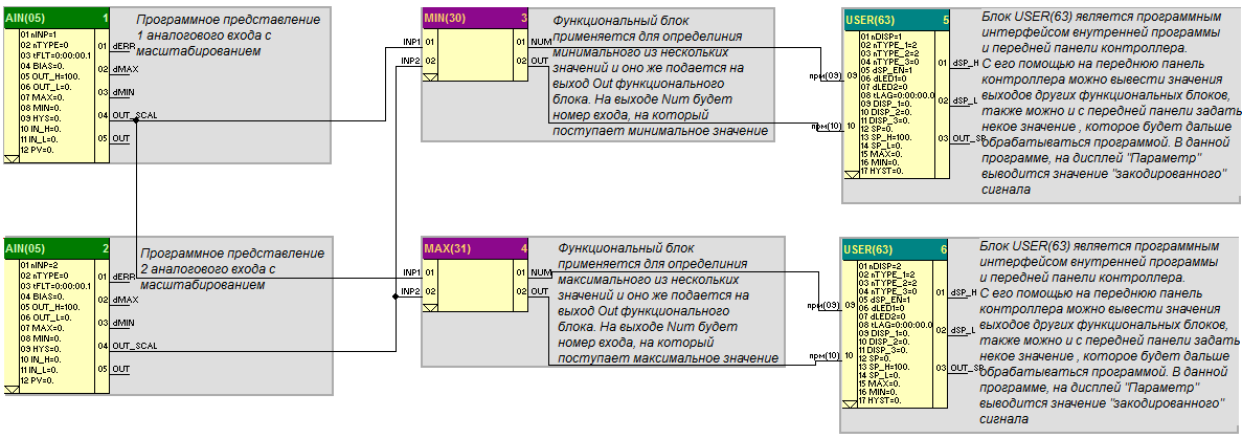


Рисунок 6.30.2 – Приклад роботи блоку MIN(30)

6.31 MAX (31) - Максимум

Призначення

Функціональний блок використовується виділення максимального з кількох (до 12) сигналів.

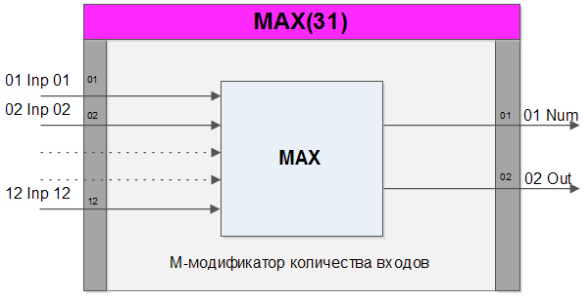


Рисунок 6.31.1 – Функціональна схема блоку «максимум» MAX(31)

Опис функціонального блоку

На вхід функціонального блоку надходять сигнали, число яких 0<m<12 і визначається модифікатором. Вихідний сигнал дорівнює максимальному з цих сигналів:

OUT=max {INP1;INP2;...INPm}

Функціональний блок має додатковий вихід NUM, на якому формується число, що дорівнює номеру вхідного сигналу, що пройшов на вихід (тобто є максимальним).

Якщо є група рівних між собою сигналів, причому ці сигнали є максимальними, то номер NUM дорівнює мінімальному номеру сигналу в цій групі.

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 6.31.1.

Таблиця 6.31.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	INP1	Речове		Вхід блоку
…				
12	INP12	Речове		Вхід блоку
Виходи				
01	NUM	Ціле		Номер входу поданого на вихід блоку
02	OUT	Речове		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_30_31.fbx)

Постановка задачі: Необхідно знайти максимальне значення двох аналогових входів.

Рішення:

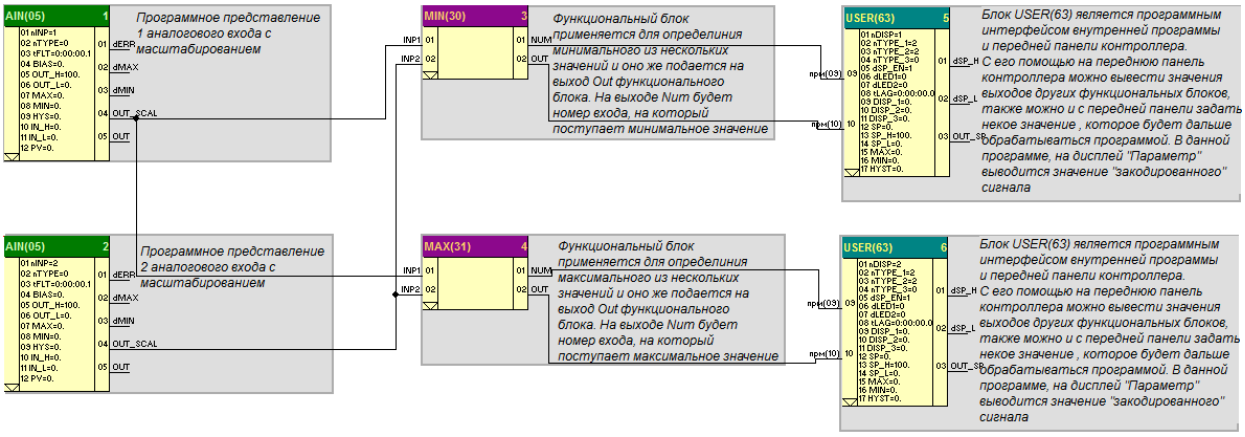


Рисунок 6.31.2 – Приклад роботи блоку MAX(31)

6.32 AVRG (32) - Ковзне середнє, затримка

Призначення

Функціональний блок застосовується для обчислення середнього з кількох (до 10) останніх відліків аналогового сигналу або здійснення тимчасової затримки.

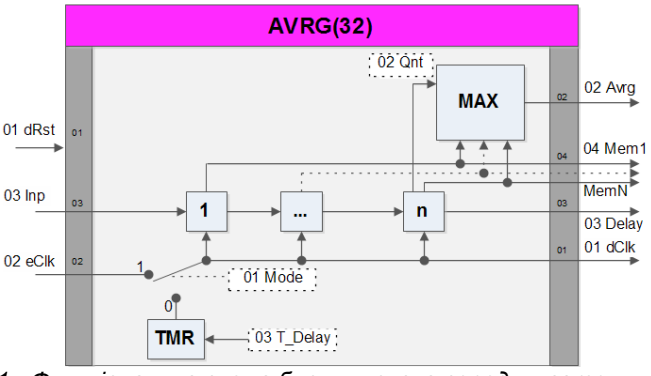


Рисунок 6.32.1 - Функціональна схема блоку «ковзна середня, затримка» AVRG(32)

Опис функціонального блоку

Входи, параметри та виходи блоку представлені в таблиці 6.32.1.

Таблиця 6.32.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	dRST	0 / 1		Команда скидання
02	eCLK	0 / 1		Команда відліку
03	INP	Речове		Вхід блоку
Параметри				
01	MODE	0 / 1	0	Вибір режиму (0 – TMR, 1 – eCLK)
02	QNT	1 - 10	2	Кількість осередків
03	T_DELAY		0:00:00:1	Період відліку
Виходи				
01	dCLK	0 / 1		Ознака відліку
02	AVRG	Речове		Вихід блоку
03	DELAY	Речове		Вихід блоку
04	MEM1	Речове		Вихід осередку пам'яті
05	MEM2	Речове		Вихід осередку пам'яті
…				
13	MEM10	Речове		Вихід осередку пам'яті

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_32.fbx)

Постановка задачі: Необхідно знайти середнє арифметичне значення 2 сигналів, що приходять на один аналоговий вхід з різницею в часі 0.2 секунди.

Рішення:

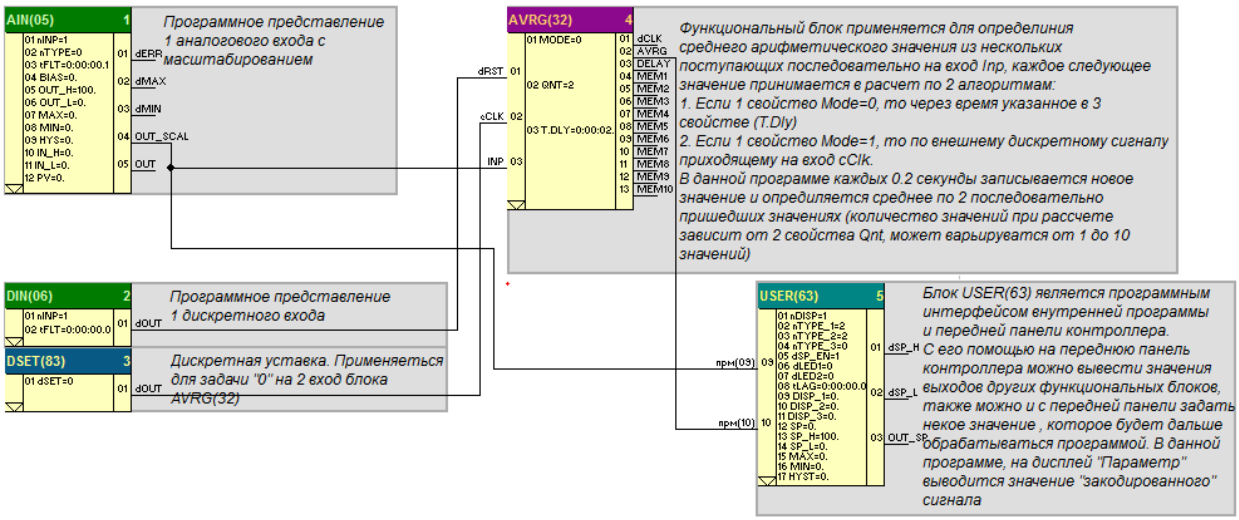


Рисунок 6.32.2 - Приклад роботи блоку AVRG(32)

6.33 EXTREM (33) - Екстремум

Призначення

Функціональний блок застосовується для пошукуі фіксації максимального та/або мінімального значення змінюється у часі сигналу. Зокрема, функціональний блок використовується у задачах оптимізації.

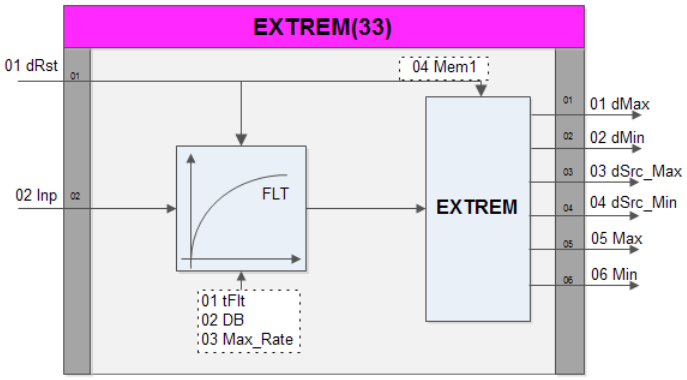


Рисунок 6.33.1 - Функціональна схема блоку “екстремум” EXTREM(33)

Опис функціонального блоку

Блок містить фільтр нижніх частот (FLT) та вузол виділення екстремуму (EXTREM).

Вхідний сигнал подається на сигнальний вхід блоку INP і, пройшовши через фільтр нижніх частот, надходить на вхід вузла екстремуму виділення (EXTREM).

На виходах блоку MAX, MIN фіксується останнє відповідно максимальне та мінімальне значення сигналу INP, що надходить на вхід вузла EXTREM.

Функціональний блок працює наступним чином (див. рис.) До тих пір, поки є команда скидання (dRST=1), пошук екстремуму не ведеться і вихідні сигнали MAX=MIN=INP1. Коли сигнал скидання знімається (dRST = 0), вихідні сигнали MAX і MIN заморожуються і починається пошук екстремуму.

Як тільки знайдено максимум, вихідний сигнал MAX стає рівним максимальному значенню INP. Коли алгоритм фіксує мінімум, вихідний сигнал MIN набуває значення, що дорівнює мінімальному значенню INP. Виходи MAX і MIN залишаються незмінними до виявлення чергового екстремуму - відповідно максимуму чи мінімуму.

У момент виявлення максимуму або мінімуму на час, що дорівнює часу циклу роботи контролера, на дискретних виходах відповідно dMAX або dMIN формуються дискретні сигнали dMAX=1 або dMIN=1.

На дискретних виходах dSRC_MAX (пошук максимуму) та dSRC_MIN (пошук мінімуму) формуються сигнали, що свідчать про напрямок пошуку. У стані скидання пошук не проводиться і dSRC_MAX=dSRC_MIN=0. Якщо зараз ведеться пошук максимуму, то dSRC_MAX=1, dSRC_MIN =0, якщо ведеться пошук мінімуму, то dSRC_MAX =0 і dSRC_MIN =1.

У функціональному блоці передбачені заходи підвищення помехозащищенности процесу пошуку: є фільтр нижніх частот, є можливість введення зони нечутливості і передбачена можливість аналізу на допустиму швидкість зміни сигналу в районі екстремуму. Ці заходи можуть застосовуватися окремо, а також у будь-яких поєднаннях.

Фільтр нижніх частот має передатну функцію:

$$W(p) = 1 / (tFLT * p + 1). \quad (6.33.1)$$

де tFLT – постійна часу фільтра.

Вплив зони нечутливості показано на рисунку.

Якщо параметром DB встановлено значення зони нечутливості DB=0, то екстремум фіксується відразу, як тільки похідний знак змінився на протилежний (саме така ситуація представлена на рисунку). Якщо введена зона нечутливості (DB >0), то екстремум фіксується не відразу, лише після того, як, пройшовши екстремум, сигнал зміниться на величину, більшу DB. Якщо сигнал зміниться на меншу величину і потім знову почне змінюватися у вихідному напрямку, екстремум не фіксується. Значення DB<0 сприймається алгоритмом як DB=0.

Параметром MAX_RATE встановлюється допустима швидкість зміни сигналу, коли фіксується екстремум. Якщо MAX_RATE=∞то обмеження на швидкість не накладаються. В іншому випадку екстремум фіксується лише тоді, коли після проходження екстремуму (або, за наявності зони нечутливості - після проходження цієї зони) швидкість зміни сигналу V≤MAX_RATE.

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 6.33.1.

Таблиця 6.33.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Входи				
01	dRST	0 / 1		Команда скидання
02	INP	Речове		Вхід блоку
Параметри				
01	tFLT		0:00:00:1	Постійна часу фільтра
02	DB	Речове	0	Зона нечутливості
03	MAX_RATE	Речове	100	Допустима швидкість зміни сигналу
Виходи				
01	dMAX	0 / 1		Фіксація максимуму
02	dMIN	0 / 1		Фіксація мінімуму
03	dSRC_MAX	0 / 1		Ознака пошуку максимуму
04	dSRC_MIN	0 / 1		Ознака пошуку мінімуму
05	MAX	Речове		Максимальне значення вхідного сигналу
06	MIN	Речове		Мінімальне значення вхідного сигналу

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_33.fbx)

Постановка задачі: Вивести на дисплей контролера миттєве значення мінімального та максимального екстремуму.

Рішення:

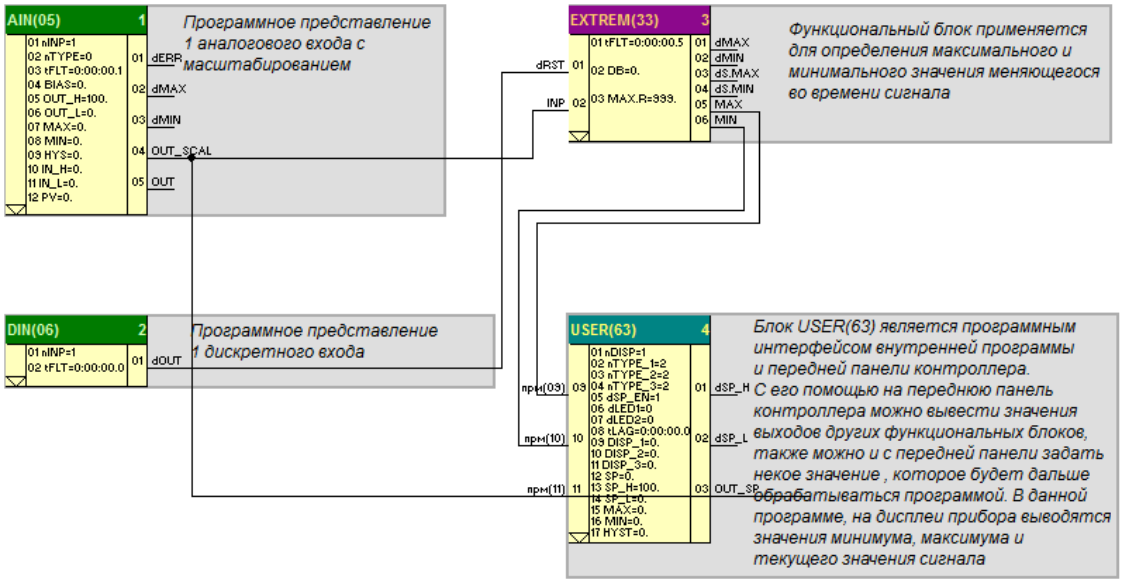


Рисунок 6.33.2 – Приклад роботи блоку EXTREM(33)

6.34 LIMIT (34) - Обмеження

Призначення

Функціональний блок застосовується для обмеження верхньої та (або) нижньої межі.

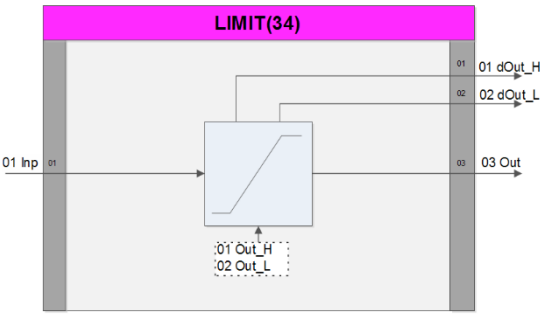


Рисунок 6.34.1 – Функціональна схема блоку «обмеження» LIMIT(34)

Опис функціонального блоку

Функціональний блок містить обмежувач верхнього та нижнього значення сигналу. На двох дискретних виходах dOUT_H та dOUT_L фіксується досягнення сигналом верхньої та нижньої межі обмеження.

Робота функціонального блоку описується у наведеній нижче таблиці 6.34.1.

Таблиця 6.34.1

INP	OUT	dOUT_H	dOUT_L
OUT_H >INP> OUT_L	INP	0	0
INP≥OUT_H	OUT_H	1	0
INP≤OUT_L	OUT_L	0	1

Функціональний блок буде правильно працювати тільки якщо OUT_H > OUT_L.
Рівні обмежень задаються параметрами OUT_H, OUT_L.

Входи, параметри та виходублоку представлені у таблиці 6.34.2.

Таблиця 6.34.2

Входи – параметри – виходи				**Призначення**
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Вхід				
01	INP1	Речове		Вхід блоку
Параметри				
01	OUT_H	Речове	100	Верхній рівень обмеження
02	OUT_L	Речове	0	Нижній рівень обмеження
Виходи				
01	dOUT_H	0 / 1		Сигнал досягнення верхнього кордону
02	dOUT_L	0 / 1		Сигнал досягнення нижньої межі
03	OUT	Речове		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_34.fbx)

Постановка завдання: Необхідно обмежити аналоговий вхід у межах від 20 до 80.
Рішення:

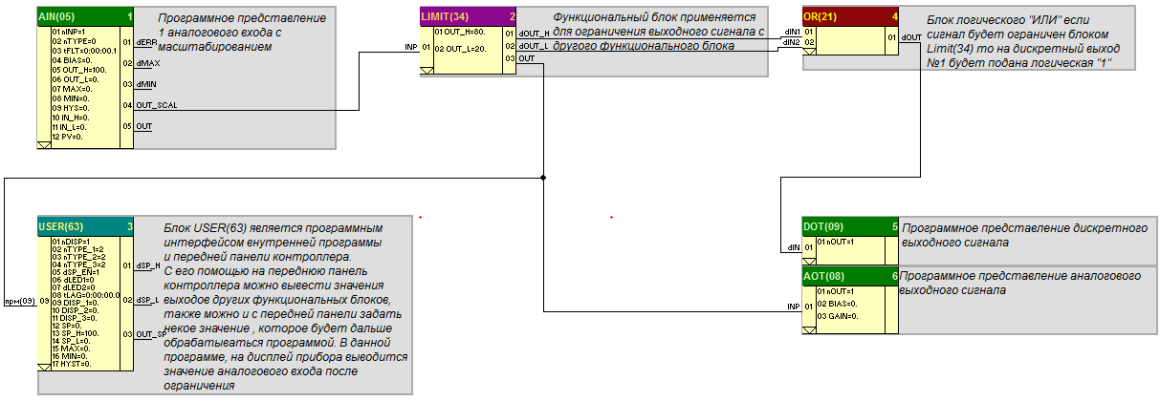


Рисунок 6.34.2 - Приклад роботи блоку LIMIT(34)

6.35 LIMIT_RT (35) - Обмеження швидкості

Призначення

Функціональний блок використовується у випадках, коли необхідно обмежити швидкість зміни сигналу.

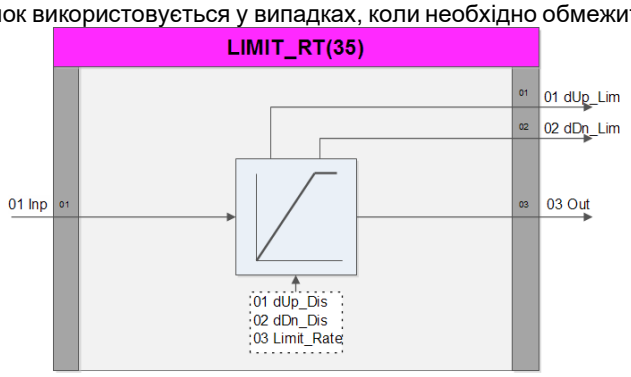


Рисунок 6.35.1 – Функціональна схема блоку «обмеження швидкості» LIMIT_RT(35)

Опис функціонального блоку

Функціональний блок містить вузол обмеження швидкості. У будь-який час вихідний сигнал OUT прагне зрівнятися з вхідним сигналом INP. Якщо OUT = INP і швидкість зміни вхідного сигналу INP_RATE менша за задане обмеження LIMIT_RATE (тобто INP_RATE < LIMIT_RATE), то вихідний сигнал OUT змінюється зі швидкістю OUT=INP, залишаючись у кожний момент часу рівним сигналу INP. Якщо INP_RATE>LIMIT_RATE, сигнал OUT починає змінюватися зі швидкістю LIMIT_RATE, доки не зрівняється із сигналом INP.
Функціональний блок має два дискретні виходи dUP_LIM та dDN_LIM. Якщо швидкість INP_RATE менша від заданого обмеження LIMIT_RATE, сигнали на обох виходах дорівнюють нулю. В іншому випадку з'являється сигнал на виході dUP_LIM або dDN_LIM, залежно від того, збільшується (змінюється в напрямку "більше") або зменшується (змінюється в напрямку "менше") вихідний сигнал OUT. Стан виходів dUP_LIM та dDN_LIM задається у наступній таблиці.

Таблиця 6.35.1

INP_RATE	dUP_LIM	dDN_LIM
| INP_RATE |<LIMIT_RATE	0	0
INP_RATE = LIMIT_RATE	1	0
INP_RATE = - LIMIT_RATE	0	1

Входи, параметри та виходи блоку представлені в таблиці 6.35.2.

Таблиця 6.35.2

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Вхід				
01	INP	Речове		Вхід блоку
Параметри				
01	dUP_DIS	0 / 1	0	Сигнал заборони у напрямку "більше"
02	dDN_DIS	0 / 1	0	Сигнал заборони у напрямку "менший"
03	LIMIT_RATE	Речове	100	Задане значення обмеження швидкості
Виходи				
01	dUP_LIM	0 / 1		Зміна з максимальною швидкістю у напрямку "більше"
02	dDN_LIM	0 / 1		Те саме в напрямку "менше"
03	OUT	Речове		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_35.fbx)

Завдання: Необхідно обмежити швидкість зміни аналогового сигналу в часі. Приріст повинен бути обмежений не більше ніж 20 одиниць за секунду.

Рішення:

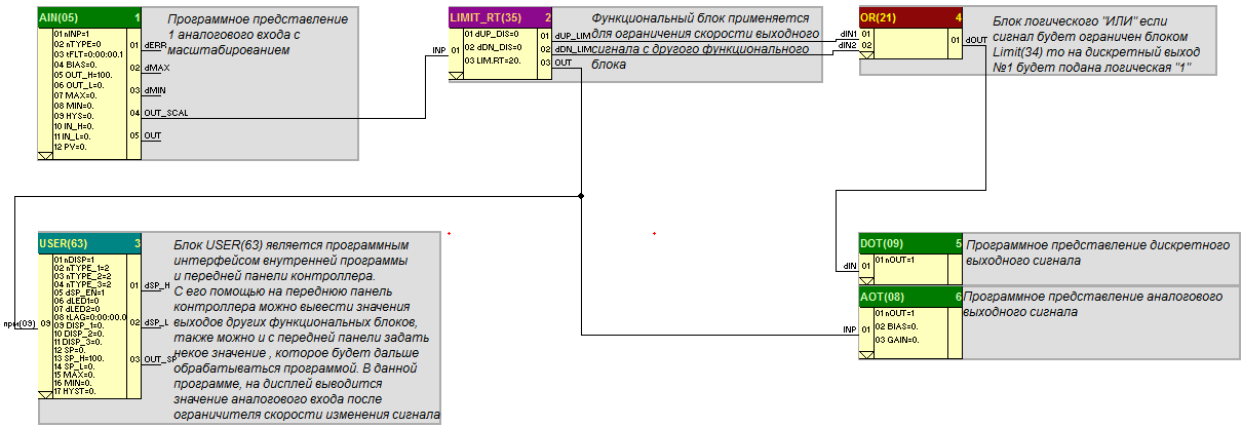


Рисунок 6.35.2 - Приклад роботи блоку LIMIT_RT(35)

6.36 MUX (36) - Перемикач за номером

Призначення

Функціональний блок використовується для перемикання кількох (до 11) сигналів. Положення перемикача визначається значенням числа, що надходить на спеціальний вхід блоку.

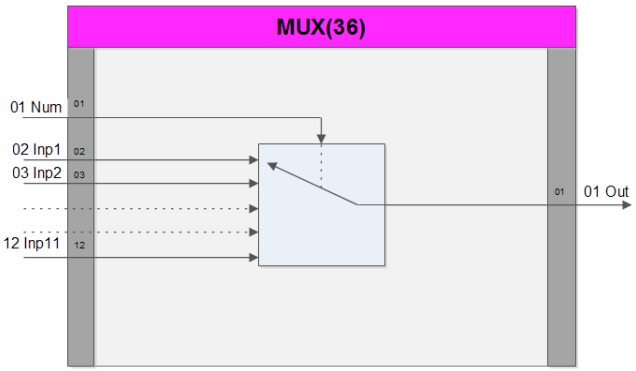


Рисунок 6.36.1 - Функціональна схема блоку "перемикач за номером" MUX(36)

Опис функціонального блоку

Перемикач має 0<m<11 положень, де m задається модифікатором. На вхід NUM подається число, що визначає номер підключеного входу.

Робота перемикача описується таблицею:

Таблиця 6.36.1

NUM	NUM≤0	NUM = 1	NUM =2	....	NUM≥m
OUT	0	INP1	INP2	...	INPm

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 6.36.2.

Таблиця 6.36.2

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	NUM	1 – 12		Номер входу блоку, що подається на вихід
02	INP1	Речове		Вхід блоку
…				
12	INP11	Речове		Вхід блоку
Вихід				
01	OUT	Речове		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_36.fbx)

Постановка завдання: Необхідно організувати перемикання передачі на аналоговий вихід сигналу з одного з трьох аналогових входів, залежно від зазначеного номера користувачем передньої панелі (блок User).

Рішення:

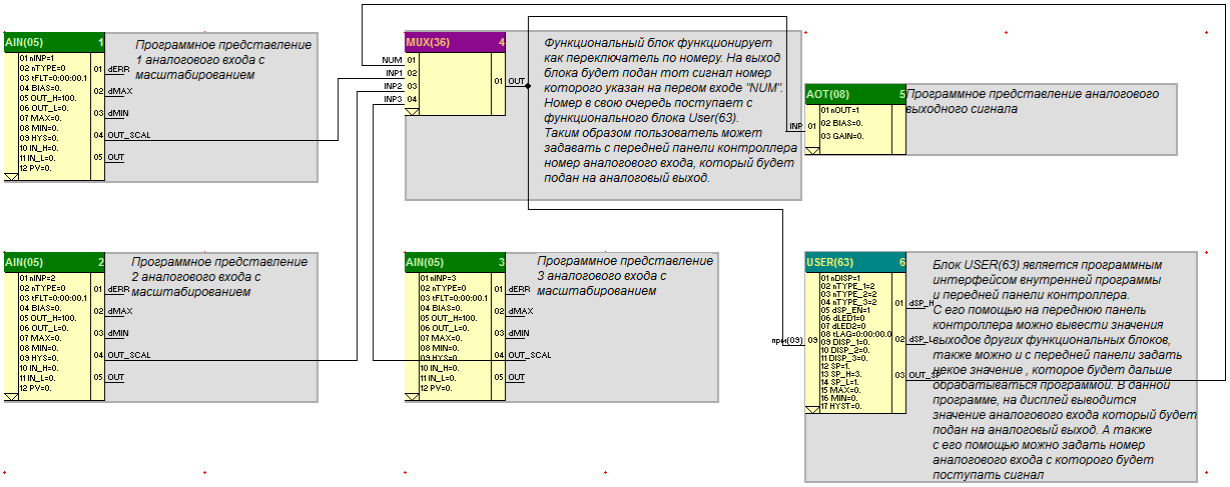


Рисунок 6.36.2 - Приклад роботи блоку MUX(36)

6.37 CMP (37) - Компаратор

Призначення

Функціональний блок застосовується для контролю вхідного сигналу.

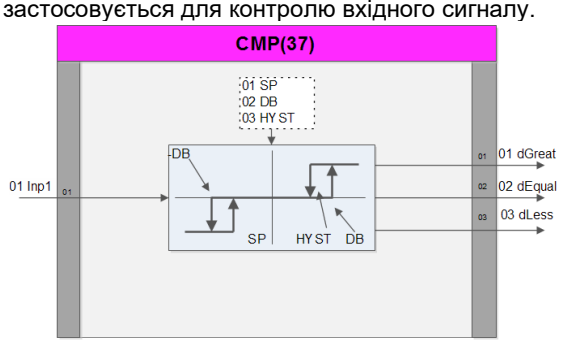


Рисунок 6.37.1 – Функціональна схема блоку «компаратор» CMP(37)

Опис функціонального блоку

Функціональний блок містить ланку порогового елемента. Сигнал подається на ланку порогового елемента з порогом спрацьовування DB та гістерезисом HYST. Рекомендовано не залишати параметр DB рівним нулю.

Блок має три вихідні сигнали.

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 6.37.1.

Таблиця 6.37.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Вхід				
01	INP	Речове		Вхідний параметр блоку
Параметри				
01	SP	Речове	0	Задане значення
02	DB	Речове	0	Мертва зона
03	HYST	Речове	0	Гістерезис
Виходи				
01	dGREAT	0 / 1		Параметр більший за задане значення
02	dEQUAL	0 / 1		Параметр дорівнює заданому значенню
03	dLESS	0 / 1		Параметр менший від заданого значення

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_37.fbx)

Залежно від поточного значення аналогового входу необхідно подати на один з дискретних виходів логічну «1». Якщо значення більше 50 то на 1 дискретний вихід, якщо дорівнює 50 то на другий, і якщо менше на третій.

Рішення:

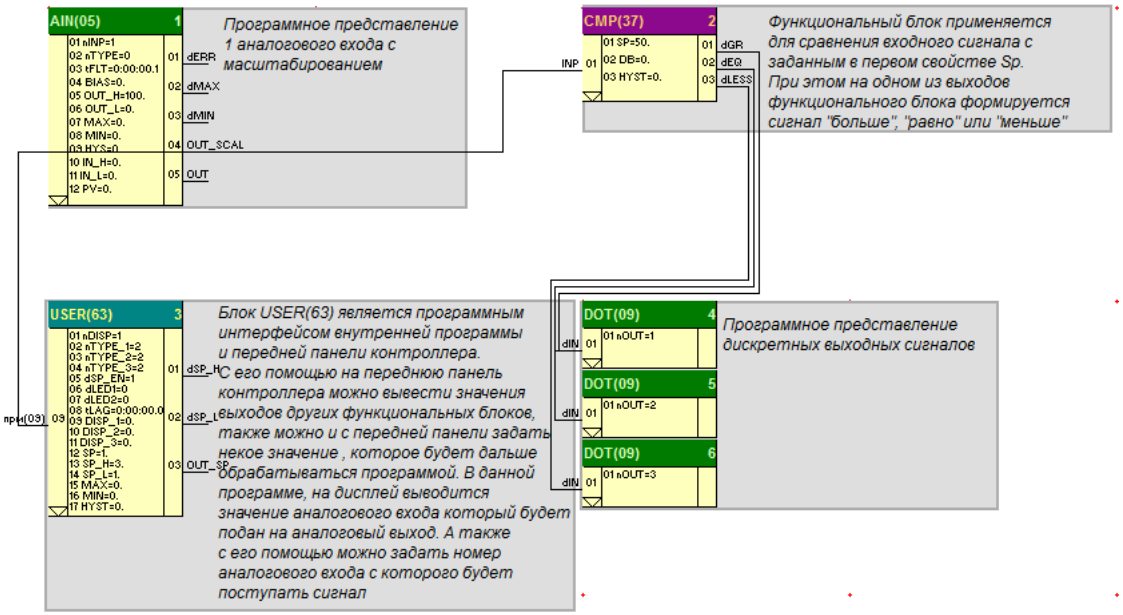


Рисунок 6.37.2 - Приклад роботи блоку CMP(37)

6.38 TIMER (38) - Таймер

Призначення

Функціональний блок застосовується завдання витримок часу.

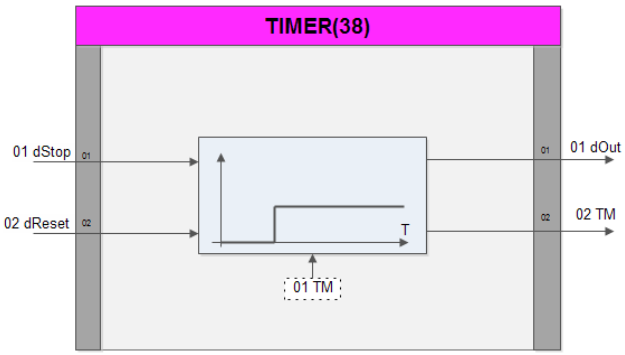


Рисунок 6.38.1 – Функціональна схема блоку «таймер» TIMER(38)

Опис функціонального блоку

Функціональний блок має два дискретні входи dSTOP і dRESET. У стані "стоп" відлік часу припиняється, у стані "скидання" ланка таймера обнулюється і час "зупиняється" так само, як у стані "стоп". Команда dRESET є пріоритетною над командою dSTOP.

Якщо команда dSTOP та dRESET відсутні, блок перебуває у стані "пуск". У цьому стані провадиться відлік часу.

Якщо значення поточного часу зрівняється зі значенням параметра TM, вихідний сигнал dOUT перетворюється на стан логічної одиниці.

Входи, параметри та виходу блокупредставлені у таблиці 6.38.1.

Таблиця 6.38.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	dSTOP	0 / 1		Зупинка таймера
02	dRESET	0 / 1		Скидання таймера
Параметр				
01	TM	Час	0	Час спрацьовування
Виходи				
01	dOUT	0 / 1		Вихід блоку
02	TM	Час		Поточний час таймера

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_38.fbx)

Постановка завдання: Зробити затримку довжиною 5 секунд, перш ніж подати дискретний сигнал на дискретний вихід, якщо сигнал буде перервано протягом цих 5 секунд, почати відлік спочатку.

Рішення:

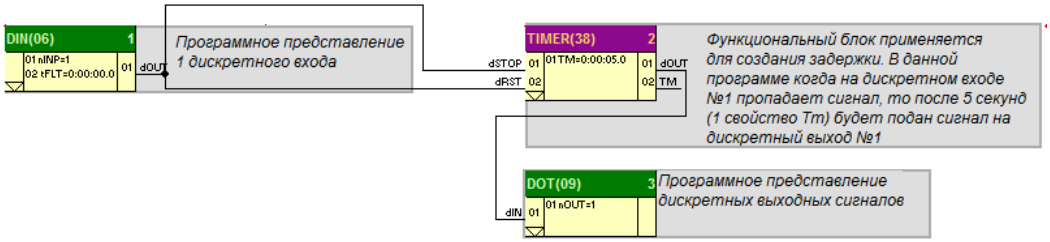


Рисунок 6.38.2 - Приклад роботи блоку TIMER(38)

6.39 COUNT (39) - Лічильник

Призначення

Функціональний блок є реверсивним лічильником і використовується для підрахунку числа дискретних подій (перехід зі стану логічного 0 в стан логічного 1 або зворотних переходів), а також для порівняння підрахованого числа із заданими уставками.

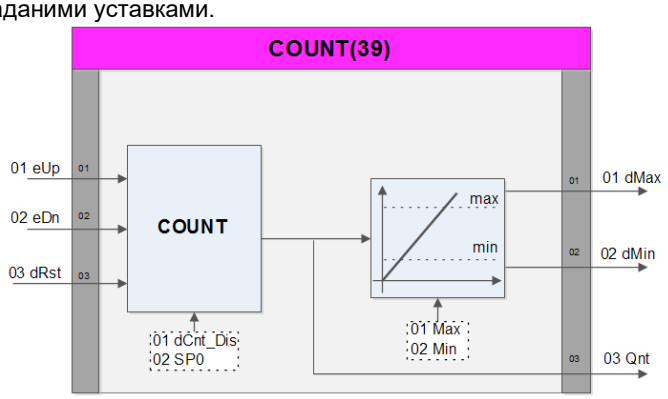


Рисунок 6.39.1 - Функціональна схема блоку «лічильник» COUNT(39)

Опис функціонального блоку

Кожен перехід дискретного сигналу на вході eUP зі стану логічного 0 стан логічної 1 викликає збільшення вмісту лічильника на одиницю. Аналогічний перехід на вході eDN зменшує вміст лічильника на одиницю. Одночасний прихід сигналів на входи eUP та eDN сприймається як відсутність обох сигналів.

Якщо на момент зняття сигналу dRST (скидання) на вході eUP або eDN був сигнал логічної 1, ця ситуація сприймається як наявність переходу відповідного сигналу з нуля в одиницю.

Робота лічильника дозволяється, якщо відсутні сигнали "стоп" та "скидання" на dRST та CNT_DIS. Якщо сигнал на вході CNT_DIS, значення лічильника заморожується. Якщо є сигнал на вході dRST, лічильник записується початкове значення числа SP0. Команда dRST пріоритетна над командою CNT_DIS.

Входи, параметри та виходи блоку представлені у таблиці 6.39.1.

Таблиця 6.39.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Входи				
01	eUP	0 / 1		Вхід збільшення значення лічильника
02	eDN	0 / 1		Вхід зменшення значення лічильника
03	dRST	0 / 1		Скидання лічильника
Параметри				
01	dCNT_DIS	0 / 1	0	Зупинка лічильника
02	SP0	Ціле	0	Початкове значення рахунку
03	MAX	Ціле	90	Уставка сигналізації MAX
04	MIN	Ціле	10	Уставка сигналізації MIN
Виходи				
01	dMAX	0 / 1		Сигналізація досягнення лічильником уставки MAX
02	dMIN	0 / 1		Сигналізація досягнення лічильником уставки MIN
03	QNT	Ціле		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_39.fbx)

Постановка завдання: Необхідно підсумовувати кількість спрацьовувань першого дискретного сигналу та віднімати від отриманого значення спрацьовування другого дискретного входу.

Рішення:

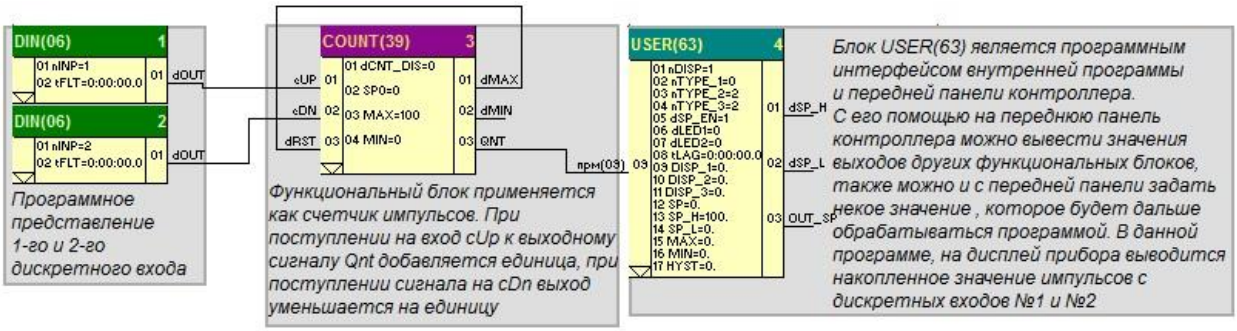


Рисунок 6.39.2 - Приклад роботи блоку COUNT(39)

6.40 OSC (40) - Одновібратор

Призначення

Функціональний блок застосовується у випадках, коли необхідно сформувати одиночний імпульс заданої тривалості.

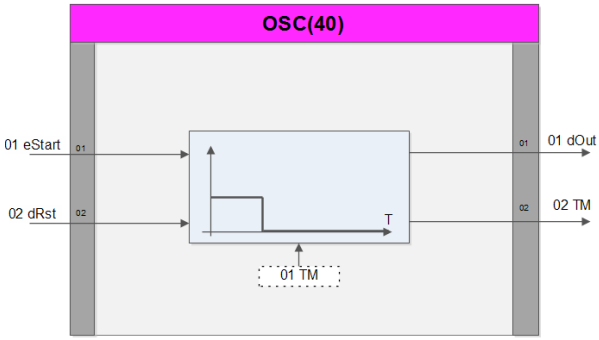


Рисунок 6.40.1 – Функціональна схема блоку «одновібратор» OSC(40)

Опис функціонального блоку

Одновібратор запускається переднім фронтом сигналу на вході eSTART (пуск), тобто. коли на вході eSTART дискретний сигнал переходить із стану лог.0 до стану лог.1. Перед пуском вихідний дискретний сигнал dOUT відсутній. Після пуску з'являється сигнал на виході dOUT, причому цей сигнал перебуває в стані лог.1 протягом часу t = TM де TM - параметр налаштування. Після закінчення часу TM сигнал на виході знову перетворюється на нульовий стан, після чого одновібратор можна знову пустити.

На виході TM формується поточний час, що відраховується від моменту запуску. Після відпрацювання імпульсу TM=0.

Якщо одновібратор повинен запускатися заднім фронтом, сигнал на вході eSTART інвертується.

Сигнал на вході dRST(скидання) у будь-який момент часу обнулює обидва виходи комірки та обнулює лічильник часу. За наявності команди "скидання" алгоритм осередку не може бути запущений. Функціональний блок також може бути повторно запущений командою " пуск " до того часу, поки закінчиться формування вихідного імпульсу.

Якщо в момент зняття команди "скидання" на вході eSTART сигнал дорівнює логічній "1", така ситуація розглядається як команда "пуск".

При TM≤0 вихідний імпульс не формується.

Входи, параметри та виходублоку представлені у таблиці 6.40.1.

Таблиця 6.40.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	eSTART	0 / 1		Команда "пуск"
02	dRST	0 / 1		Команда "скидання"
Параметр				
01	TM	Час	0	Тривалість імпульсу
Виходи				
01	dOUT	0 / 1		Вихід блоку
02	TM	Час		Поточний час імпульсу

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_40.fbx)

Постановка задачі: Необхідно сформувати імпульс довжиною 10 секунд, якщо на дискретному вході з'явиться "1".

Рішення:

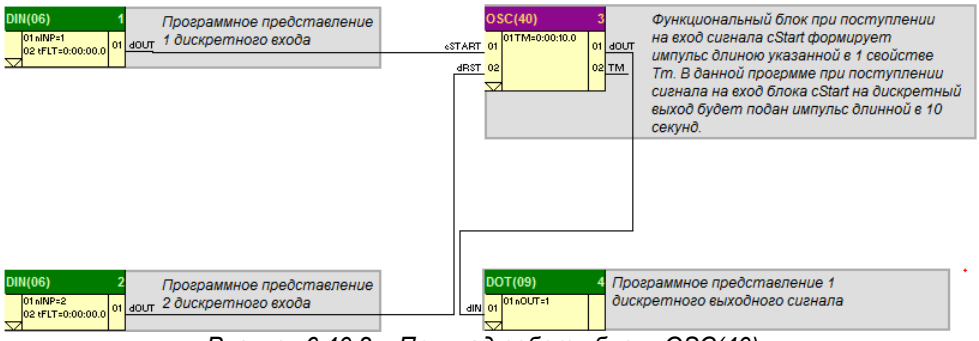


Рисунок 6.40.2 – Приклад роботи блоку OSC(40)

6.41 OSC_M (41) - Мультивібратор

Призначення

Функціональний блок застосовується для включення обладнання (двигуна, нагрівача, забезпечення миготливої сигналізації тощо).

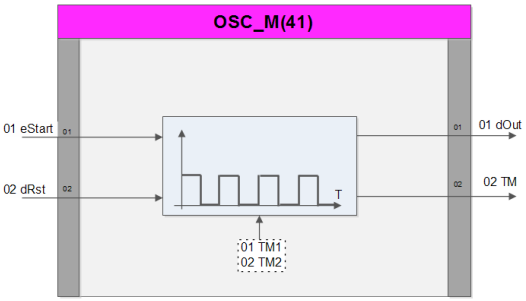


Рисунок 6.41.1 – Функціональна схема блоку «мультивібратор» OSC_M(41)

Опис функціонального блоку

Мультивібратор запускається на передньому фронті сигналу на вході eSTART (пуск), тобто. при зміні eSTART із стану логічного "0" на стан логічного "1". Після пуску на основному виході блоку комірки формується послідовність імпульсів. Тривалість цих імпульсів визначається параметром TM1, тривалість паузи - входом TM2.

На виході TM формується час, що минув від зміни стану виходу.

Сигнал dRST (скидання) перериває послідовність імпульсів, встановлюючи обидва виходи блоку стан лог. 0. Сигнал dRST пріоритетний над сигналом eSTART.

Якщо сигнал dRST знімається в момент, коли є сигнал eSTART, така ситуація сприймається як команда пуску.

Стан основного виходу блоку dOUT в режимі пуску при різних значеннях TM1 і TM2 визначається таблицею:

Таблиця 6.41.1

TM1	TM2	Вихід dOUT
TM1>0	TM2>0	П_П_П_П_
TM1≤0	байдуже	0

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 6.41.2.

Таблиця 6.41.2

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	eSTART	0 / 1		Команда "пуск"
02	dRST	0 / 1		Команда "скидання"
Параметри				
01	TM1	Час	0	Тривалість імпульсу
02	TM2	Час	0	Тривалість паузи
Виходи				
01	dOUT	0 / 1		Вихід блоку
02	TM	Час		Поточний час імпульсу чи паузи

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_41.fbx)

Постановка задачі: Необхідно сформувати низку імпульсів довжиною 5 секунд та паузою між ними 2 секунди.

Рішення:

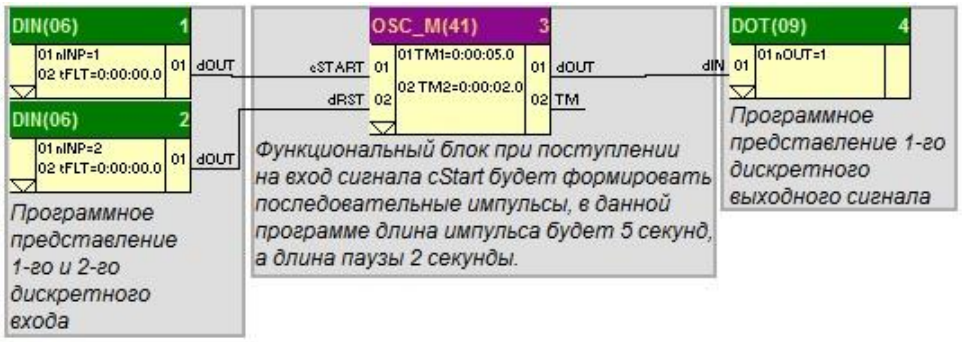


Рисунок 6.41.2 - Приклад роботи блоку OSC_M(41)

6.42 PULSE (42) - Імпульсатор

Призначення

Функціональний блок застосовується для періодичного включення та вимкнення навантаження у тому випадку, коли шпаруватість включення повинна бути пропорційна безперервному керуючому сигналу.

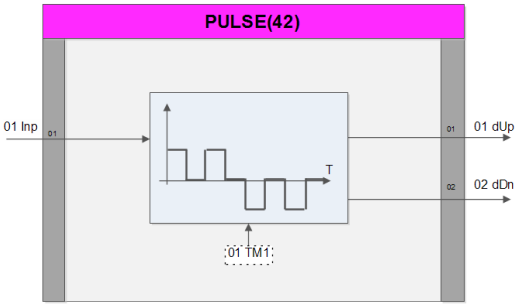


Рисунок 6.42.1 – Функціональна схема блоку «імпульсатор» PULSE(42)

Опис функціонального блоку

Функціональний блок являє собою широтно-імпульсний (ШІМ) модулятор із заданим періодом і тривалістю включення, що змінюється.

Якщо вхідний сигнал INP>0, то імпульси формуються на дискретному виході dUP (більше), якщо INP<0, то виході dDN (менше).

Період проходження імпульсів визначається параметром TM. Тривалість вихідних імпульсів

$$T = | INP | * TM / 100. \quad (6.42.1)$$

Якщо INP = 0, то T = 0; якщо | INP | >100%, то T=TM (тобто пауза відсутня).

Якщо обчислене за формулою значення T<T0, де T0 - час циклу контролера, то значення T=T0, що реалізується, причому частина імпульсів при цьому "зникає", так, що в середньому зберігається пропорційність залежності між шпаруватістю і вхідним сигналом.

Якщо встановлене значення періоду TM<T0, то значення T=0, що реалізується (тобто імпульси не формуються).

Входи, параметри та виходи блоку представленіу таблиці 6.42.1.

Таблиця 6.42.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Вхід				
01	INP	Речове		Вхід блоку
Параметр				
01	TM	Час	0	Період проходження імпульсів
Виходи				
01	dUP	0 / 1		Вихід "більше"
02	dDN	0 / 1		Вихід "менше"

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_42.fbx)

*Постановка завдання: Необхідно на дискретний вихід подати низку сигналів залежно від аналогового вхідного сигналу. Наприклад, при 80% вхідного сигналу на вихід повинен бути сформований імпульс 4 секунди(80%*5) і 1 секунда пауза(20%*5).*

Рішення:

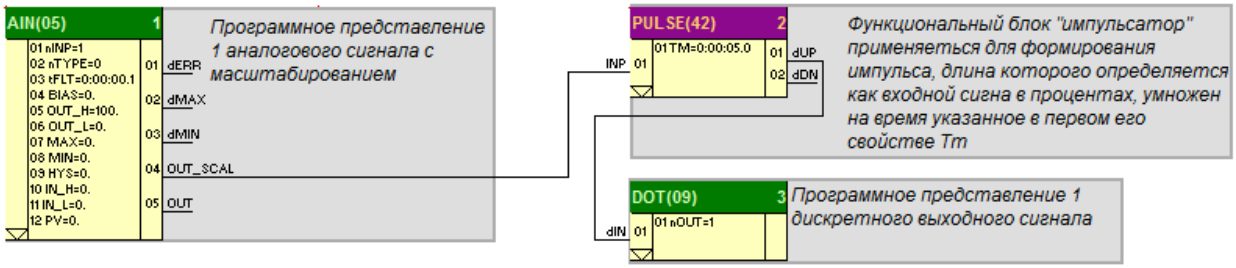


Рисунок 6.42.2 - Приклад роботи блоку PULSE (42)

6.43 MEM (43) - Запам'ятовування

Призначення

Функціональний блок застосовується для стеження та запам'ятовування аналогових сигналів.

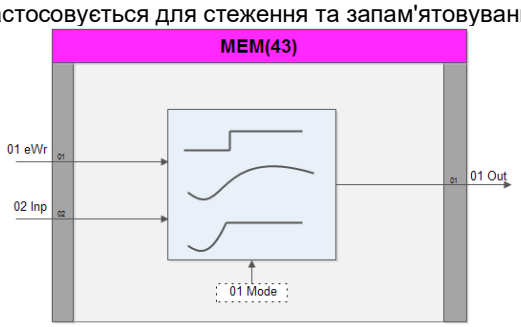
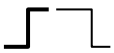


Рисунок 6.43.1 - Функціональна схема блоку «запам'ятовування» MEM(43)

Опис функціонального блоку

На вхід функціонального блоку INP подається аналоговий сигнал, який потрібно запам'ятати. На вхід eWR подається команда на запам'ятовування аналогового вхідного сигналу. Запам'ятовування може відбуватися за рівнем або переднім фронтом дискретного сигналу подається на вхід 02 eWR. Режим запам'ятовування залежить від 01 MODE.

01 MODE = 0	Запам'ятовування сигналу відбувається за рівнем фронту на вході 01 eWR (стеження). До того часу, поки eWR=1, вхідний сигнал INP передається вихід OUT, тобто. вихід "стежить" за входом. При зміні сигналу на вході eWR=0 стеження блокується, поточне значення OUT запам'ятовується та перестає залежати від вхідного сигналу INP.	
01 MODE = 1	Запам'ятовування сигналу відбувається на передньому фронті дискретного сигналу на вході 01 eWR, тобто. у момент переходу зі стану логічного 0 у стан логічного 1. У цей момент поточне значення вхідного сигналу INP запам'ятовується. Запам'ятоване значення залишається незміненим до приходу нового фронту сигналу eWR.	

Входи, параметри та виходи блоку представлені у таблиці 6.43.1.

Таблиця 6.43.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	eWR	0 / 1		Командний вхід
02	INP	Речове		Вхід блоку
Параметр				
01	MODE	0 / 1	1	Режим запам'ятовування: 0 – за рівнем; 1 – по передньому фронту.
Вихід				
01	OUT	Речове		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_43.fbx)

Постановка завдання: Необхідно під час спрацювання дискретного входу запам'ятати аналоговий сигнал, який подати на аналоговий вихід.

Рішення:

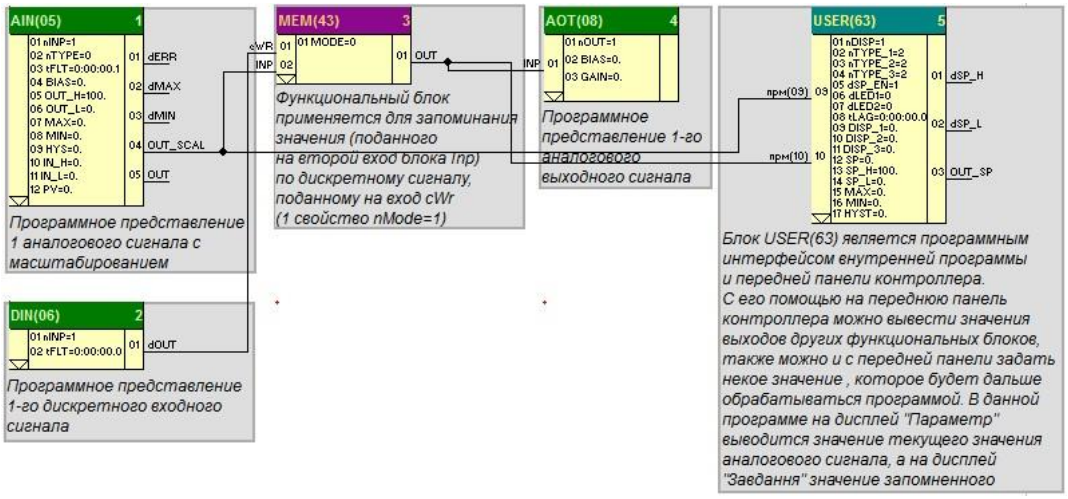


Рисунок 6.43.2 - Приклад роботи блоку MEM(43)

6.44 DMUX (44) - Перемикач

Призначення

Функціональний блок застосовується для перемикання одного вхідного сигналу однією з кількох виходів.

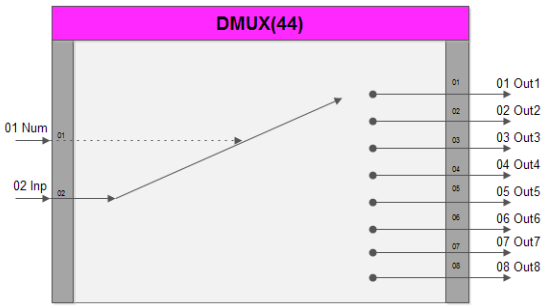


Рисунок 6.44.1 - Функціональна схема блоку перемикача DMUX(44)

Опис функціонального блоку

Функціональний блок може перемикати один вхід на один із восьми виходів. Номер виходу, на який перемикається вхід, вказує на вході NUM 01. Якщо значення на вході NUM <1 тоді OUT1=INP, якщо NUM >8 – – OUT8=INP.

Входи, параметри та виходублоку представлені у таблиці 6.44.1.

Таблиця 6.44.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	NUM	1 – 8		Номер виходу, в який записується поточне значення входу
02	INP	Речове		Вхід блоку
Виходи				
01	OUT1	Речове		1-й вихід
02	OUT2	Речове		2-й вихід
03	OUT3	Речове		3-й вихід
04	OUT4	Речове		4-й вихід
05	OUT5	Речове		5-й вихід
06	OUT6	Речове		6-й вихід
07	OUT7	Речове		7-й вихід
08	OUT8	Речове		8-й вихід

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_44.fbx)

Постановка завдання: Залежно від номера, що подається з передньої панелі контролера, аналоговий вхід подавати на один з 4 аналогових виходів.

Рішення:

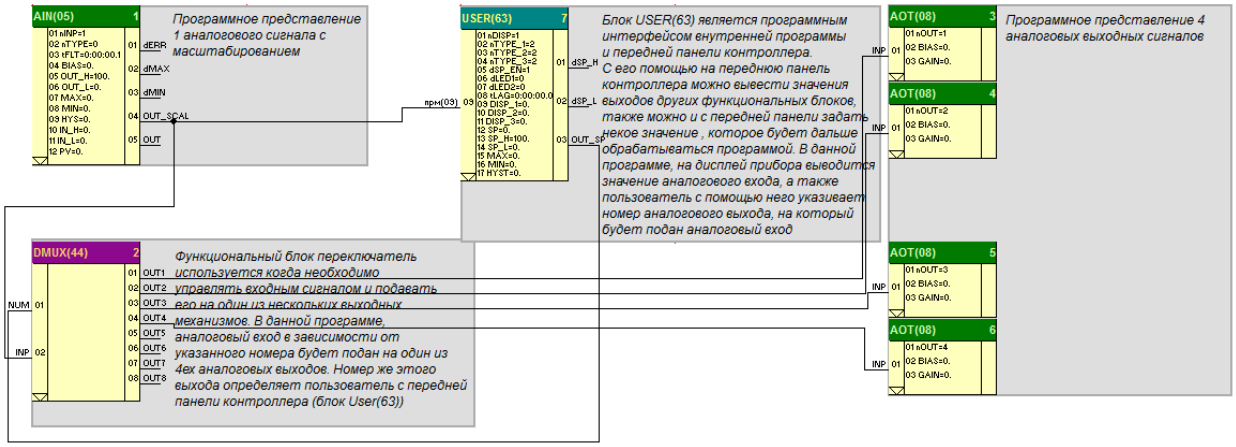


Рисунок 6.44.2 - Приклад роботи блоку DMUX(44)

6.45 AVRG_8 (45) - Середнє

Призначення

Функціональний блок застосовується для формування середнього значення

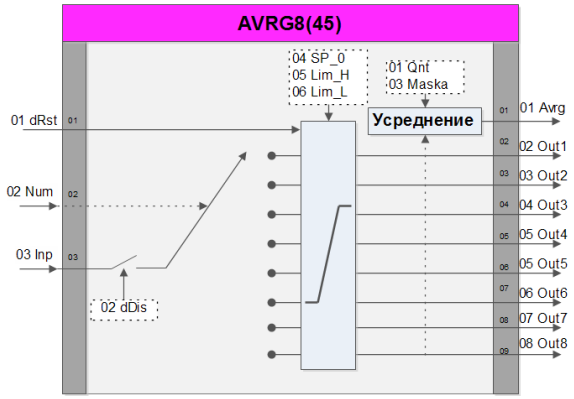


Рисунок 6.45.1 - Функціональна схема блоку "середнє" AVRG_8 (45)

Опис функціонального блоку

Функціональний блок може перемикати один вхід на вісім виходів і обчислювати середнє значення на необхідних виходах. Кількість вихідних сигналів усереднення вказується параметром QNT(01) (QNT =1,2...8); також потрібні сигнали можна вибрати за дискретною маскою, яка встановлюється параметром MASKA (03).

Значення параметра, що надійшло на вхід INP 03, перемикається на вказаний вихід OUT відповідно до входу NUM 02. Усі значення виходів обмежуються параметрами LIM_H(05) та LIM_L(06). За допомогою входу dRST 01 значення всіх виходів дорівнюють параметру SP_0(04). При активному сигналі dDIS значення сигналу відповідному виході OUTn “заморожується”.

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 6.45.1.

Таблиця 6.45.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	dRST	0 / 1		Команда скидання
02	NUM	1...8		Номер виходу, в який записується поточне значення входу
03	INP	Речове		Вхід блоку
Параметри				
01	QNT	1...8	2	Кількість входів для усереднення
02	dDIS	0 / 1	0	Заборона зчитування даних
03	MASKA	0…256	0	Маска для вибору потрібних входів для усереднення
04	SP_0	Речове	0	Початкове значення виходів
05	LIM_H	Речове	100	Обмеження виходів. Верхнє
06	LIM_L	Речове	0	Обмеження виходів. Нижнє
Виходи				
01	AVRG	Речове		Середнє значення
02	OUT1	Речове		1-й вихід
03	OUT2	Речове		2-й вихід
04	OUT3	Речове		3-й вихід
05	OUT4	Речове		4-й вихід
06	OUT5	Речове		5-й вихід
07	OUT6	Речове		6-й вихід
08	OUT7	Речове		7-й вихід
09	OUT8	Речове		8-й вихід

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_45.fbx)

Постановка задачі: Знайти середнє арифметичне.

Рішення:

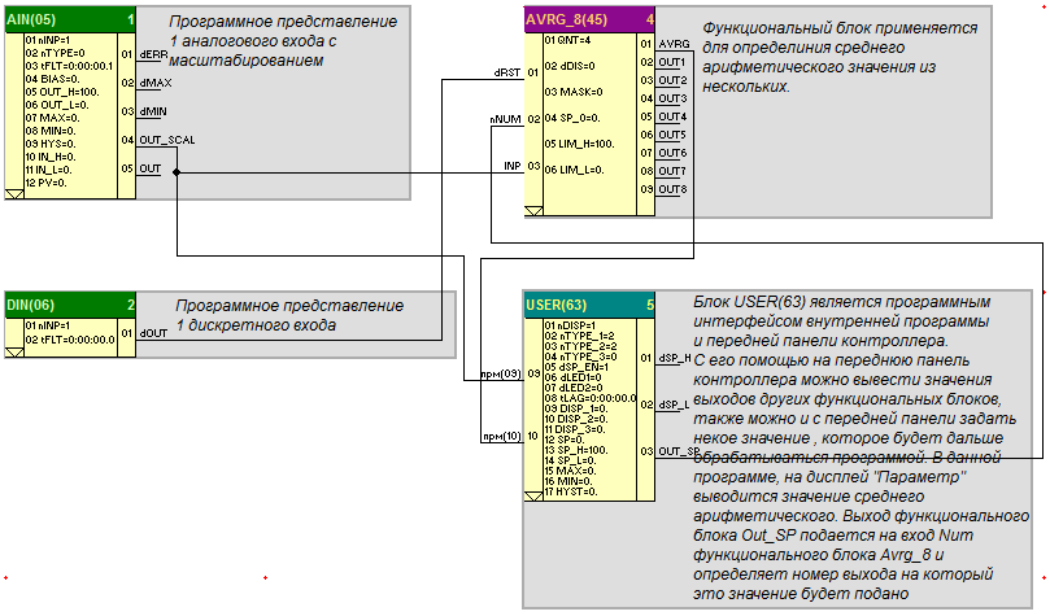


Рисунок 6.45.2 - Приклад роботи блоку AVRG_8 (45)

7 Функціональні блоки керування технологічним процесом

7.50 FILTER (50) - Фільтр

Призначення

Функціональний блок застосовується для фільтрації високочастотних перешкод, а також динамічної корекції. Фільтр, що має порядок вище за перший, можна отримати шляхом послідовного включення декількох блоків.

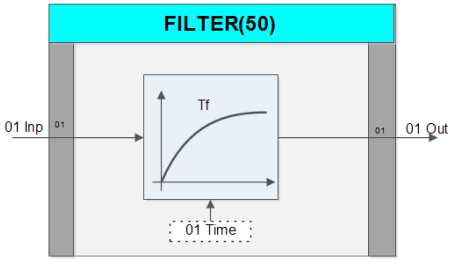


Рисунок 7.50.1 - Функціональна схема блоку "фільтр" FILTER(50)

Опис функціонального блоку

Функціональний блок є фільтр нижніх частот першого порядку. Його передатна функція:

$$W(p) = Y(p)/X(p) = 1 / (TIME * p + 1); \quad (7.50.1)$$

де TIME – постійна часу фільтра.

Входи, параметри та виходублоку представлені у таблиці 7.50.1.

Таблиця 7.50.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Вхід				
01	INP	Речове		Вхід блоку
Параметр				
01	TIME	Час	0:00:00:1	Постійна часу фільтра
Вихід				
01	OUT	Речове		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_50.fbx)

Постановка задачі: Організувати фільтрацію вхідного сигналу та подати на аналоговий вихід.

Рішення:

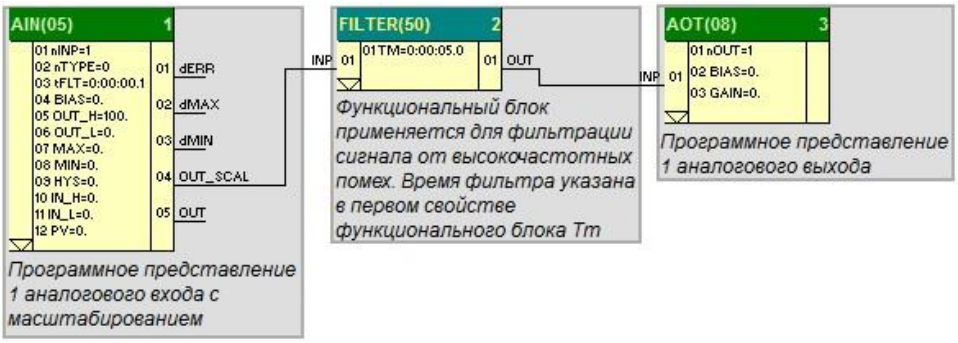


Рисунок 7.50.2 - Приклад роботи блоку FILTER (50)

7.51 SCALL (51) - Масштабування

Призначення
Функціональний блок використовується для масштабування аналогових сигналів.

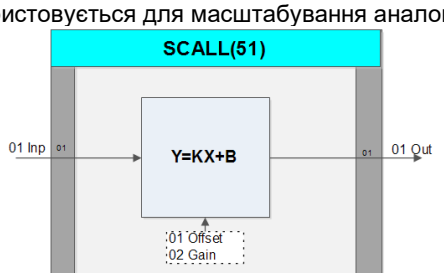


Рисунок 7.51.1 – Функціональна схема блоку «масштабування» SCALL(51)

Опис функціонального блоку
Блок масштабування виконується співвідношення:

OUT = GAIN * INP + OFFSET. (7.51.1)

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 7.51.1.

Таблиця 7.51.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Вхід				
01	INP	Речове		Вхід блоку
Параметри				
01	OFFSET	Речове	0	Зміщення
02	GAIN	Речове	1	Посилення
Вихід				
01	OUT	Речове		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_51.fbx)
Постановка задачі: Необхідно змасштабувати вхідний сигнал: зсув 20 та коефіцієнт рівний 0.6.
Рішення:

Рисунок 7.51.2 – Приклад роботи блоку SCALL (51)

7.52 LINEAR (52) - Шматочно-лінійна функція

Призначення
Функціональний блок застосовується для лінеаризації нелінійної залежності (наприклад давача або регулюючого органу). Блок застосовується також штучного введення нелінійності (наприклад, зона нечутливості релейної характеристики тощо.).

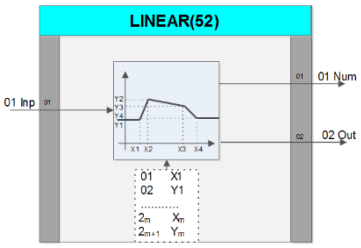


Рисунок 7.52.1 - Функціональна схема блоку «шматково-лінійна функція» LINEAR(52)

Опис функціонального блоку

Число відрізків визначається модифікатором m і може задаватися в межах 0<m<49.

Координата кінця відрізка визначається парою сигналів Xi, Yi (абсцису та ордината кінця відрізка), які задаються відповідними значеннями параметрами блоку.

При INP<X1 та INP>Xm вихідний сигнал OUT дорівнюватиме останньому зазначеному значенню.

На виході NUM формується число, що дорівнює номеру поточної ділянки шматково-лінійної залежності.

Координати Xi, Yi можуть перебувати у будь-якому з чотирьох квадрантів. Як правило, координата Xi>X(i-1) (i-номер відрізка).

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 7.52.1.

Таблиця 7.52.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Вхід				
01	IN	Речове		Вхід блоку
Параметри				
01	X1	Речове	0	Абсциса 1-ї ділянки
02	Y1	Речове	0	Ордината 1-ї ділянки
…				
…				
2*m	Xm	Речове	0	Абсциса m-ї ділянки
2*m+1	Ym	Речове	0	Ордината m-ї ділянки
Виходи				
01	NUM			Номер поточної ділянки
02	OUT	Речове		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_52.fbx)

Постановка задачі: Ввести нелінійність до показань по трьох точках: X1=0, Y1=0, X2=50, Y2=20, X3=100, Y3=100.

Рішення:

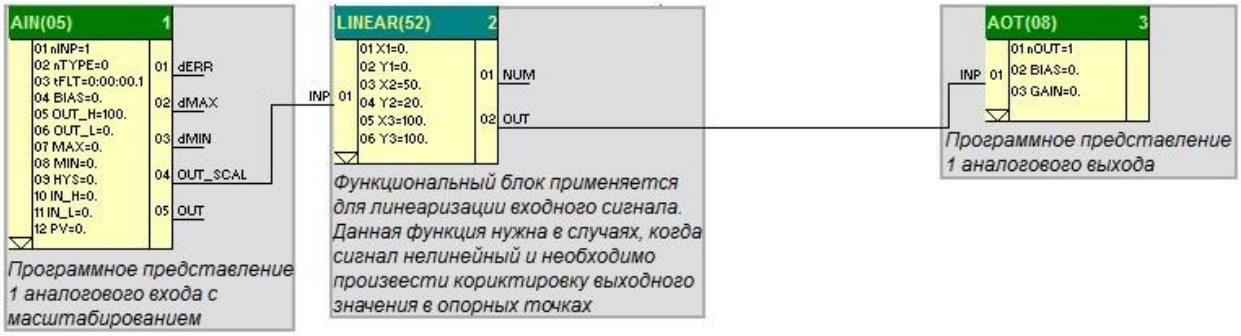


Рисунок 7.52.2 - Приклад роботи блоку LINEAR (52)

7.53 SP (53) - Уставка аналогова

Призначення

Функціональний блок застосовується на формування сигналу зовнішнього завдання.

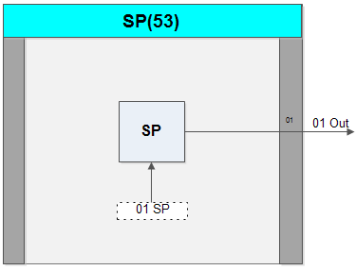


Рисунок 7.53.1 - Функціональна схема блоку "уставка аналогова" SP(53)

Опис функціонального блоку

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 7.53.1.

Таблиця 7.53.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Параметр				
01	SP	Речове	0	Значення уставки
Вихід				
01	OUT	Речове		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_53.fbx)
Постановка задачі: Необхідно аналоговий вхідний сигнал помножити значення «Пі».
Рішення:

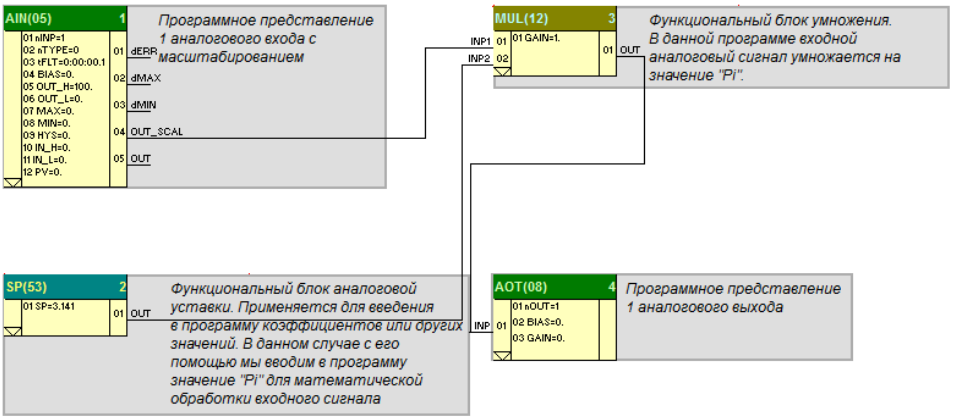


Рисунок 7.53.2 – Приклад роботи блоку SP(53)

7.54 SP_M (54) - Уставка аналогова багатоканальна

Призначення
Функціональний блок застосовується на формування сигналів зовнішнього завдання.

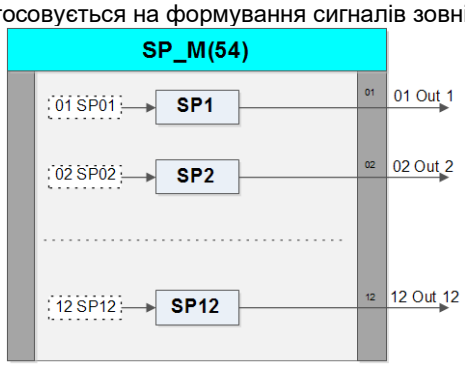


Рисунок 7.54.1 - Функціональна схема блоку "уставка аналогова багатоканальна" SP_M(54)

Опис функціонального блоку
Число незалежних задавачів дорівнює 12.

Входи, параметри та виходублоку представлені у таблиці 7.54.1.

Таблиця 7.54.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Параметри				
01	SP1	Речове	0	Значення уставки
02	SP2	Речове	0	Значення уставки
…	…	…	…	…
12	SP12	Речове	0	Значення уставки
Виходи				
01	OUT01	Речове		Вихід задавача
02	OUT02	Речове		Вихід задавача
…	…	…	…	…
12	OUT12	Речове		Вихід задавача

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_54.fbx)

Постановка задачі: Необхідно на 3 аналогових виходи подати сигнали 20%, 40% та 60% відповідно.

Рішення:

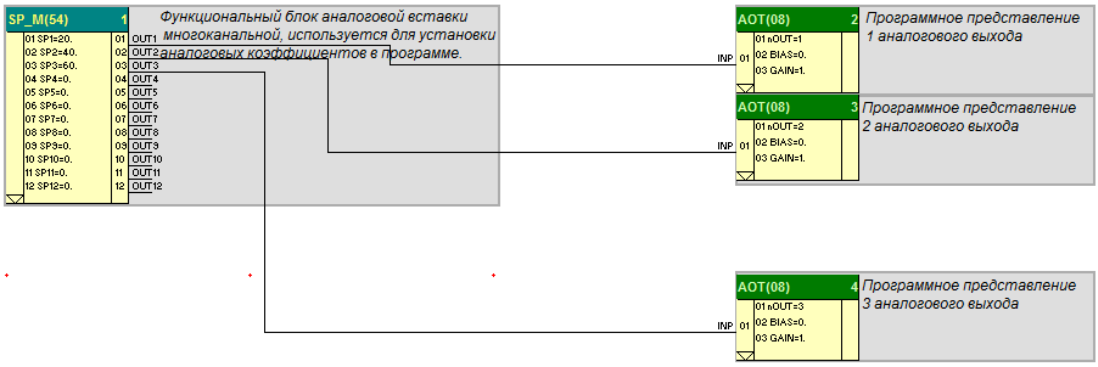


Рисунок 7.54.2 – Приклад роботи блоку SP_M(54)

7.55 TM (55) - Уставка часу

Призначення

Функціональний блок застосовується на формування сигналу зовнішнього тимчасового завдання.

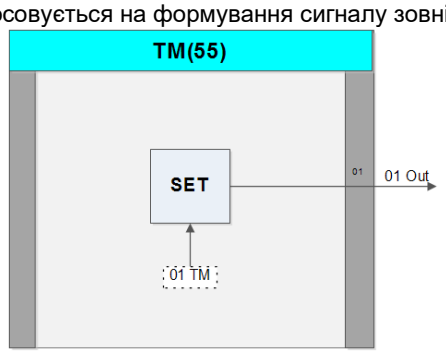


Рисунок 7.55.1 - Функціональна схема блоку "уставка часу" TM(55)

Опис функціонального блоку

Функціональний блок працює аналогічно блоку SET(53), тільки вихід і уставка блоку мають формат часу.

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 7.55.1.

Таблиця 7.55.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Параметр				
01	TM	Час	0:00:00:0	Уставка часу
Вихід				
01	OUT	Час		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_55.fbx)

Постановка задачі: Необхідно задати на TIMER(38) час паузи (1 властивість функціонального блоку).

Рішення:

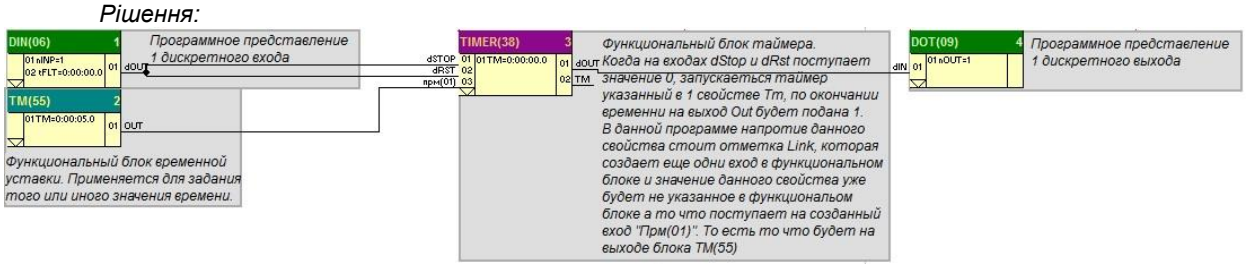


Рисунок 7.55.2 – Приклад роботи блоку TM(55)

7.56 TM_M (56) - Уставка часу багатоканальна

Призначення
Функціональний блок застосовується на формування сигналів зовнішнього тимчасового завдання.

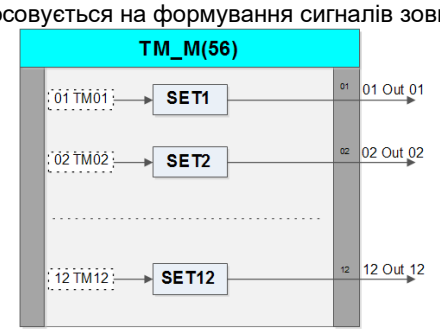


Рисунок 7.56.1 - Функціональна схема блоку "уставка часу багатоканальна" TM_M(56)

Опис функціонального блоку
Число незалежних задавачів дорівнює 12.

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 7.56.1.

Таблиця 7.56.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Параметри				
01	TM01	Час	0:00:00:0	Уставка часу
02	TM02	Час	0:00:00:0	Уставка часу
…	…	…	…	…
12	TM12	Час	0:00:00:0	Уставка часу
Виходи				
01	OUT01	Час		Вихід задавача
02	OUT02	Час		Вихід задавача
…	…	…	…	…
12	OUT12	Час		Вихід задавача

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_56.fbx)
Постановка задачі: Необхідно встановити на TIMER(38) час паузи (1 властивість функціонального блоку)
Рішення:

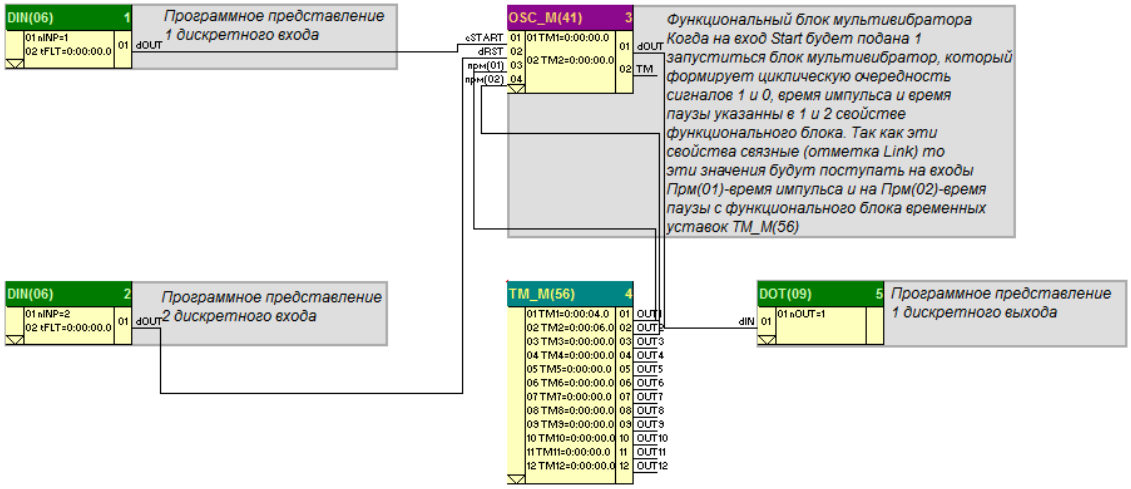


Рисунок 7.56.2 - Приклад роботи блоку TM_M(56)

7.57 TM_PRG (57) - Програмний задавач

Призначення

Функціональний блок формує шматково-лінійну функцію часу.

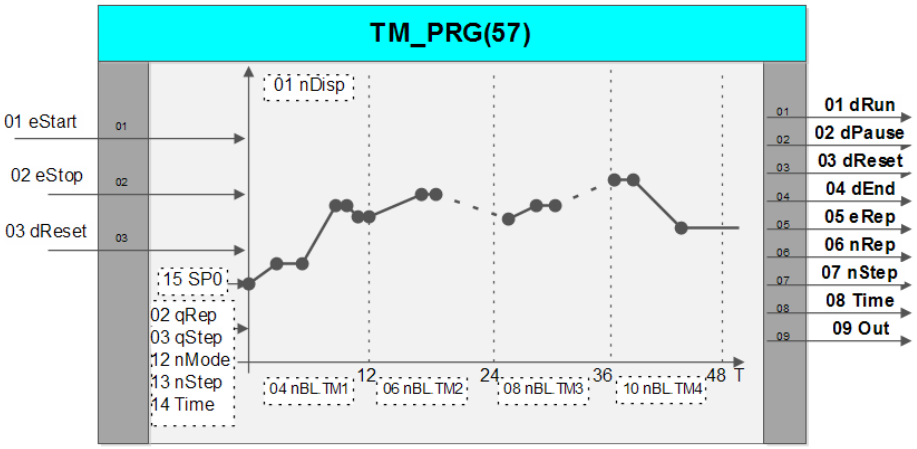


Рисунок 7.57.2 – Функціональна схема блоку «програмний задавач» TM_PRG(57)

Опис функціонального блоку

Програмний задавач формує шматково-лінійну функцію часу, що складається з декількох (до 48) відрізків (03 qSTEP≤48). Для кожного відрізка задається його тривалість у часі та кінцева ордината у зовнішніх функціональних блоках TM_M(56) та SP_M(54). Передбачена можливість пускати (за допомогою імпульсу на вході 01eSTART), зупиняти (за допомогою імпульсу на вході 02eSTOP) та скидати програму (за допомогою входу 03dRESET) або змінюючи значення параметра 12nMODE з передньої панелі. Також передбачена можливість пускати (зупиняти, скидати) програму, змінюючи стан відповідних індикаторів ( ) з передньої панелі за допомогою клавіші «P/A».

- програмний задавач працює,
- програмний задавач зупинено,
- програмний задавач скинутий,
- Кінець програми програмного задавача.

Програма може виконуватися задану кількість разів (параметр 02qREP). На лицьовій панелі можна побачити параметри програмного задавача (дисплей: «ВИХІД» – номер кроку, «ЗАВДАННЯ» – поточний час, «ПАРАМЕТР» – значення виходу блоку) в режимі роботи при світінні індикатора «Прг».

Програмний задавач працює разом із функціональними блоками TM_M(56) і SP_M(54). Кількість необхідних функціональних блоків визначає користувач з розрахунку, що одна пара TM_M(56) і SP_M(54) може задати до 12 відрізків, тобто параметр 03 qSTEP≤12. Якщо потрібно 12≤qSTEP≤24 тоді в параметрах nBL.TM1, nBL.SP1, nBL.TM2, nBL.SP2 потрібно вказати порядкові номери вже двох пар функціональних блоків TM_M(56) і SP_M(54). Максимально можна підключити чотири пари цих блоків. Виходу цих блоків не потрібно підключати.

У стані скидання сигнал OUT на виході функціонального блоку має початкове значення SP0 = параметр SP0. Після запуску сигнал OUT починає змінюватися відповідно до заданої програми. Параметри TMi та SPi зовнішніх функціональних блоків TM_M(56) та SP_M(54) задають відповідно тривалість окремих ділянок програми та кінцеві ординати.

Сигнал dRESET є пріоритетним, тобто за наявності лог. 1 на вході "dRESET" алгоритм перетворюється на стан "скидання" і може бути переведений на інші стану ні з допомогою лицьової панелі, ні з допомогою дискретних команд на вході алгоритму. Однак, якщо алгоритм був переведений у стан "скидання" за допомогою лицьової панелі, він може бути пущений дискретною командою "eSTART" на вході алгоритму. Якщо команди "eSTART" та "eSTOP" прийшли на вхід алгоритму одночасно, то виконується команда "eSTOP".

Після виконання останньої ділянки програма перетворюється на стан "кінець програми" (вихід dEND=1), у своїй вихідний сигнал OUT заморожується. Якщо встановлено кількість повторів qREP=1, програма виконується один раз, після чого переходить у стан "кінець програми".

При qREP>1 програма, дійшовши до кінця, автоматично переходить у початок, залишаючись у стані пуску доти, доки закінчиться задане число повторень. Після кожного закінчення програми дискретний сигнал eREP (кінець повторення) на виході алгоритму однією цикл перетворюється на стан лог.1 і знову повертається у стан лог.0. Після того, як всі повторення будуть виконані, програма переходить у стан "кінець програми", при цьому сигнал dEND стає рівним лог.1 і залишається в цьому стані, поки програма не буде скинута.

Якщо вхідний сигнал eSTART = 1 і знімається сигнал скидання (тобто dRESET переходить зі стану dRESET = 1 в стан dRESET = 0), то алгоритм запускається (тобто ця ситуація розглядається як парафія переднього фронту сигналу eSTART). Якщо eSTART = 1 і знімається сигнал зупинки (тобто eSTOP переходить зі стану eSTOP = 1 в eSTOP = 0) алгоритм залишається в стані "стоп".

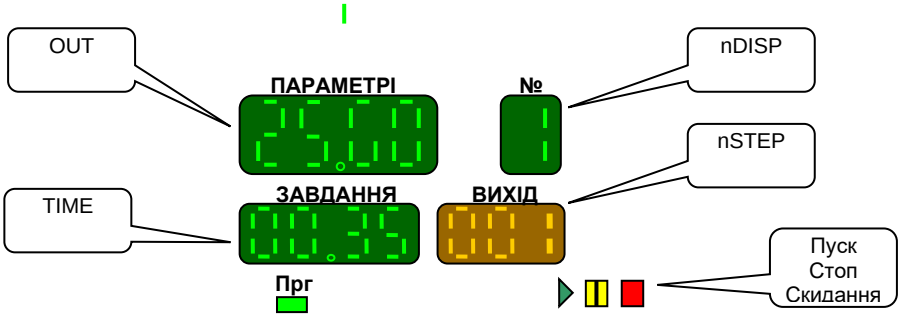
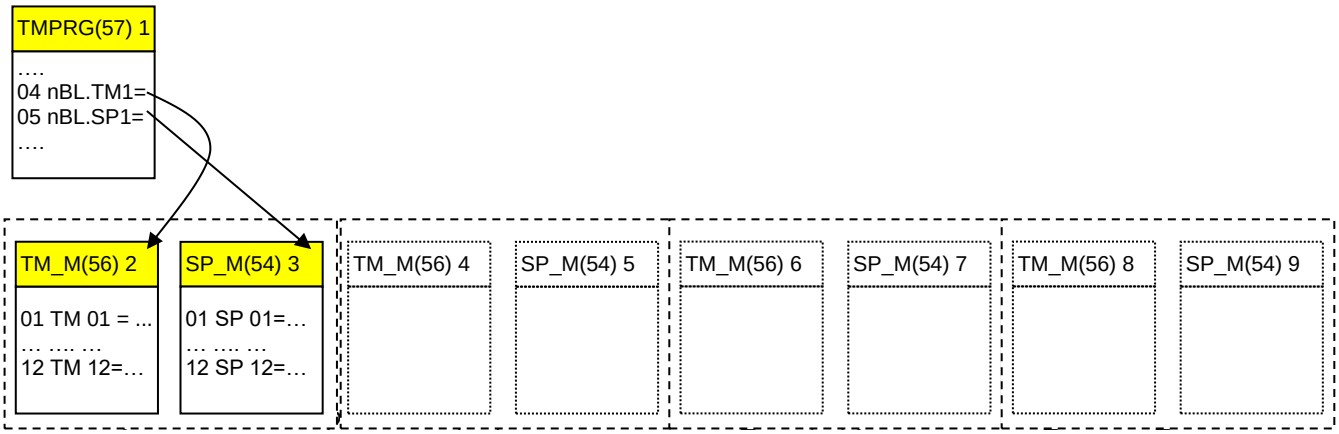


Рисунок 7.57.1 – Розподіл індикаторів передньої панелі для програмного задавача



Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 7.57.1.

Таблиця 7.57.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	eSTART	0 / 1		Пуск програмного задавача
02	eSTOP	0 / 1		Зупинка програмного задавача
03	dRESET	0 / 1		Скидання програмного задавача
Параметри				
01	nDISP	1 – 9	1	Номер дисплея (№ ".." на панелі "Прг")
02	qREP	1 – 99	1	Кількість повторів програми
03	qSTEP	1 – 48	0	Кількість кроків програми (програмного задавача)
04	nBL.TM1	1 – 99	0	Порядковий номер першого функціонального блоку MULTI_T
05	nBL.SP1	1 – 99	0	Порядковий номер першого функціонального блоку MULTI_SP
06	nBL.TM2	1 – 99	0	Порядковий номер другого функціонального блоку MULTI_T
07	nBL.SP2	1 – 99	0	Порядковий номер другого функціонального блоку MULTI_SP
08	nBL.TM3	1 – 99	0	Порядковий номер третього функціонального блоку MULTI_T
09	nBL.SP3	1 – 99	0	Порядковий номер третього функціонального блоку MULTI_SP
10	nBL.TM4	1 – 99	0	Порядковий номер четвертого функціонального блоку MULTI_T
11	nBL.SP4	1 – 99	0	Порядковий номер четвертого функціонального блоку MULTI_SP
12	nMODE	0/1/2	0	Режим роботи задавача (0 – стоп; 1 – пауза; 2 – робота)
13	nSTEP	1 – 48	0	Номер виконуваного кроку
14	TIME	Час	0:00:00:0	поточний час
15	SP0	Речове	0	Початкове значення
Виходи				
01	dRUN	0 / 1		=1 – програмний задавач працює
02	dPAUSE	0 / 1		=1 – програмний задавач у стані паузи

Продовження таблиці 7.57.1

03	dRESET	0 / 1		=1 – скидання програмного задавача
04	dEND	0 / 1		=1 – кінець програми
05	eREP	0 / 1		Повторення програми (імпульс)
06	nREP	Речове		Решта повторень
07	nSTEP	1 – 48		Номер виконуваного кроку
08	TIME	Час		Час, що залишився до кінця поточної ділянки
09	OUT	Речове		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_57.fbx)

Постановка завдання: На аналоговий вихід необхідно подати сигнал, що плавно змінюється.

Рішення:

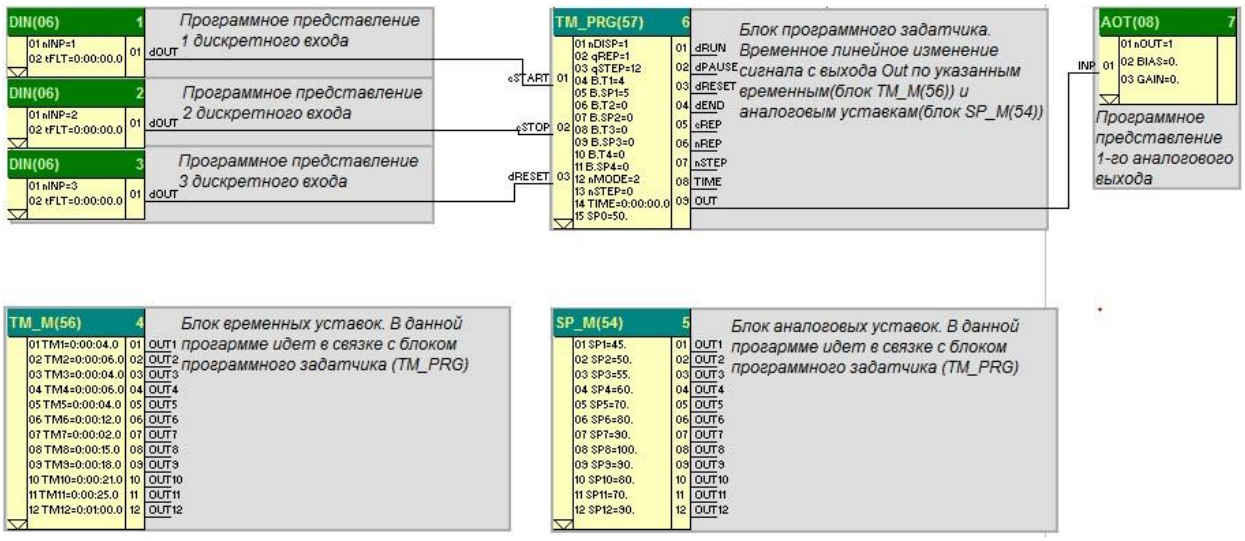


Рисунок 7.57.2 – Приклад роботи блоку TM_PRG(57)

7.58 RTA (58) - Таймер-сигналізатор реального часу

Призначення

Функціональний блок застосовується для введення в програму користувача календарного часу як аргумент виконання деяких функцій.

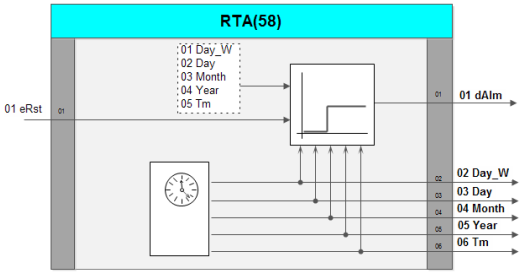


Рисунок 7.58.1 – Функціональна схема блоку «таймер-сигналізатор реального часу» RTA(58)

Опис функціонального блоку

У блоці є один компаратор, який спрацює (dALM=1), якщо задані параметри (01 … 05) менші або порівнялися з поточними значеннями часу та дати. Параметром eRST скидається вихід компаратора (dALM = 0).

Встановлення годинника проводиться при калібруванні.

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 7.58.1.

Таблиця 7.58.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Вхід				
01	eRST			Скидання виходу dALM
Параметри				
01	DAY_W	1 - 7	0	Уставка для компаратора (день тижня)

Продовження таблиці 7.58.1

02	DAY	1 – 31	0	Уставка для компаратора (день місяця)
03	MONTH	1 – 12	0	Уставка для компаратора (місяць року)
04	YEAR	0 - 99	0	Уставка для компаратора (рік)
05	TM	Час 0 - 23ч 59м 59с	0	Уставка для компаратора (час дня)
Виходи				
01	dALM	0 / 1		Вихід блоку уставки
02	DAY_W	1 – 7		Номер дня у тижні
03	DAY	1 – 31		День місяця
04	MONTH	1 – 12		Номер місяця
05	YEAR	0 - 99		Рік
06	TM	Час 0 - 23ч 59м 59с		Поточний час дня

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_58.fbx)

Виведення на передню панель значення реального часу.

Рішення:

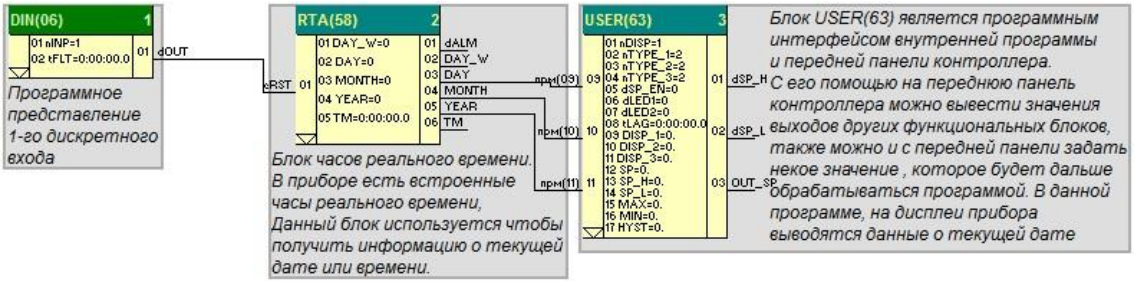


Рисунок 7.58.2 - Приклад роботи блоку RTA(58)

7.59 RAMP (59) - Лінійна зміна параметра

Призначення

Функціональний блок застосовується для дистанційної зміни завдання за принципом "більше"-"Менше".

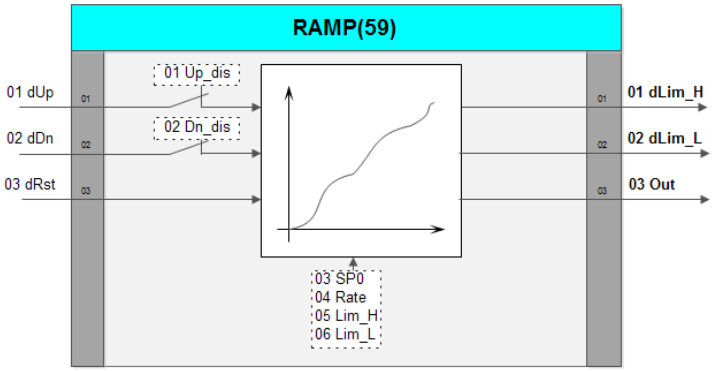


Рисунок 7.59.1 – Функціональна схема блоку «лінійна зміна параметра» RAMP(59)

Опис функціонального блоку

Функціональний блок має два дискретні входи dUP, dDN, сигнали на яких керують зміною вихідного сигналу OUT, і два параметри UP_DIS та DN_DIS, що блокують дії сигналів dUP та dDN відповідно. Якщо UP_DIS=DN_DIS =0 і команда подається на вхід dUP, вихідний сигнал збільшується, якщо вхід dDN зменшується. При dUP=dDN =0 вихідний сигнал запам'ятовується.

Швидкість зміни завдання змінна. У перший момент після вступу команди вона мінімальна, потім збільшується. Якщо команда переривається і потім знову подається, швидкість знову стає мінімальною, потім знову зростає. Така властивість дозволяє отримати мінімальні збільшення завдання і в той же час при необхідності швидко змінити завдання на велику величину.

Швидкість зміни вихідного сигналу визначається виразом:

$$Vi=1.1*V(i-1); \qquad (7.59.1)$$

де V, Vi - початкова швидкість і швидкість і-му циклі відповідно.

Якщо команди dUP та dDN діють одночасно, це еквівалентно відсутності обох команд.

Входи, параметри та виходи блоку представлені у таблиці 7.59.1.

Таблиця 7.59.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Входи				
01	dUP	0 / 1		Команда "більше"
02	dDN	0 / 1		Команда "менше"
03	dRST	0 / 1		Команда скидання
Параметри				
01	dUP_DIS	0 / 1	0	Сигнал заборони команди зміни виходу у напрямку "Більше"
02	dDN_DIS	0 / 1	0	Сигнал заборони команди зміни виходу у напрямку “Менше”
03	SP0	Речове	0	Початкове значення
04	RATE	Речове	100	Максимальна швидкість
05	LIM_H	Речове	100	Верхня уставка обмеження виходу блоку
06	LIM_L	Речове	0	Нижня уставка обмеження виходу блоку
Виходи				
01	dLIM_H	0 / 1		Сигналізація обмеження виходу
02	dLIM_L	0 / 1		Сигналізація обмеження виходу
03	OUT	Речове		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_59.fbx)

Постановка задачі: Організувати лінійну зміну аналогового параметра залежно від дискретних входів.

Рішення:

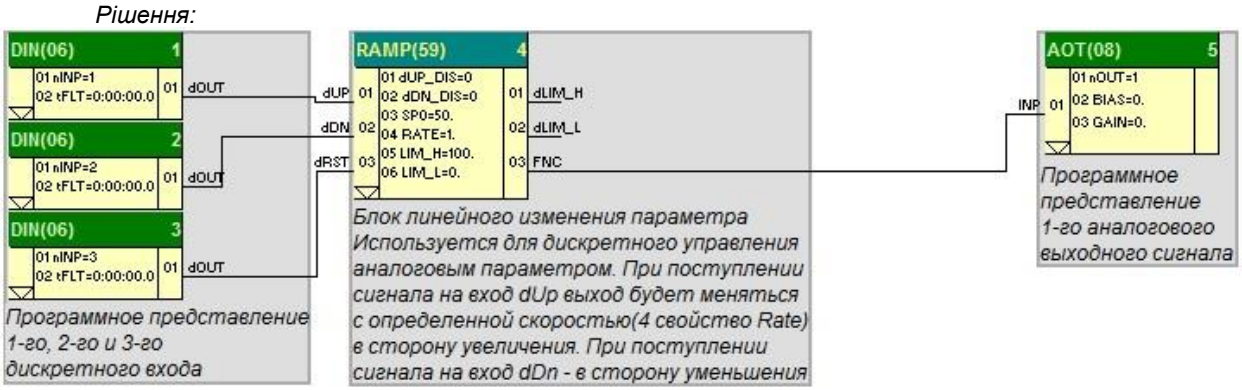


Рисунок 7.58.2 - Приклад роботи блоку RAMP(59)

7.63 USER (63) - Панель користувача

Призначення

Функціональний блок застосовується для індикації та зміни сигналів, які потрібно бачити користувачеві одночасно на передній панелі контролера.

Функціональний блок може індикувати 3 сигнали (у тому числі пов'язаних) на цифрових індикаторах передньої панелі контролера («ПАРАМЕТР», «ЗАВДАННЯ», «ВИХІД»), може індикувати 2 дискретні сигнали (▲,▼ дисплея «ВИХІД»), може використовуватися як одноканальний задавач (при dSP_EN=1 передбачено режим керування задавачом з передньої панелі контролера).

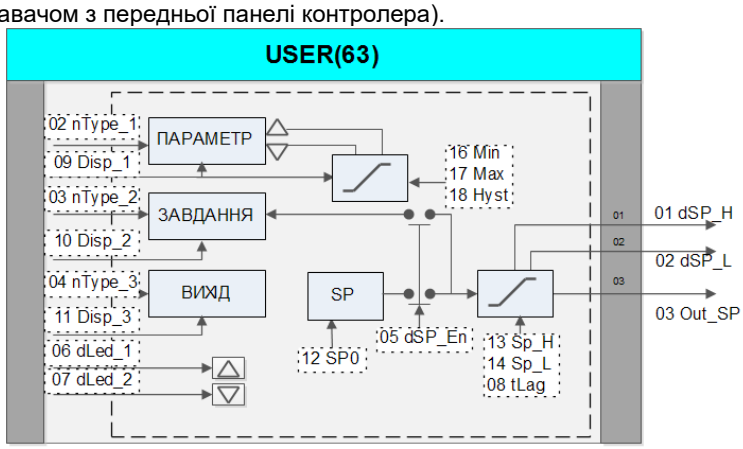


Рисунок 7.63.1 – Функціональна схема блоку «панель користувача» USER(63)

Опис функціонального блоку

У контролері можна використовувати до дев'яти «користувацьких панелей» індикації. Номер «користувача» індикації вказується параметром 01 nDISP і індикується цифровим індикатором («№»).

Параметр nTYPE вказує тип сигналу (0–ціле число, 1–час, 2–речове число), що подається на відповідний цифровий індикатор («ПАРАМЕТР», «ЗАВДАННЯ», «ВИХІД»).

Параметри dLED1, dLED2 можуть бути використані як індикатори дискретного сигналу, тобто індикації цих сигналів на передній панелі контролера.

Панель користувача можна використовувати як задавач сигналу, тобто з передньої панелі контролера можна буде встановити потрібне значення (завдання, коефіцієнт), яке через ланку обмеження потрапляє на вихід функціонального блоку 03 OUT_SP. Цю функцію панелі користувача можна використовувати, якщо параметр 05 dSP_EN дорівнює «1». Для цього натиснути кнопку «ЗАВД» індикатори «ЗАВДАННЯ» починають блимати, кнопками «ЗНАЧ» (▲,▼) встановити необхідне значення Завдання (SP), для підтвердження введеного значення натиснути кнопку «ВІД», індикатори «ЗАВДАННЯ» перестають блимати, на них відображається підключені величини, на виході Завдання (SP) нове значення.

Параметри 13 SP_H та 14 SP_L використовуються для обмеження значення завдання, параметр tLAG вказує затримку часу на появу логічного сигналу «1» на виходах 01 dSP_H, 02 dSP_L. При конфігурації контролера слід пам'ятати, що з встановлених значеннях SP_H і SP_L на виході OUT_SP буде значення SP_L≤**SP**≤SP_H (наприклад, якщо SP_H=0 і OUT_SP=0, за будь-яких значеннях SP).

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 7.63.1.

Таблиця 7.63.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Параметри				
01	nDISP	1 – 9	1	Номер дисплея
02	nTYPE_1	0, 1, 2	0	Тип сигналу параметра 06 DISP_1 0 - ціле число, 1 - час, 2 -речове число.
03	nTYPE_2	0, 1, 2	0	Тип сигналу параметра 07 DISP_2
04	nTYPE_3	0, 1, 2	0	Тип сигналу параметра 08 DISP_3
05	dSP_EN	0 / 1	1	Дозвіл зміни завдання
06	dLED1	0 / 1	0	Вхід дискретного індикатора
07	dLED2	0 / 1	0	Вхід дискретного індикатора
08	tLAG	Час	0:00:00:0	Затримка включення виходів 01 dSP_H та 02 dSP_L
09	DISP_1	Речове	0	Вхід дисплея «ПАРАМЕТР»
10	DISP_2	Речове	0	Вхід дисплея «ЗАВДАННЯ»
11	DISP_3	Речове	0	Вхід дисплея «ВИХІД»
12	SP	Речове	0	Завдання
13	SP_H	Речове	100	Верхня межа обмеження завдання
14	SP_L	Речове	0	Нижня межа обмеження завдання
15	MAX	Речове	90	Уставка сигналізації (максимум)
16	MIN	Речове	10	Уставка сигналізації (мінімум)
17	HYST	Речове	0	Гістерезис сигналізації
Виходи				
01	dSP_H	0 / 1		«=1» – завдання обмежене по верхньому кордоні
02	dSP_L	0 / 1		«=1» – завдання обмежене по нижньому кордоні
03	OUT_SP	Речове		Вихід ланки ручного задавача (завдання)

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_63.fbx)

Постановка задачі: Вивести на дисплей значення параметра, що плавно змінюється.

Рішення:

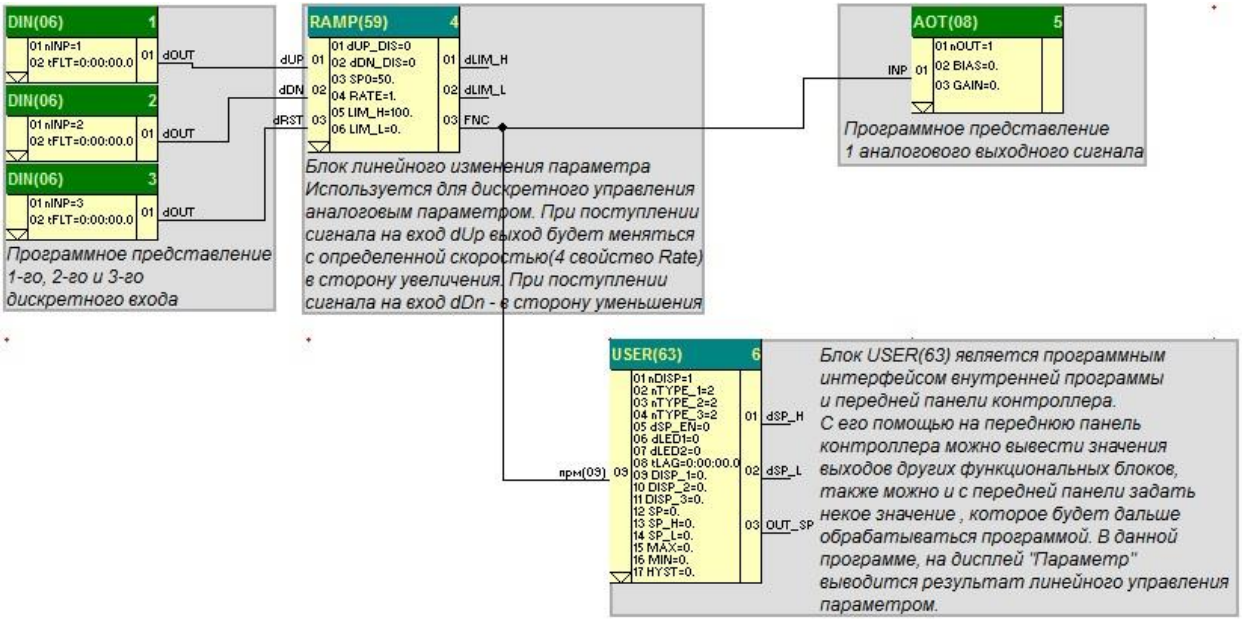


Рисунок 7.63.2 - Приклад роботи блоку USER(63)

7.64 RTA_CYC (64) - Циклічний таймер-сигналізатор реального часу

Призначення

Функціональний блок застосовується для введення в програму користувача часу як аргумент виконання деяких функцій.

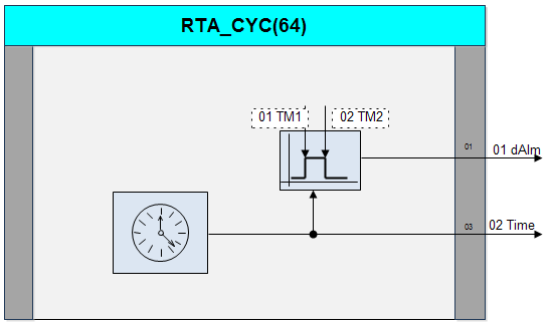


Рисунок 7.64.1 - Функціональна схема блоку циклічний таймер-сигналізатор реального часу RTA_CYC(64)

Опис функціонального блоку

У блоці є один компаратор, який працює у зоні параметрів 01MIN та 02MAX.
Значення часу береться із системного годинника.

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 7.64.1.

Таблиця 7.64.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Параметри				
01	TM1	Час (00:00:00.0 – 23:59:59.9)	0:00:00.0	Уставка для компаратора
02	TM2	Час (00:00:00.0 – 23:59:59.9)	0:00:00.0	Уставка для компаратора
Виходи				
01	dALM	0 / 1		
02	TIME	Час (00:00:00.0 – 23:59:59.9)		Поточний час

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_64.fbx)

Постановка завдання: Необхідно щодня подавати «1» від 10:00 до 12:30 на дискретний вихід.

Рішення:

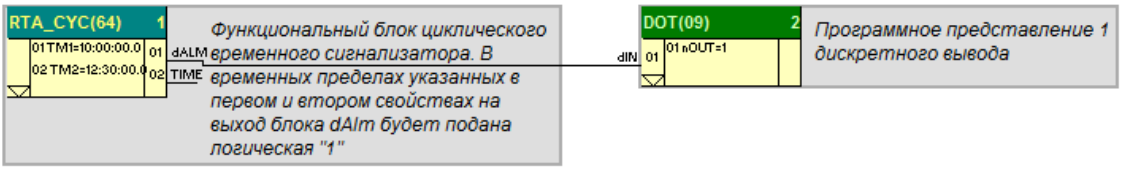


Рисунок 7.64.2 - Приклад роботи блоку RTA_CYC(64)

7.65 STEP (65) - Логічна крокова програма

Призначення

Функціональний блок застосовується для організації крокової програми, яка виконує певну послідовність дій.

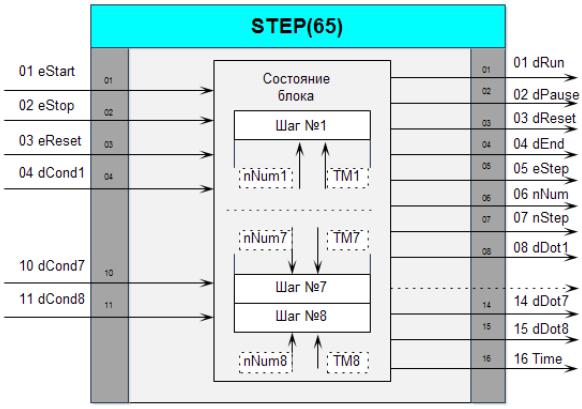


Рисунок 7.65.1 – Функціональна схема блоку «логічна крокова програма» STEP(65)

Опис функціонального блоку

Алгоритм містить 8 кроків, перехід від одного кроку до іншого виконується або за умовою, коли dCond стає рівним 1 або після часу відповідного кроку TMi. При цьому спрацьовує відповідний дискретний вихід dOTi.

Якщо до закінчення контрольного часу відповідного кроку TMi умова не буде виконана (dCondi =0), то поведінка програми залежить від параметра nNumi. При цьому можливі наступні 4 варіанти:

1) якщо nNumi = 0, то програма, незважаючи на те, що dCond = 0, формує вихідний сигнал dOTi = 1 і переходить до наступного за номером кроку. Цей варіант використовується для реалізації витримки часу.

2) Якщо 0< nNumi <=Nm , де Nm - максимальний номер кроку, заданий модифікатором, вихід кроку не формується і програма переходить до виконання кроку nNumi . Цей варіант використовується для організації умовних та безумовних переходів.

3) Якщо nNumi >0 і одночасно nNumi >Nm (тобто кроку з номером nNumi немає), то програма перетворюється на стан " очікування " . Цей варіант використовується для зупинення програми і залучення оператора до того, що необхідні умови не виконані.

4) Якщо nNumi <0, відбувається обнулення кроку | nNumi | (тобто в кроці | nNumi | встановлюється dOTi = 0), на виході даного кроку сигнал залишається рівним нулю і програма переходить до виконання наступного кроку, якщо цей крок не останній, і стан "кінець програми", якщо даний крок останній . Якщо за вказаних вище умов встановити nNumi <-Nm, цей крок ніякої дії не виконує.

Після виконання останнього кроку алгоритму і в тому випадку, коли в цьому етапі не запрограмовано перехід на інший крок, програма переходить у стан "кінець програми", на виході dEnd з'являється сигнал високого рівня.

Входи, параметри та виходублоку представлені у таблиці 7.65.1.

Таблиця 7.65.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	eSTART	0 / 1		Пуск програми
02	eSTOP	0 / 1		Зупинення програми
03	dRESET	0 / 1		Скидання програми

Продовження таблиці 7.65.1

04	dCond1	0 / 1		Умова першого кроку програми
05	dCond2	0 / 1		Умова 2-го кроку програми
…				
11	dCond8	0 / 1		Умова 8-го кроку програми
Параметри				
01	nDISP	1 – 9	1	Номер дисплея (№ ".." на панелі "Прг")
02	nOPER	0 / 1	0	Режим функціонування 0 – раз. 1 – цикл.
03	qSTEP	1 – 8	1	Кількість кроків програми
04	nNUM1	-8 - 8	0	Параметр першого кроку програми
05	nNUM2	-8 - 8	0	Параметр 2-го кроку програми
…				
11	nNUM8	-8 - 8	0	Параметр 8 кроку програми
12	nMODE	0/1/2	0	Режим роботи блоку (0 – стоп; 1 – пауза; 2 – робота)
13	nSTEP	1 – 8	0	Номер виконуваного кроку
14	TIME	Час	0:00:00:0	поточний час
15	TM1	Час	0:00:00:0	Контрольний час 1-го кроку
16	TM2	Час	0:00:00:0	Контрольний час 2-го кроку
…				
22	TM8	Час	0:00:00:0	Контрольний час 8-го кроку
Виходи				
01	dRUN	0 / 1		=1 – програма працює
02	dPAUSE	0 / 1		=1 – програма може паузи
03	dRESET	0 / 1		=1 – скидання програми
04	dEND	0 / 1		=1 – кінець програми
05	eSTEP	0→1		Фронт під час переходу на новий крок програми
06	nNUM	-8 - 8		Параметр поточного кроку програми
07	nSTEP	1 – 8		Номер виконуваного кроку
08	dOT1	0 / 1		Сигнал про закінчення першого кроку програми
09	dOT2	0 / 1		Сигнал про закінчення 2-го кроку програми
…				
15	dOT8	0 / 1		Сигнал про закінчення 8-го кроку програми
16	TIME	Час		поточний час

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_65.fbx)

Постановка завдання: Необхідно організувати покроковий перехід у разі спрацьовування дискретного входу або закінчення часу для кроку.

Рішення:

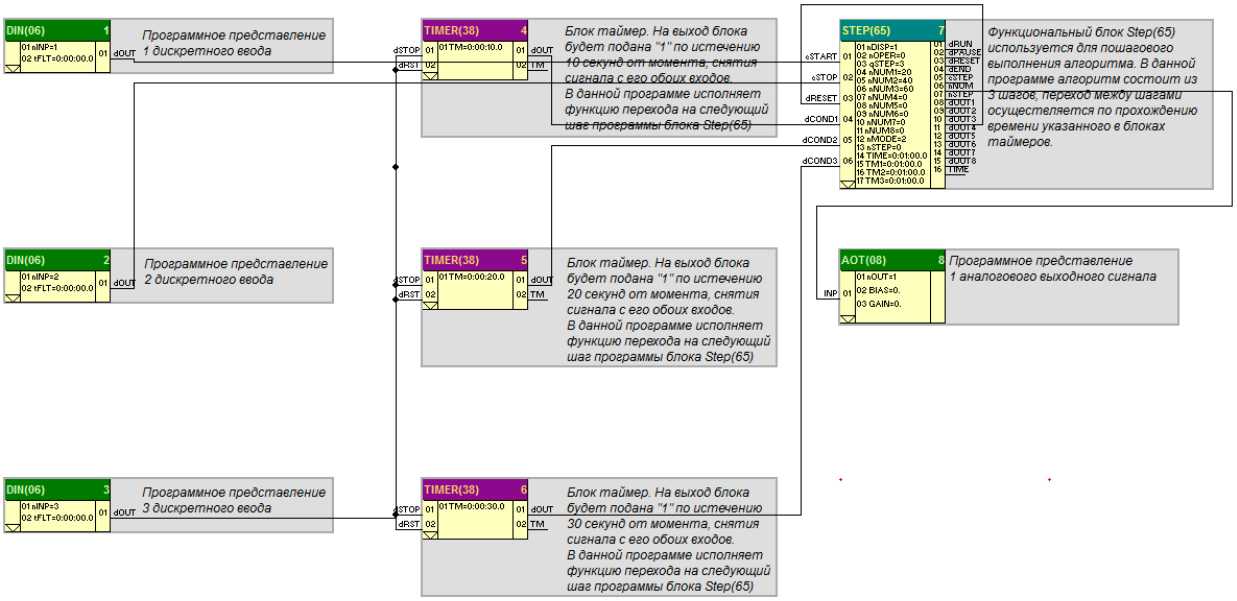


Рисунок 7.65.2 - Приклад роботи блоку STEP(65)

7.68 RTA_COR (68) - Синхронізація реального часу

Призначення

Функціональний блок застосовується для синхронізації часу контролера з часом на ПК

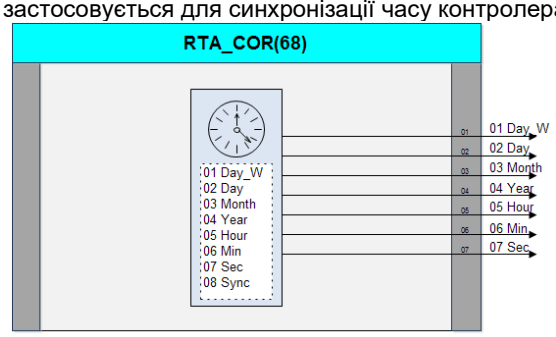


Рисунок 7.68.1 – Функціональна схема блоку синхронізації реального часу RTA_COR (68)

Опис функціонального блоку

Параметрами блоку є тимчасові уставки, при їх зміні в режимі налагодження і наступного запису в контролер, прилад синхронізує зазначені дату і час.

Встановлення годинника проводиться при калібруванні.

Параметри та виходу блоку представлені в таблиці 7.68.1.

Таблиця 7.68.1

Параметри – виходи				Призначення
№	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Параметри				
01	DAY_W	1 - 7	0	День тижня
02	DAY	1 – 31	0	День місяця
03	MONTH	1 – 12	0	Місяць
04	YEAR	0 - 99	0	Рік
05	HOUR	0-23	0	Годинник
06	MIN	0-59	0	Хвилини
07	SEC	0-59	0	Секунди
08	SYNC	0/1	0	Синхронізація. Не використовується
Виходи				
01	DAY_W	1 - 7		День тижня
02	DAY	1 – 31		День місяця
03	MONTH	1 – 12		Місяць
04	YEAR	0 - 99		Рік
05	HOUR	0-23		Годинник
06	MIN	0-59		Хвилини
07	SEC	0-59		Секунди

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_68.fbx)

Постановка завдання: Необхідно коригувати годинник реального часу щодо часу ПК (тільки при підключеному інтерфейсі).

Рішення:

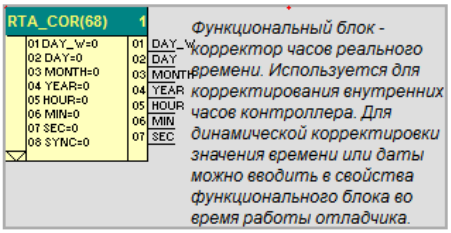


Рисунок 7.68.2 - Приклад роботи блоку RTA_COR(68)

8 Функціональні блоки регуляторів

8.60 PID (60) - Регулятор аналоговий

Призначення

Функціональний блок (рисунок 8.60.1) призначений для побудови контурів ПІД регулювання з використанням аналогових виконавчих механізмів.

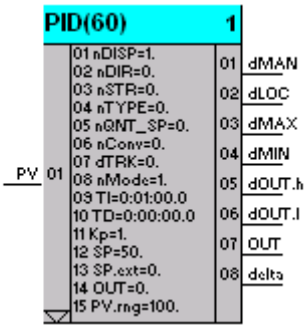


Рисунок 8.60.1 – Функціональний блок PID(60)

Функціональний блок PID(60) виконує функції настроюваного ПІД-регулятора з додатковими можливостями, такими як:

1. Формування на виході регулятора безпечного впливу зовнішньої команди;
2. 4 режими роботи:
   - ручний – керування з передньої панелі;
   - локальний – керування ПІД-регулятором із внутрішнім завданням;
   - каскадний - керування ПІД-регулятором із зовнішнім завданням або завданням від програмного задавача;
   - стежить - зупинка регулятора з автоматичним стеженням за значенням виходу блоку для подальшого ненаголошеного переходу в інший режим роботи;
3. Функція прегулювання керуючого впливу регулятора;
4. Функція корекції сигналу неузгодженості регулятора.

Блок здійснює ПІД-алгоритм обробки вхідного сигналу. Компоненти П-, І- та Д-, призначені для обробки вхідного сигналу, можуть бути активізовані або вимкнені в індивідуальному порядку. Це дозволяє конфігурувати П-, ПІ-, ПД- та ПІД-регулятори.

Параметри функціонального блоку

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 8.60.1.

Параметр 01*nDisp* задає номер дисплея регулятора. Максимальна кількість регуляторів, що використовуються в програмі контролера (ПІД - аналогових, ПІД - імпульсних, ПІД - каскадних а також дельта-регуляторів) - 9. Кожен регулятор повинен мати свій унікальний номер, за яким буде проводитися ідентифікація регуляторів на передній панелі контролера (дисплей №) .

Параметр 02 nDIR визначає напрямок дії регулятора. При зворотній дії регулятора (02 nDIR = 0) неузгодженість розраховується за формулою $E = -(PV - SP)$. Вихід регулятора збільшуватиметься, якщо регульований параметр буде меншим за завдання, і навпаки, зменшуватиметься, якщо регульований параметр буде більшим за завдання (8.60.1):

$$02\text{nDIR} = 0: \quad \begin{array}{l} PV < SP \Rightarrow OUT \uparrow \\ PV > SP \Rightarrow OUT \downarrow \end{array}. \qquad (8.60.1)$$

При прямій дії регулятора (*02*nDIR = 1), неузгодженість розраховується за формулою $E = PV - SP$. Вихід регулятора збільшуватиметься, якщо регульований параметр буде більшим за завдання, і навпаки, зменшуватиметься, якщо регульований параметр буде меншим за завдання (8.60.2):

$$02\text{nDIR} = 1: \quad \begin{array}{l} PV > SP \Rightarrow OUT \uparrow \\ PV < SP \Rightarrow OUT \downarrow \end{array} \qquad (8.60.2)$$

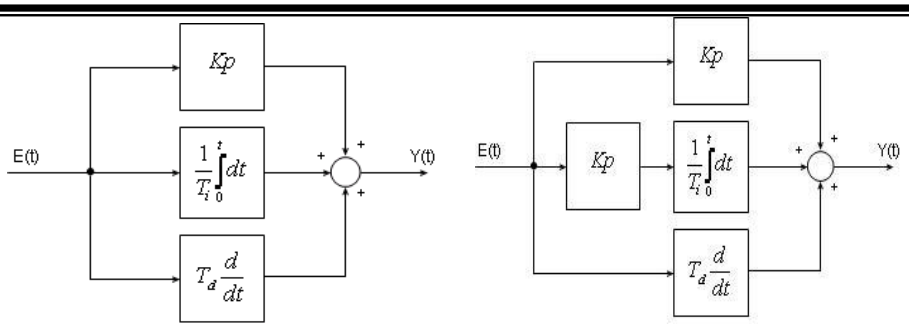
Параметр 03 nSTR визначає структуру регулятора:

1. 03 nSTR = 0 – паралельна;
2. 03 nSTR = 1 – змішана.

Алгоритмічні схемиПІД-регулятора у разі паралельної та змішаної структури показані на рисунку 8.60.2.

Таблиця 8.60.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Входи				
01	PV	Речове		Вхід регулятора
Параметри				
01	nDISP	1 - 9	1	Номер дисплея
02	nDIR	0 / 1	0	Напрямок дії регулятора (0-зворотний, 1-прямий)
03	nSTR	0 / 1	0	Структура регулятора (0-паралельний, 1-мішаний)
04	nTYPE	0, 1, 2	0	Тип регулятора (0 – ПІД; 1,2 – не вик.)
05	SP_Q	1, 2	0	Кількість завдань, що використовуються 1 – внутрішня задана точка; 2 – внутрішня/зовнішня задана точка
06	nCONV	0, 1, 2, 3, 4, 5	0	y=x y=SQRT(X) y=logX yeX y=x2 y=1/x
07	dTRK	0 / 1	0	Команда установки на виході регулятора безпечного значення дії (параметр 21 TRK_VAL)
08	nMODE	0, 1, 2	0	Режим роботи (0-РУ, 1-ЛУ, 2-КУ)
09	TI	Час	0:02:00:0	Час інтегрування регулятора
10	TD	Час	0:00:00:0	Час диференціювання регулятора
11	KP	Речове	1	Коефіцієнт посилення регулятора
12	SP	Речове	0	Завдання регулятору
13	SP_EXTERN	Речове	0	Зовнішнє завдання регулятора
14	OUT	Речове	0	Вихід регулятора 0-100%
15	PV_RANGE	Речове	100	Діапазон зміни регульованого параметра
16	SP_H	Речове	100	Обмеження завдання (верхнє)
17	SP_L	Речове	0	Обмеження завдання (нижнє)
18	SP_RATE	Речове	100	Швидкість зміни завдання, тех. од. / хв.
19	OUT_H	Речове	100	Обмеження виходу регулятора (верхнє)
20	OUT_L	Речове	0	Обмеження виходу регулятора (нижнє)
21	TRK_VAL	Речове	0	Значення безпечного впливу
22	DEV_MAX	Речове	0	Уставки сигналізації відхилення регульованого параметра від заданої точки (девіаційна сигналізація)
23	DEV _MIN	Речове	0	
24	DEV _HYS	Речове	0	Гістерезис сигналізації параметра
25	FF_VAL	Речове	0	Попередження керуючого впливу регулятора
26	FF_GAIN	Речове	0	Коефіцієнт посилення попередження
27	FF_H	Речове	0	Обмеження попередження (верхнє)
28	FF_L	Речове	0	Обмеження попередження (нижнє)
29	COR_VAL	Речове	0	Вхід ланки корекції регульованого параметра регулятора
30	COR_GAIN	Речове	0	Коефіцієнт посилення сигналу корекції
31	COR_H	Речове	0	Обмеження сигналу корекції (верхнє)
32	COR_L	Речове	0	Обмеження сигналу корекції (нижнє)
33	FB	Речове	0	Не використовується
Виходи				
01	dMAN	0 / 1		Стан регулятора (0-авт, 1-руч)
02	dLOC	0 / 1		Використовувана задана точка (0-зовніш, 1-внутр.)
03	dMAX	0 / 1		Вихід сигналізації перевищення регульованим параметром уставки DEV_MAX
04	dMIN	0 / 1		Вихід сигналізації перевищення регульованим параметром уставки DEV_MIN
05	dOUT_H	0 / 1		Вихід регулятора обмежений по верхн. значенням
06	dOUT_L	0 / 1		Вихід регулятора обмежений по нижній. значенням
07	OUT	Речове		Аналоговий вихід регулятора
08	DELTA	Речове		Узгодження регулятора у % вхідного параметра



а) б)

а – паралельна структура ПІД-регулятора; б – змішана структура ПІД-регулятора.
Рисунок 8.60.2 – Структури ПІД-регулятора

Згідно з малюнком 8.60.2, для паралельної структури регулятора передатна функція має вигляд:

$$Y(t) = K_p \cdot E(t) + \frac{1}{T_i}\int_0^t E(t)dt + T_d \frac{dE(t)}{dt}, \qquad (8.60.3)$$

для змішаної структури регулятора передатна функція має вигляд:

$$Y(t) = K_p \cdot E(t) + \frac{Kp}{T_i}\int_0^t E(t)dt + T_d \frac{dE(t)}{dt}, \qquad (8.60.4)$$

де: K_p - Коефіцієнт пропорційності регулятора (параметр 11 Kp);

T_i – час інтегрування регулятора (параметр 09 TI);

T_d – час диференціювання регулятора (параметр 10 ТД).

Сумарно: при використанні змішаної структури регулятора порівняно з паралельною вплив інтегральної складової Ti збільшується в Kp раз.

Формули (8.60.3) та (8.60.4) відповідають передатним функціям аналогових ПІД-регуляторів. У регуляторах контролера МІК-51 використовуються наближені формули розрахунку передавальних функцій у зв'язку з тим, що МІК-51 є цифровим пристроєм. Відповідно, розрахунок інтегральної та диференціальної складових виконується числовими методами (з високою точністю) з поправкою на дискретизацію у часі значення неузгодженості. Таким чином, передатна функція ПІД-регулятора для паралельної структури має вигляд (8.60.5):

$$Y_i = K_p \cdot E_i + \frac{1}{T_i}\sum_{i=0}^{n} E_i \cdot \Delta t + Td\frac{\Delta E_i}{\Delta t}, \qquad (8.60.5)$$

для змішаної структури регулятора передатна функція має вигляд (8.60.6):

$$Y_i = K_p \cdot E_i + \frac{K_p}{T_i}\sum_{i=0}^{n} E_i \cdot \Delta t + Td\frac{\Delta E_i}{\Delta t}, \qquad (8.60.6)$$

де: K_p - Коефіцієнт пропорційності регулятора (параметр 11 Kp);

T_i – час інтегрування регулятора (параметр 09 TI);

T_d – час диференціювання регулятора (параметр 10 ТД).

E_i - Різниця між завданням регулятора і поточним значенням Ti контрольованої величини;

ΔE_i - Різниця між двома сусідніми значеннями E_i і E_{i-1};

Δt - час між двома сусідніми вимірами T_i і T_{i-1};

$\sum_{i=0}^{n} E_i$ -Накопичена інтегральна сума неузгодженостей.

Параметр 04 nTYPE відповідає за тип ПІД-регулятора (0 – за замовчуванням).

Параметр 05 nQnt_SP відповідає за кількість завдань, що використовуються:
1 – внутрішня задана точка;
2 – внутрішня/зовнішня задана точка.

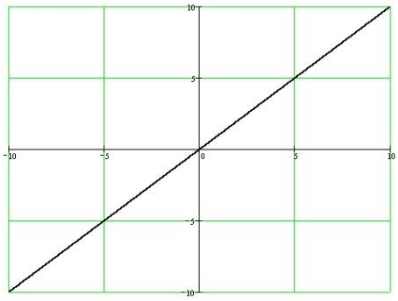
При виборі 05 nQnt_SP = 1, контролер буде працювати лише у двох режимах: ручний режим – керування виходом вручну з передньої панелі контролера клавішами “більше”-“менше” або з верхнього рівня (ПК) та локальний режим – керування ПІД-регулятором з внутрішнім завданням.

При 05 nQnt_SP = 2 регулятор може працювати ще третьому режимі – КАСКАДНОМУ.

Параметром 06 nConv вибирається один із шести типів математичного перетворення:

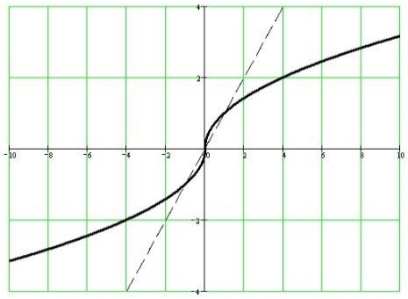
1. $E_{вых} = E$; (Значення 06 nConv = 0)
2. $E_{вых} = \sqrt{|E|}$; (Значення 06 nConv = 1)
3. $E_{вых} = \log E$; (Значення 06 nConv = 2)
4. $E_{вых} = e^{E}$; (Значення 06 nConv = 3)
5. $E_{вых} = E^{2}$; (Значення 06 nConv = 4)
6. $E_{вых} = \frac{1}{E}$. (Значення 06 nConv = 5)

При виборі параметра 06 nConv = 0 ($E_{вых} = E$) сигнал неузгодженості проходить через цей блок без зміни (рисунок 8.60.3). Якщо вибрано параметр 06 nConv = 1, то на виході блоку отримаємо сигнал на рисунку 8.60.4. У цьому випадку, при малому неузгодженні, вихідний сигнал неузгодженості буде більшим, ніж вхідний. Таким чином, регулятор швидше реагуватиме при малих значеннях неузгодженості. Але при великих значеннях неузгодженості вихідний сигнал неузгодженості буде значно менше вхідного, тому регулятор буде повільніше реагувати, ніж при лінійному перетворенні. Зворотний закон буде для 06 nConv = 4. При малому неузгодженні вихідний сигнал блоку «тип перетворення» буде меншим від вхідного сигналу, тому регулятор повільніше регулюватиме. Якщо значення неузгодженості буде більшим, наприклад, на 1% від діапазону вимірювання,



$E_{вых} = E$

Рисунок 8.60.3 – Графік обробки сигналу неузгодженості



——-$E_{вых} = \sqrt{|E|}$,------$E_{вых} = E$ (показано для порівняння з функцією $E_{вых} = \sqrt{|E|}$)

Рисунок 8.60.4 – Графік обробки сигналу неузгодженості

Параметр 07 dTRK відповідає за встановлення на виході регулятора безпечної дії. У разі можливих аварійних або позаштатних ситуацій команда 07 dTRK = 1 дозволяє перевести регулятор у режим НАСТУПНОГО керування (СУ). При цьому на виході регулятора встановлюється задане в параметрі 21 TRK.V безпечне положення або відстежується значення цього параметра, якщо він запрограмований як «пов'язаний» (див. опис на Програмний пакет редактор FBD-програм АЛЬФА).

Параметр 08 nModeвідповідає за керування режимами роботи регулятора з передньої панелі або по мережі:

1. 08 nMode = 0 - РУЧНИЙ режим;
2. *08 nMode = 1*– АВТОМАТИЧНИЙ режим (ЛОКАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ – ЛУ);
3. *08 nMode = 2*– АВТОМАТИЧНИЙ режим (КАСКАДНЕ керування – КУ).

Після програмування контролер перебуває у тому режимі, що вказано у параметрі 08*nMode*. Перемикання між режимами роботи описано в розділі 6.2.3 посібника ПРМК.421457.005 РЕ1. Також режими

роботи можна перемикати зовнішніми сигналами, зробивши параметр 08 nMode "пов'язаним". Тоді на вхід прм(08) подається сигнал із зовнішніх дискретних входів (DIN(06)) або інший сигнал, який використовується у програмі користувача.

Параметр 09 TI відповідає за час інтегрування регулятора.

Параметр 10 TD відповідає за час диференціювання регулятора.

Параметр 11 Kp відповідає за коефіцієнт посилення регулятора.

Параметр12 SP відповідає за завдання регулятора.

Параметр 13 SP.ext відповідає за використання зовнішнього завдання регулятора. У разі використання зовнішнього завдання параметр 13 SP.ext потрібно зробити «пов'язаним». При цьому в блоці з'явиться вхід під назвою прм(13), на який подається сигнал зовнішнього завдання. Зовнішнім завданням може бути сигнал аналогового входу контролера (блоку AIN(05)), програмного задавача (TM_PRG(57)) або будь-який інший аналоговий сигнал, що використовується в програмі користувача.

У параметр 14 OUT записують встановлене значення аналогового виходу регулятора. З цього значення почне змінюватися вихід регулятора під час переходу з ручного режиму до автоматичного. Також цей параметр використовується для керування виходом регулятора з верхнього рівня (наприклад, SCADA-системи).

Параметр 15 PV.rng- Діапазон зміни регульованого параметра. Параметр відповідає за масштабування сигналу за шкалою 0-100% щодо діапазону вхідного сигналу.

У більшості випадків параметр 15 PV.rng задається рівним діапазону вимірювання давача. Наприклад, для вимірювання температури термометром опору ТСМ 50М з граничними межами вимірювання -50,0 ºС... +200,0 ºС, діапазон вимірювання дорівнюватиме 250 ºС, тобто 15 PV.rng = 250. Для такого діапазону вхідного параметра при завданні SP = 50 ºС і параметр PV = 60 ºС неузгодженість становитиме E = 10 ºС, що відповідає 4% від діапазону вимірювання. У деяких випадках, коли діапазон вимірювання давача більший, а діапазон регулювання значно менше, діапазон вхідного сигналу можна задавати менше діапазону вимірювання давача. Для наведеного вище прикладу, якщо діапазон регулювання температури становить 20...120 ºС, то діапазон вимірювання дорівнюватиме 100 ºС, (15 PV.rng = 100). При такому діапазоні вхідного параметра при завданні SP = 50 ºС і параметрі PV = 60 ºС, неузгодженість становитиме ті ж E = 10 ºС, але у відсотковому відношенні це дорівнює 10%. Таким чином, зменшивши діапазон вхідного сигналу, можна досягти кращої чутливості регулятора.

При зменшенні параметра 15 PV.rng слід врахувати, що при цьому збільшується чутливість до коливань вхідного сигналу, яка може виникати від зовнішніх впливів і негативно відбиватися як регулювання, особливо при використанні диференціальної складової або великого коефіцієнта посилення.

Параметр 16 SP.h відповідає за верхнє обмеження завдання регулятора.

Параметр 17 SP.l відповідає за нижнє обмеження завдання регулятора.

При введенні внутрішнього завдання з передньої панелі зміна нижче параметрів 16 SP.h і 17 SP_l заблоковано. Якщо при зміні зовнішнього завдання параметр, значення якого надходить на вхід прм(13), більше (менше) від значення, заданого в параметрі 16 SP.h (17 SP.l), то на суматор надходить значення, що дорівнює значенню 16 SP.h (17 SP.l). Діаграма обмеження завдання представленана рисунку 8.60.5.

Якщо параметр*16SP.h* рівний параметру 17 SP.l, завдання буде незмінним і рівним SP = 16 SP.h = 17 SP.l.

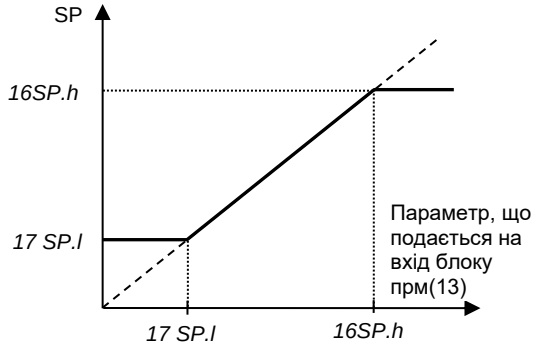


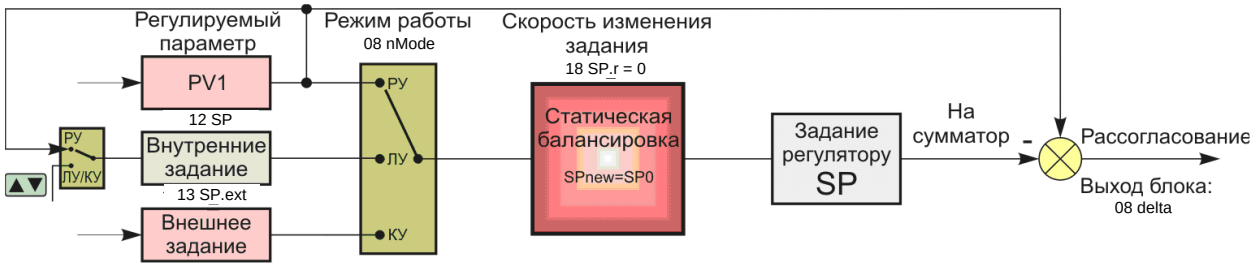
Рисунок 8.60.5 – Діаграма обмеження зовнішнього завдання

Параметр 18 SP.r відповідає за швидкість зміни завдання (тех. одиниць на хвилину). Залежно від значення параметра 18 SP.r, є два режими балансування:

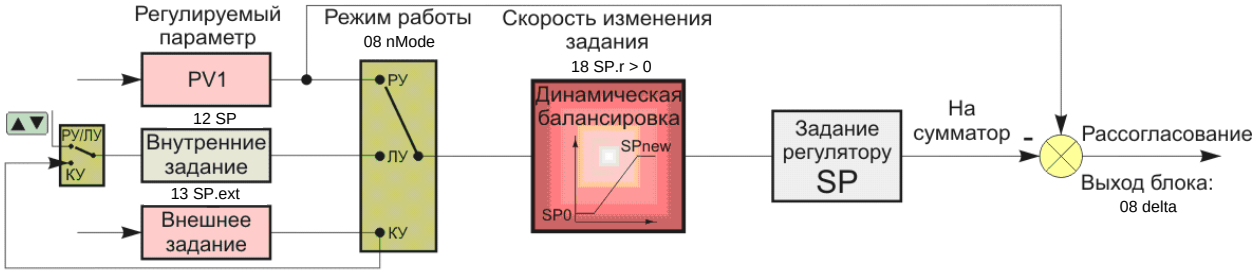
1.*18SP.r*= 0 – статичне балансування,

2. 18 SP.r≠0 – динамічне балансування.

Функціональна схема роботи балансувань показана рисунку 8.60.6.



а) статичне балансування



б) динамічне балансування

Рисунок 8.60.6 – Функціональна схема балансувань ПІД-регулятора блоку PID(60)

Примітка. На схемі умовно показано положення перемикачів для ручного режиму регулятора.

При використанні динамічного балансування в каскадному режимі керування (із зовнішнім завданням) слід враховувати, що зміна зовнішнього завдання буде обмежена параметрами 16 SP.h та 17 SP.l, а швидкість зміни - параметром 18 SP.r. На рисунку 8.60.7 штриховою лінією показано зміну зовнішнього завдання, що подається на вхід прм(13), а суцільний лінією – реальна зміна впливу регулятора, що задає. На відрізку АБ швидкість зміни зовнішнього задає впливу менше швидкості зміни завдання, зазначеної в параметрі 18 SP.r, тому завдання дорівнює зовнішньому впливу, що задає. На відрізку БВ зовнішнє вплив, що задає, змінюється з більшою швидкістю, ніж швидкість зміни завдання. На даному графіку швидкість зміни впливу, що задає, представлена кутом нахилу відрізка $tg(\beta) = \frac{\Delta прм(13)}{\Delta t}$, а швидкість зміни завдання $tg(\alpha) = \frac{\Delta SP}{\Delta t} = 18\ SP.r$. Отже, при $tg(\beta) > tg(\alpha)$ Завдання регулятору буде обмежуватися швидкістю зміни завдання, і зміняться - по відрізку БГ, а не БВ-ВГ. Аналогічним буде обмеження швидкості при зменшенні зовнішнього завдання.

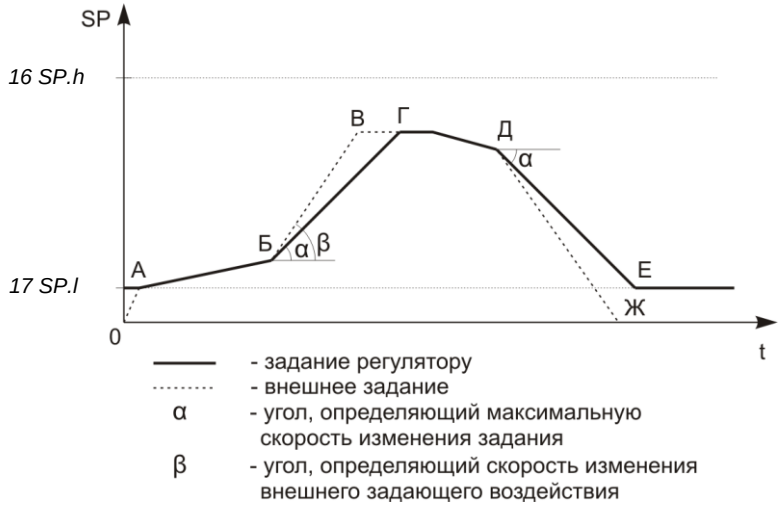


Рисунок 8.60.7 – Діаграмаобмеження швидкості зовнішнього завдання

Таблиця 8.60.2 - Функції режимів балансування аналогового ПІД-регулятора блоку PID(60)

	Статичне балансування	Динамічна балансування
Зміна внутрішньої заданої точки (з передньої панелі або за інтерфейсом)	Внутрішнє завдання стрибкоподібно набуває значення нового завдання **SPOLD → SPNEW**	Внутрішнє завдання починає змінюватися від значення старого завдання до значення введеного нового завдання зі швидкістю зміни завдання*18 SP.r* **SPOLD → SPNEW**

Перемикання режиму роботи **РУ**→ ЛУ	При перемиканні завдання приймає значення параметра, що вимірюється **SP = PV**	Завдання починає змінюватися від значення параметра до значення внутрішнього завдання зі швидкістю зміни завдання*18 SP.r* **PV→SP**
Перемикання режиму роботи **ЛУ**→ РУ	Завдання стрибкоподібно набуває значення вимірюваного параметра **SP↱ PV**	Завдання не змінюється **SP**
Перемикання режиму роботи **ЛУ**→ КУ	Значення завдання стрибкоподібно змінюється з внутрішнього на зовнішнє **SPВНУТР↱ SPЗОВНІШ**	Завдання починає змінюватися від значення внутрішнього значення до зовнішнього зі швидкістю зміни завдання*18 SP.r* **SPВНУТР→SPЗОВНІШ**
Перемикання режиму роботи **КУ**→ ЛУ	Внутрішнє завдання набуває значення зовнішнього задавача **SPВНУТР = SPЗОВНІШ**	Внутрішнє завдання набуває значення зовнішнього задавача **SPВНУТР = SPЗОВНІШ**
Перемикання режиму роботи **КУ**→ РУ	Внутрішнє завдання набуває значення зовнішнього задавача **SPВНУТР = SPЗОВНІШ**	Внутрішнє завдання набуває значення зовнішнього задавача **SPВНУТР = SPЗОВНІШ**

Параметр 19 OUT.h відповідає за верхнє обмеження виходу регулятора.

Параметр 20 OUT.l відповідає за нижнє обмеження виходу регулятора.

Параметр 21 TRK.V відповідає за значення безпечного впливу (працює лише разом із параметром 07 dTRK). Цей параметр можна зробити «пов'язаним», використовуючи для різних ситуацій різне значення безпечного впливу.

Якщо регулятор переведено в режим СУ (параметр 07 dTRK = 1), то блок установки безпечного значення керуючого впливу відключить регулюючий сигнал ПІД-регулятора, а на виході встановлює вплив, заданий користувачем параметрі 21 TRK.V.

Параметр 22 PV.max відповідає за верхнє значення сигналізації відхилення регульованого параметра від заданої точки. Якщо параметр дорівнює уставці MAX або перевищує її (PV≥SP+PV.max), спрацьовує сигналізація MAX. Відповідно, на передній панелі почне світитися світлодіод.▲а на виході 03 dMAX блоку PID(60) встановиться логічна одиниця.

Параметр 23 PV.min відповідає за нижнє значення уставки сигналізації відхилення регульованого параметра заданої точки. Якщо параметр дорівнює або менше уставки MIN (PV≤SP-PV.min), то спрацює сигналізація MIN. На передній панелі світитиметься світлодіод▼а на виході 04 dMIN блоку PID(60) встановиться логічна одиниця.

Параметр 24 PV.hys відповідає за гістерезис сигналізації параметра.

Параметр 25 FF.V відповідає за попередження керуючого впливу регулятора. Щоб у блоці ПІД-регулятора з'явився вхід попередження, параметр 25 FF.V потрібно зробити зв'язаним.

Параметр 26 FF.G відповідає за коефіцієнт посилення значення попередження регулятора. Сигнал із входу параметра 25 FF.V посилюється (послаблюється) цим коефіцієнтом.

Параметр 27 FF.h відповідає за верхнє обмеження попередження регулятора.

Параметр 28 *FF.l* відповідає за нижнє обмеження попередження регулятора.

Верхнє та нижнє промежування попередження виставляються з міркувань безпеки. Спочатку коефіцієнт посилення попередження K_{FF} встановлюється рівний нулю. Тоді налаштовується ПІД-регулятор без попередження. Коли підібрані коефіцієнти K_p, $T_и$ і $T_д$ необхідно почати збільшувати коефіцієнт K_{FF} до тих пір, поки в системі не виникнуть загасаючі коливання при $K_{FFкр}$. Коефіцієнт посилення сигналу попередження обчислюється так (8.60.7):

$$K_{FF} = 0{,}7 \cdot K_{FFкр}, \qquad (8.60.7)$$

де: K_{FF} - Коефіцієнт посилення попередження;

$K_{FFкр}$ - Критичний коефіцієнт посилення попередження, при якому в системі виникають затухаючі коливання.

Параметр 29 COR.Vвідповідає за корекцію сигналу неузгодженості регулятора. Параметр робиться "пов'язаним" і, відповідно, у блоці з'явиться вхід прм(29). На цей вхід подається сигнал корекції з блоку COR_ST(93) або COR_D(94), який є функцією неузгодженості між параметром корекції і точкою корекції (8.60.8):

$$VAL_{COR} = F(PV2_{COR} - SP_{COR}), \qquad (8.60.8)$$

де: VAL_{COR} - значення сигналу корекції (%), що подається на вхід прм(29) блоку PID(60);

$PV2_{COR}$ - Значення параметра корекції;

SP_{COR} - Значення точки корекції. Для блоку COR_ST(93) це значення постійне і визначається користувачем, а для блоку COR_D(94) – динамічне, змінюється при кожному перемиканні з режиму РУ в режим ЛУ, і приймає значення параметра корекції в момент перемикання $SP_{COR} = PV2_{COR}$;

$F(PV2_{COR} - SP_{COR})$ - функція перетворення неузгодженості $PV2_{COR} - SP_{COR}$ яка задається в блоках COR_ST(93) і COR_D(94).

Параметр 30 COR.G відповідає за коефіцієнт посилення сигналу корекції. Чим більший коефіцієнт посилення, тим більший вплив сигналу корекції на сигнал неузгодженості, і навпаки.

Параметр 31 COR.h відповідає за верхнє обмеження сигналу корекції.

Параметр 32 COR.l відповідає за нижнє обмеження сигналу корекції.

Параметр 33 FB- Службовий. У зв'язку з постійною роботою над удосконаленням програмного забезпечення контролера та можливою зміною призначення даного параметра, використовувати його в програмах користувача не рекомендується.

Принцип роботи функціонального блоку

Функціональна схема аналогового ПІД-регулятора представлена на рисунку 8.60.8.

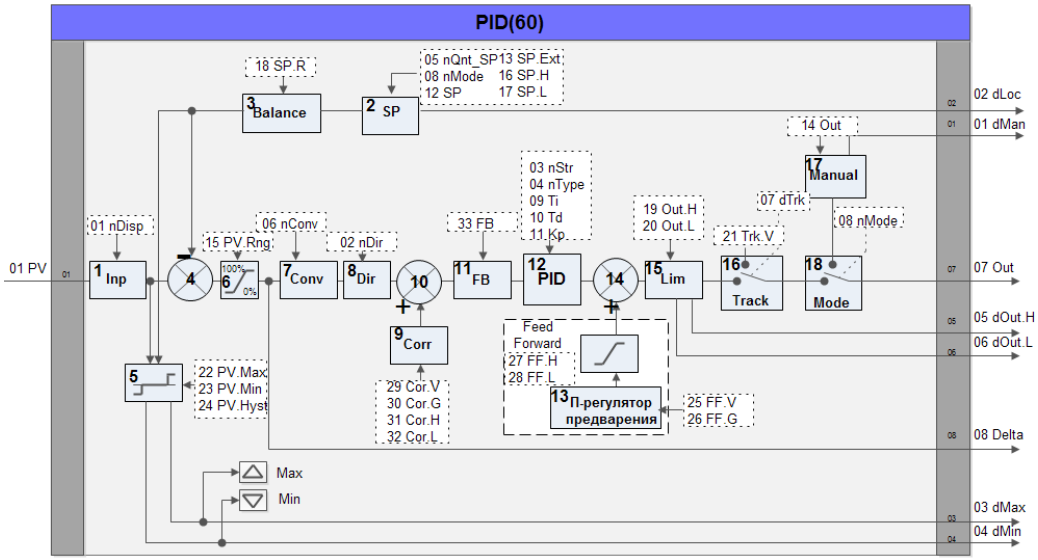


Рисунок 8.60.8 – Функціональна схема аналогового ПІД-регулятора

Значення регульованого параметра надходить на вхід 01 PV блоку та відображається на дисплеї ПАРАМЕТР. У параметрі 01*nDISP* задається номер дисплея регулятора. Значення 01 nDISP = 0 робить регулятор невидимим із передньої панелі.

Регульований параметр надходить на вузол Сигналізація (5), де визначається відхилення регульованого параметра від заданої точки (девіаційна сигналізація). Даний вузол формує дискретні сигнали dMIN та dMAX, які надходять на виходи 04 та 03 блоку PID(60). Крім того, ці сигнали безпосередньо «прив'язані» до відповідних сигнальних світлодіодів на передній панелі контролера біля індикатора ПАРАМЕТР.

Наступним вузлом ланцюга обробки регульованого параметра є СУМАТОР (4), причому, значення регульованого параметра надходить на нього зі знаком “+”.

Вузол формування завдання складається з кількох блоків. Задане значення регульованого параметра (вузол***SP (2)***) обмежено по максимуму та мінімуму параметрами 16 SP.h і 17 SP.l. Значення заданої точки регулятора знаходиться у параметрі 12 SP, який, за потреби, можна зробити зв'язаним. При використанні зовнішньої заданої точки (параметр 05 nQNT_SP = 2) її значення необхідно записувати в параметр 13 SP.ext (також зробивши його «пов'язаним»). Параметр 18 SP.r визначає швидкість зміни завдання (у тих одиницях на хвилину).

Вузол BALANCE (3) відповідає заненаголошене (плавне) перемикання або зміна заданої точки. Сигнал із вузла BALANCE (3) надходить на СУМАТОР (4) зі знаком “-”.

На виході суматора формується сигнал неузгодженості між регульованим параметром та завданням у технологічних одиницях: Етех.од. = PV-SP. Цей сигнал масштабується за шкалою 0 – 100% (вузол МАСШТАБУВАННЯ (6)) щодо діапазону зміни PV, що задається у параметрі 15 PV.rng. Нормований сигнал неузгодженості можна використовувати у програмі користувача – він подається на вихід 08 delta блоку PID(60).

Нормований сигнал неузгодженості після вузла МАСШТАБУВАННЯ (6) надходить на вузол CONV (7) математичного перетворення.

Наступний вузол - DIR (8) - визначає напрямок дії регулятора (вибирається параметром 02 nDIR). При зворотній дії регулятора (02 nDIR = 0), неузгодженість розраховується за формулою $E = -(PV - SP)$.

При прямій дії регулятора (02 nDIR = 1), неузгодженість розраховується за формулою $E = PV - SP$.

Також є можливість використання корекції (вузол CORR (9)) керованого сигналу додаткового параметра. Сигнал неузгодженості E_{PV} після блоку DIR (8) підсумовується значення корекції (8.60.9):

$$E = E_{PV} + \left(COR.G \cdot VAL_{COR}\right)_{COR.l}^{COR.h} \qquad (8.60.9)$$

З формули видно, що вплив на неузгодженість, а відповідно і на регулювання залежить від коефіцієнта посилення 30 COR.G. Чим більший коефіцієнт посилення, тим більший вплив сигналу корекції на сигнал неузгодженості, і навпаки.

Далі сигнал проходить через вузол FB(11), який є службовим. У зв'язку з постійною роботою над удосконаленням програмного забезпечення контролера та можливою зміною призначення даного вузла, використовувати його в програмах користувача не рекомендується. За замовчуванням цей вузол заблокований (параметр 33 FB = 0) і не впливає на сигнал неузгодженості.

Наступним кроком сигнал неузгодженості потрапляє на блок ПІД-регулювання***PID (12)***. ПІД-регулятор побудований таким чином, що в процесі роботи в кожен момент часу t на виході регулятора формуватиметься вплив Y(t) залежно від вхідного сигналу регулятора E(t) (узгодження між вхідним параметром PV та завданням регулятора SP).

Залежність між вхідним сигналом регулятора E(t) та вихідним Y(t) визначає передатна функція регулятора. Алгоритм перетворення містить три складові регулятора: пропорційна (П-складова), інтегральна (І-складова) та диференційна (Д-складова).

З виходу блоку сигнал надходить на СУМАТОР (14). К|до| суматор також підходить сигнал попередження вузла FEED FORWARD (13). Щоб у блоці ПІД-регулятора з'явився вхід попередження, параметр 25 FF.V потрібно зробити зв'язаним. Сигнал з цього входу посилюється/послаблюється коефіцієнтом посилення попередження K_{FF}, заданим у параметрі 26 FF.G, обмежується уставками, заданими у параметрах 27 FF.h та 28 FF.l і подається на суматор. Іншими словами, вихідний сигнал з ПІД-регулятора підсумовується вихідним сигналом П-регулятора каналу попередження (рисунок 8.60.9).

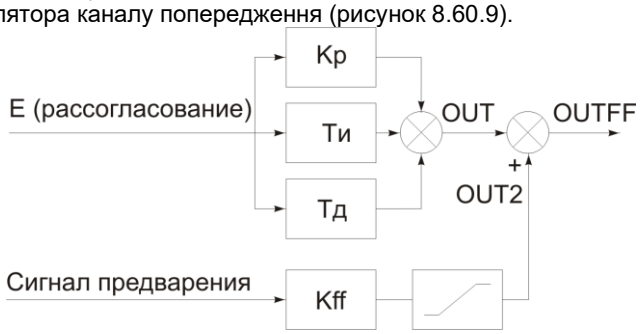


Рисунок 8.60.9 – Функціональна схема формування виходу ПІД-регулятора з попередженням

Надалі сигнал надходить на вузол обмеження LIM (15) згідно з параметрами 19 OUT.h та 20 OUT.l з сигналізацією досягнення значень обмежень на дискретних виходах 05 dOUT.h та 06 dOUT.l.

Далі регулюючий сигнал проходить через блок установки на виході регулятора безпечного значення TRACK (16). Якщо команда на встановлення безпечного положення відсутня, регулюючий сигнал проходить через цей блок без змін. Сигнал команди на встановлення безпечного положення заводиться на вхід прм(07), для чого параметр 07 dTRK потрібно зробити "пов'язаним".

Потім сигнал проходить через блок вибору режиму роботи регулятора MODE (18) (РУЧНИЙ/АВТОМАТ). Вибір режиму роботи здійснюється з передньої панелі контролера або визначається в параметрі 08 nMODE. В автоматичному режимі роботи регулюючий сигнал ПІД-регулятора направляється на вихід 07 OUT, а в ручному режимі - керування здійснюється з передньої панелі приладу або за інтерфейсом. Якщо керування здійснюється за інтерфейсом, значення переміщення ІМ записується в параметр 14 OUT.

Приклад застосування

Допустимо, є абстрактний технологічний процес. Воду в ємності необхідно нагріти та підтримувати за певної температури. Для нагрівання води використовується газовий пальник, що знаходиться під ємністю. Інтенсивність горіння регулюється клапаном подачі газу. На рисунку 8.60.10 показано, як це може бути організовано за допомогою аналогового ПІД регулювання.

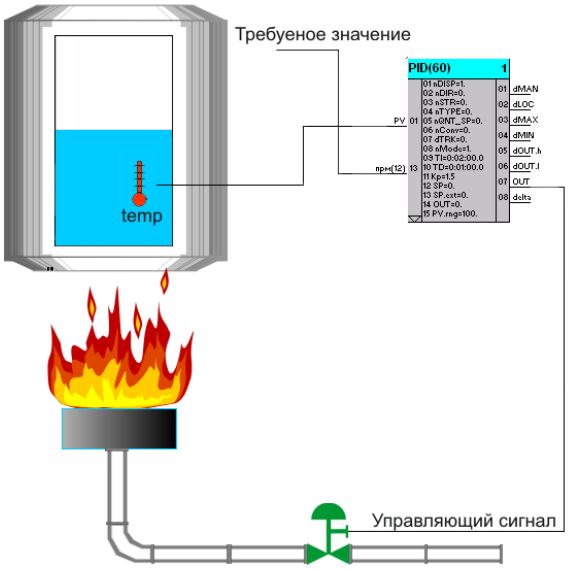


Рисунок 8.60.10 - Застосування аналогового ПІД-регулятора

На рисунку 8.60.11 зображено реалізацію прикладу на основі функціонального блоку PID(60) контролера МІК-51. Значення властивостей блоків цієї програми наведено на рисунках 8.60.12 – 8.60.15. FBD-файл прикладу програми доступний для завантаження з офіційного сайту підприємства МІКРОЛ (Analog_PID.zip).

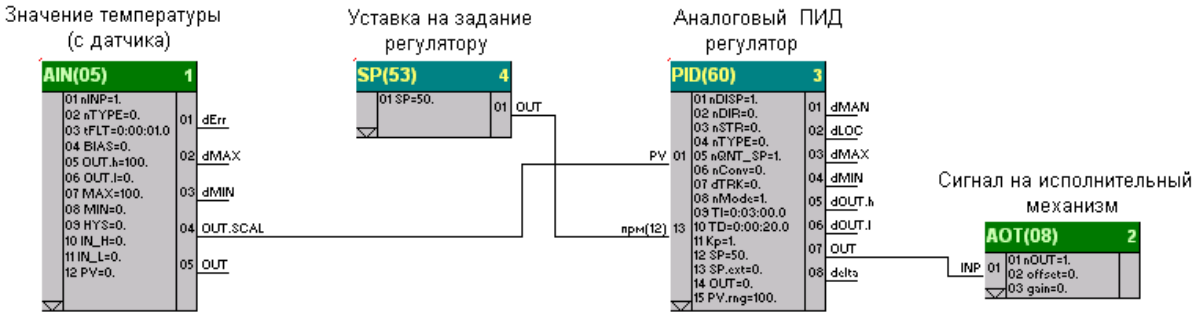
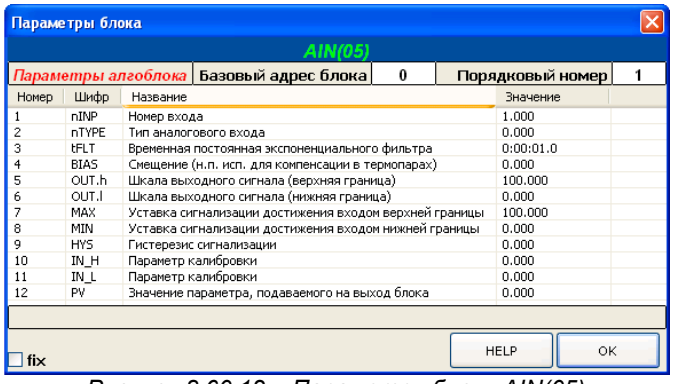


Рисунок 8.60.11 – Реалізація прикладу у редакторі АЛЬФА



Параметры блока

AIN(05)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	0	Порядковый номер	1

Номер	Шифр	Название	Значение
1	nINP	Номер входа	1.000
2	nTYPE	Тип аналогового входа	0.000
3	tFLT	Временная постоянная экспоненциального фильтра	0:00:01.0
4	BIAS	Смещение (н.п. исп. для компенсации в термопарах)	0.000
5	OUT.h	Шкала выходного сигнала (верхняя граница)	100.000
6	OUT.l	Шкала выходного сигнала (нижняя граница)	0.000
7	MAX	Уставка сигнализации достижения входом верхней границы	100.000
8	MIN	Уставка сигнализации достижения входом нижней границы	0.000
9	HYS	Гистерезис сигнализации	0.000
10	IN_H	Параметр калибровки	0.000
11	IN_L	Параметр калибровки	0.000
12	PV	Значение параметра, подаваемого на выход блока	0.000

fix HELP OK

Рисунок 8.60.12 – Параметри блоку AIN(05)

Параметры блока

PID(60)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	15	Порядковый номер	3

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	nDISP	Номер дисплея	1.000	
2	nDIR	Направление действия(0-обратный,1-п...	0.000	
3	nSTR	Структура регулятора (0-паралельний,...	0.000	
4	nTYPE	Тип регулятора (0-ПИД,1..2-не использ...	0.000	
5	nQN...	1-внутренняя заданая точка;1/2 внутр...	1.000	
6	nConv	тип преобразования	0.000	
7	dTRK	Команда установки на выходе регулят...	0.000	
8	nMode	Режим работы(0-РУ,1-ЛУ,2-КУ)	1.000	
9	TI	Время интегрирования	0:03:00.0	
10	TD	Время дифференцирования	0:00:20.0	
11	Kp	Коэффициент усиления	1.000	
12	SP	Задание	50.000	связаный п-р
13	SP.ext	Внешнее задание	0.000	
14	OUT	Выход регулятора	0.000	
15	PV.rng	Диапазон изменения регулируемого пар...	100.000	
16	SP.h	Ограничение задания (верхнее)	100.000	
17	SP.l	Ограничение задания (нижнее)	0.000	
18	SP.r	Скорость изменения задания	90.000	
19	OUT.h	Ограничение выхода регулятора (верх...	100.000	
20	OUT.l	Ограничение выхода регулятора (нижн...	0.000	
21	TRK.V	Значение безопасного воздействия	0.000	
22	PV.max	Уставка сигнализации MAX отклонения ...	100.000	
23	PV.min	Уставка сигнализации MIN отклонения ...	0.000	
24	PV.hys	Гистерезис сигнализации параметра	5.000	
25	FF.V	Вход блока предварения	0.000	
26	FF.G	Усиление канала предварения	0.000	
27	FF.h	Верхнее ограничение предварения	0.000	
28	FF.l	Нижнее ограничение предварения	0.000	
29	COR.V	Вход блока коррекции	0.000	
30	COR.G	Усиление канала коррекции	0.000	
31	COR.h	Верхнее ограничение коррекции	0.000	
32	COR.l	Нижнее ограничение коррекции	0.000	
33	FB	Обратная связь	0.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.60.13 – Параметри блоку PID(60)

Параметры блока

AOT(08)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	12	Порядковый номер	2

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	nOUT	Номер аналогового выхода	1.000	
2	offset	Смещение	0.000	
3	gain	Усиление	0.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.60.14 - Параметри блоку AOT(08)

Параметры блока

SP(53)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	48	Порядковый номер	4

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	SP	Значение уставки	50.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.60.15 – Параметри блоку SP(53)

8.61 PID_CAS (61) - Регулятор аналоговий каскадний

Призначення

Функціональний блок (рисунок 8.61.1) призначений для побудови контурів каскадного ПІД регулювання з використанням аналогових виконавчих механізмів.

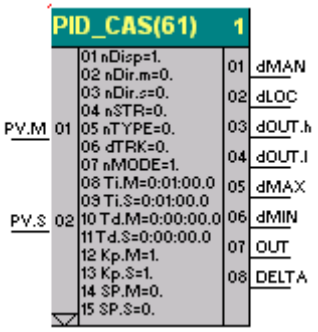


Рисунок 8.61.1 - Функціональний блок PID_CAS(61)

Функціональний блок PID_CAS(61) виконує функції каскадного ПІД-регулятора, що настроюється, з додатковими можливостями, такими як:

1. Формування на виході регулятора безпечного впливу зовнішньої команди;
2. 4 режими роботи:

- ручний – управління виконавчим механізмом із передньої панелі;
- локальний – одноконтурний ПІД-регулятор із внутрішнім завданням;
- каскадний – каскадний аналоговий ПІД-регулятор;
- стежить - зупинка регулятора з автоматичним стеженням за значенням виходу блоку для подальшого ненаголошеного переходу в інший режим роботи;

3. Функція прегулювання керуючого впливу регулятора;
4. Функція корекції сигналу неузгодженості регулятора.

Блок здійснює ПІД-алгоритм обробки вхідного сигналу. Компоненти П-, І- та Д-, призначені для обробки вхідного сигналу, можуть бути активізовані або вимкнені в індивідуальному порядку. Це дозволяє конфігурувати П-, ПІ-, ПД- та ПІД-регулятори.

Блок PID_CAS(61) дозволяє замінити собою два функціональні блоки аналогових ПІД-регуляторів, включених у каскадному режимі. За структурою каскадний аналоговий ПІД-регулятор і двох регуляторів: ведучого (master) і веденого (slave). Вихід MASTER-регулятора є завданням SLAVE-регулятора.

Параметри функціонального блоку

Входи, параметри та виходи блоку представлені в таблиці8.61.1.

Таблиця 8.61.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	PV-M	Речове		Вхід головного (провідного) регулятора
02	PV-S	Речове		Вхід керованого регулятора
Параметри				
01	nDISP	1-9	1	Номер дисплея
02	nDIR_M	0 / 1	0	Напрямок дії провідного регулятора (0-зворотний, 1-прямий)
03	nDIR_S	0 / 1	0	Напрямок дії керованого регулятора (0-зворотний, 1-прямий)
04	nSTR	0 / 1	0	Структура регулятора (0-паралельний, 1-мішаний)
05	nTYPE	0 / 2	0	Тип регулятора (0 – ПІД; 1,2 – не вик.)
06	dTRK	0 / 1	0	Команда установки на виході регулятора безпечного значення дії (параметр 38 TRK_VAL)
07	nMODE	0, 1, 2	0	Режим роботи (0-РУ, 1-ЛУ, 2-КУ)
08	Ti_M	Час	0:00:02:0	Час інтегрування регулятора
09	Ti_S	Час	0:00:04:0	Час інтегрування регулятора
10	Td_M	Час	0:00:00:0	Час диференціювання регулятора
11	Td_S	Час	0:00:00:0	Час диференціювання регулятора
12	Kp_M	Речове	1	Коефіцієнт посилення регулятора
13	Kp_S	Речове	1	Коефіцієнт посилення регулятора
14	SP_M	Речове	0	Завдання провідного регулятора

Продовження таблиці 8.61.1

15	SP_S	Речове	0	Завдання керованого регулятора
16	OUT	Речове	0	Вихід регулятора 0-100%
17	PV_M_RANGE	Речове	100	Діапазон зміни регульованого параметра
18	SP_M_H	Речове	100	Обмеження завдання (верхнє)
19	SP_M_L	Речове	0	Обмеження завдання (нижнє)
20	SP_M_RATE	Речове	100	Швидкість зміни завдання
21	MAX	Речове	0	Уставка сигналізації
22	MIN	Речове	0	Уставка сигналізації
23	HYS	Речове	0	Гістерезис сигналізації
24	FF_M_VAL	Речове	0	Попередження керуючого впливу регулятора
25	FF_M_GAIN	Речове	0	Коефіцієнт посилення попередження
26	FF_M_H	Речове	0	Обмеження попередження (верхнє)
27	FF_M_L	Речове	0	Обмеження попередження (нижнє)
28	COR_M_VAL	Речове	0	Вхід ланки корекції регульованого параметра провідного регулятора
29	COR_M_GAIN	Речове	0	Коефіцієнт посилення сигналу корекції
30	COR_M_H	Речове	0	Обмеження сигналу корекції (верхнє)
31	COR_M_L	Речове	0	Обмеження сигналу корекції (нижнє)
32	FB_M	Речове	0	Сигнал зворотного зв'язку
33	PV_S_RANGE	Речове	100	Діапазон зміни регульованого параметра
34	SP_S_H	Речове	100	Обмеження завдання
35	SP_S_L	Речове	0	Обмеження завдання
36	OUT_H	Речове	100	Обмеження виходу регулятора
37	OUT_L	Речове	0	Обмеження виходу регулятора
38	TRK_VAL	Речове	0	Значення безпечного стану 0–100%
39	FF_S_VAL	Речове	0	Попередження керуючого впливу регулятора
40	FF_S_GAIN	Речове	0	Коефіцієнт посилення попередження
41	FF_S_H	Речове	0	Обмеження попередження (верхнє)
42	FF_S_L	Речове	0	Обмеження попередження (нижнє)
43	COR_S_VAL	Речове	0	Вхід ланки корекції регульованого параметра регулятора
44	COR_S_GAIN	Речове	0	Коефіцієнт посилення сигналу корекції
45	COR_S_H	Речове	0	Обмеження сигналу корекції (верхнє)
46	COR_S_L	Речове	0	Обмеження сигналу корекції (нижнє)
47	FB_S	Речове	0	Сигнал зворотного зв'язку
Виходи				
01	dMAN	0 / 1		Стан регулятора: 0-не руч, 1-руч(РУ)
02	dLOC	0 / 1		Використовувана задана точка: 0-не всередину, 1-внутр(ЛУ)
03	dOUT_H	0 / 1		Вихід регулятора обмежений по верхн. значенням
04	dOUT_L	0 / 1		Вихід регулятора обмежений по нижній. значенням
05	dMAX	0 / 1		Вихід сигналізації перевищення регульованим параметром уставки PV_MAX
06	dMIN	0 / 1		Вихід сигналізації перевищення регульованим параметром уставки PV_MIN
07	OUT	Речове		Аналоговий вихід регулятора 0-100%
08	DELTA	Речове		Узгодження регулятора

Параметр 01*nDisp* задає номер дисплея регулятора. Максимальна кількість регуляторів, що використовуються в програмі контролера (ПІД - аналогових, ПІД - імпульсних, ПІД - каскадних а також дельта-регуляторів) - 9. Кожен регулятор повинен мати свій унікальний номер, за яким буде проводитися ідентифікація регуляторів на передній панелі контролера (дисплей №) .

Параметр 02 nDir.m визначає напрямок дії MASTER-регулятора.

Параметр 03 nDir.s визначає напрямок дії SLAVE-регулятора.

При зворотній дії регулятора (nDIR = 0) неузгодженість розраховується за формулою $E = -(PV - SP)$. Вихід відповідного регулятора (MASTER або SLAVE) буде збільшуватися, якщо регульований параметр буде меншим за завдання, і навпаки, зменшуватися, якщо регульований параметр буде більшим за завдання (8.61.1):

$$nDIR = 0: \begin{array}{l} PV < SP \Rightarrow OUT \uparrow \\ PV > SP \Rightarrow OUT \downarrow \end{array}. \qquad (8.61.1)$$

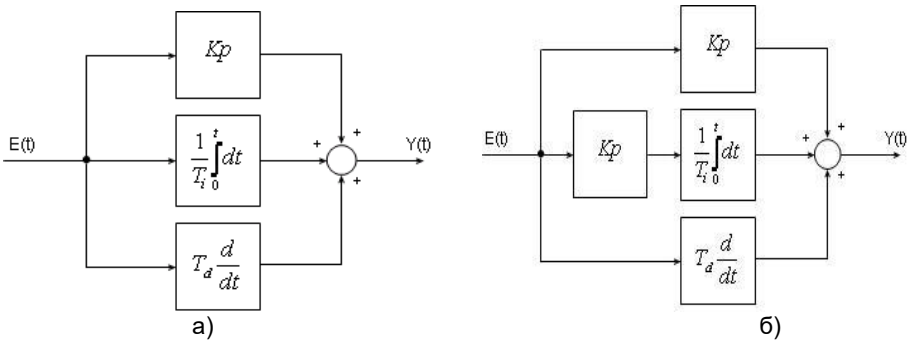
При прямій дії регулятора (*nDIR=1*), неузгодженість розраховується за формулою $E = PV - SP$. Вихід регулятора збільшуватиметься, якщо регульований параметр буде більшим за завдання, і навпаки, зменшуватиметься, якщо регульований параметр буде меншим за завдання (8.61.2):

$$nDIR = 1: \begin{array}{l} PV > SP \Rightarrow OUT \uparrow \\ PV < SP \Rightarrow OUT \downarrow \end{array} \qquad (8.61.2)$$

Параметр 04 nSTR визначає структуру обох регуляторів (і MASTER, і SLAVE):

1. 04 nSTR = 0 – паралельна;
2. 04 nSTR = 1 – змішана.

Алгоритмічні схеми вузлаПІД-регулятора у разі паралельної та змішаної структури показані на рисунку 8.61.2.



а – паралельна структура ПІД-регулятора; б – змішана структура ПІД-регулятора.
Рисунок 8.61.2 – Структури вузла ПІД-регулятора

Згідно з малюнком 8.61.2, для паралельної структури регулятора передатна функція має вигляд:

$$Y(t) = K_p \cdot E(t) + \frac{1}{T_i}\int_0^t E(t)dt + T_d \frac{dE(t)}{dt}, \qquad (8.61.3)$$

для змішаної структури регулятора передатна функція має вигляд:

$$Y(t) = K_p \cdot E(t) + \frac{Kp}{T_i}\int_0^t E(t)dt + T_d \frac{dE(t)}{dt}, \qquad (8.61.4)$$

де: K_p - Коефіцієнт пропорційності регулятора (параметр 12 Kp.M для MASTER і параметр 13 Kp.S для SLAVE);

T_i – час інтегрування регулятора (параметр 08 Ti.M для MASTER та параметр 09 Ti.S для SLAVE);

T_d – час диференціювання регулятора (параметр 10 Td.M для MASTER та параметр 11 Td.S для SLAVE).

Сумарно: при використанні змішаної структури регулятора порівняно з паралельною вплив інтегральної складової Ti збільшується в Kp раз.

Формули (8.61.3) та (8.61.4) відповідають передатним функціям аналогових ПІД-регуляторів. У регуляторах контролера МІК-51 використовуються наближені формули розрахунку передавальних функцій у зв'язку з тим, що МІК-51 є цифровим пристроєм. Відповідно, розрахунок інтегральної та диференціальної складових виконується числовими методами (з високою точністю) з поправкою на дискретизацію у часі значення неузгодженості. Таким чином, передатна функція ПІД-регулятора для паралельної структури має вигляд (8.61.5):

$$Y_i = K_p \cdot E_i + \frac{1}{T_i}\sum_{i=0}^{n} E_i \cdot \Delta t + Td\frac{\Delta E_i}{\Delta t}, \qquad (8.61.5)$$

для змішаної структури регулятора передатна функція має вигляд (8.61.6):

$$Y_i = K_p \cdot E_i + \frac{K_p}{T_i}\sum_{i=0}^{n} E_i \cdot \Delta t + Td\frac{\Delta E_i}{\Delta t}, \qquad (8.61.6)$$

де: K_p - Коефіцієнт пропорційності регулятора (параметр 12 Kp.M для MASTER і параметр 13 Kp.S для SLAVE);

T_i – час інтегрування регулятора (параметр 08 Ti.M для MASTER та параметр 09 Ti.S для SLAVE);

T_d – час диференціювання регулятора (параметр 10 Td.M для MASTER та параметр 11 Td.S для SLAVE); E_i - Різниця між завданням регулятора і поточним значенням Ti контрольованої величини;

ΔE_i - Різниця між двома сусідніми значеннями E_i і E_{i-1};

Δt - час між двома сусідніми вимірами T_i і T_{i-1};

$\sum_{i=0}^{n} E_i$ -Накопичена інтегральна сума неузгодженостей.

Параметр 05 nTYPE відповідає за тип каскадного аналогового ПІД-регулятора (0 – за замовчуванням).

Параметр 06 dTRK відповідає за встановлення на виході регулятора безпечної дії. У разі можливих аварійних або позаштатних ситуацій команда 06 dTRK = 1 дозволяє перевести регулятор у режим НАСТУПНОГО керування (СУ). При цьому на виході регулятора встановлюється задане в параметрі 38 TRK.V безпечне положення або відстежується значення цього параметра, якщо він запрограмований як «пов'язаний».

Параметр 07 nMODE відповідає за керування режимами роботи регулятора з передньої панелі або по мережі:

1. 08 nMode = 0 - РУЧНИЙ режим;
2. *08 nMode = 1*– АВТОМАТИЧНИЙ режим (ЛОКАЛЬНЕ управління – ЛУ; одноконтурний ПІД-регулятор з внутрішнім завданням);
3. *08 nMode = 2*– АВТОМАТИЧНИЙ режим (КАСКАДНЕ управління – КУ; каскадний аналоговий ПІД-регулятор).

Після програмування контролер перебуває у тому режимі, що вказано у параметрі 08*nMode*. Перемикання між режимами роботи описано в розділі 6.2.3 посібника ПРМК.421457.005 РЕ1. Також режими роботи можна перемикати зовнішніми сигналами, зробивши параметр 07 nMODE «пов'язаним». Тоді на вхід прм(07) подається сигнал із зовнішніх дискретних входів (DIN(06)) або інший сигнал, що використовується у програмі користувача.

Параметр 08 Ti.M відповідає за час інтегрування MASTER-регулятора.

Параметр 09 Ti.S відповідає за час інтегрування SLAVE-регулятора.

Параметр 10 Td.M відповідає за час диференціювання MASTER-регулятора.

Параметр 11 Td.S відповідає під час диференціювання SLAVE-регулятора.

Параметр 12 Kp.M відповідає за коефіцієнт посилення MASTER-регулятора.

Параметр 13 Kp.S відповідає за коефіцієнт посилення SLAVE-регулятора.

Параметр 14 SP.M відповідає за завдання MASTER-регулятору.

Параметр 15 SP.S відповідає за завдання SLAVE-регулятору.

У параметр 16 OUT записують встановлене значення аналогового виходу регулятора. З цього значення почне змінюватися вихід регулятора під час переходу з ручного режиму до автоматичного. Також цей параметр використовується для керування виходом регулятора з верхнього рівня (наприклад, SCADA-системи).

Параметр 17 PV.M.rng– діапазон зміни регульованого параметра MASTER-регулятора. Параметр відповідають за масштабування сигналу за шкалою 0-100% щодо діапазону зміни вхідного сигналу.

У більшості випадків параметр 17 PV.M.rng задається рівним діапазону вимірювання давача. Наприклад, для вимірювання температури термометром опору ТСМ 50М з граничними межами вимірювання -50,0 ºС... +200,0 ºС, діапазон вимірювання дорівнюватиме 250 ºС, тобто 17 PV.M.rng = 250. Для такого діапазону вхідного параметра при завданні SP = 50 ºС та параметрі PV = 60 ºС неузгодженість становитиме E = 10 ºС, що відповідає 4% від діапазону вимірювання. У деяких випадках, коли діапазон вимірювання давача більший, а діапазон регулювання значно менше, діапазон вхідного сигналу можна задавати менше діапазону вимірювання давача. Для наведеного вище прикладу, якщо діапазон регулювання температури становить 20...120 ºС, то діапазон вимірювання дорівнюватиме 100 ºС, (17 PV.M.rng = 100). При такому діапазоні вхідного параметра при завданні SP = 50 ºС і параметрі PV = 60 ºС, неузгодженість становитиме ті ж E = 10 ºС, але у відсотковому відношенні це дорівнює 10%. Таким чином, зменшивши діапазон вхідного сигналу, можна досягти кращої чутливості регулятора.

При зменшенні параметра 17 PV.M.rng слід врахувати, що при цьому збільшується чутливість до коливань вхідного сигналу, яка може виникати від зовнішніх впливів і негативно відбиватися як регулювання, особливо при використанні диференціальної складової або великого коефіцієнта посилення.

Параметр 18 SP.Mh відповідає за верхнє обмеження завдання MASTER-регулятора.

Параметр 19 SP.Ml відповідає за нижнє обмеження завдання MASTER-регулятора.

При введенні завдання з передньої панелі зміна нижче параметрів 18 SP.Mh і 19 SP.Ml заблоковано. Якщо при зміні зовнішнього завдання параметр, значення якого надходить на вхід прм(14), більше (менше) від значення, заданого в параметрі 18 SP.Mh (19 SP.Ml), то на суматор надходить значення, що дорівнює значенню 18 SP.Mh (19 SP.Ml). Діаграма обмеження завдання представлена на рисунку 8.61.3.

Якщо параметр*18SP.Mh* рівний параметру 19 SP.Ml, то завдання буде незмінним і рівним SP.M = 18 SP.Mh = 19 SP.Ml

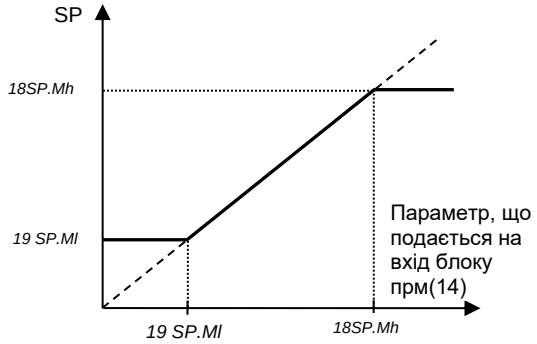


Рисунок 8.61.3 – Діаграма обмеження завдання

Параметр 20 SP.M.rate відповідає за швидкість зміни завдання MASTER-регулятора (тех. одиниць на хвилину). Залежно від значення параметра 20 SP.M.rate є два режими балансування:

1.*20SP.M.rate*= 0 – статичне балансування,

2. 20 SP.M.rate≠0 – динамічне балансування.

При використанні динамічного балансування із зовнішнім завданням (коли параметр 14 SP.M є «пов'язаним») потрібно враховувати, що зміна зовнішнього завдання буде обмежена параметрами 18 SP.Mh та 19 SP.Ml, а швидкість його зміни – параметром 20 SP.M. rate. На рисунку 8.61.4 штриховий лінією показано зміна зовнішнього завдання, поданого на вхід прм(14), а суцільний лінією – реальна зміна впливу регулятора, що задає. На відрізку АБ швидкість зміни зовнішнього задає впливу менше швидкості зміни завдання, зазначеної в параметрі 20 SP.M.rate, тому завдання дорівнює зовнішньому впливу, що задає. На відрізку БВ зовнішнє вплив, що задає, змінюється з більшою швидкістю, ніж швидкість зміни завдання. На даному графіку швидкість зміни впливу, що задає, представлена кутом нахилу відрізка $tg(\beta) = \frac{\Delta прм(14)}{\Delta t}$, а швидкість зміни завдання $tg(\alpha) = \frac{\Delta SP}{\Delta t} = 20\ SP.M.rate$. Отже, при $tg(\beta) > tg(\alpha)$ Завдання регулятору буде обмежуватися швидкістю зміни завдання, і зміняться - по відрізку БГ, а не БВ-ВГ. Аналогічним буде обмеження швидкості при зменшенні зовнішнього завдання.

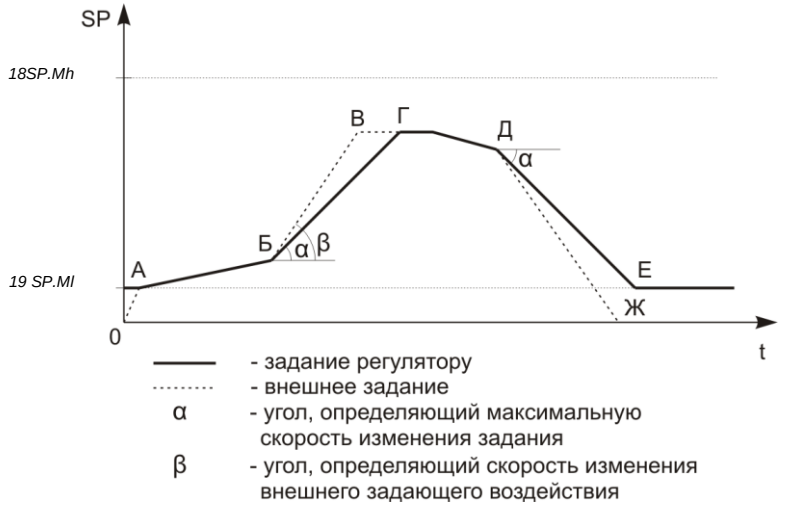


Рисунок 8.61.4 – Діаграмаобмеження швидкості зовнішнього завдання

Таблиця 8.61.2 - Функції режимів балансування завдання MASTER-регулятора блоку PID_CAS(61)

	Статичне балансування	Динамічна балансування
Зміна внутрішньої заданої точки (з передньої панелі або за інтерфейсом)	Внутрішнє завдання стрибкоподібно набуває значення нового завдання **SPOLD** ↱ **SPNEW**	Внутрішнє завдання починає змінюватися від значення старого завдання до введеного нового завдання зі швидкістю зміни завдання*20SP.M.rate* **SPOLD** → **SPNEW**

Перемикання режиму роботи **РУ**→ ЛУ	При перемиканні завдання приймає значення параметра, що вимірюється **SP = PV**	Завдання починає змінюватися від значення параметра до значення внутрішнього завдання зі швидкістю зміни завдання*20SP.M.rate* **PV→SP**
Перемикання режиму роботи **ЛУ**→ РУ	Завдання стрибкоподібно набуває значення вимірюваного параметра **SP↱PV**	Завдання не змінюється **SP**
Перемикання режиму роботи **ЛУ**→ КУ	Значення завдання стрибкоподібно змінюється з внутрішнього на зовнішнє **SPВНУТР↱SPЗОВНІШ**	Завдання починає змінюватися від значення внутрішнього значення до зовнішнього зі швидкістю зміни завдання*20SP.M.rate* **SPВНУТР→SPЗОВНІШ**
Перемикання режиму роботи **КУ**→ ЛУ	Внутрішнє завдання набуває значення зовнішнього задавача **SPВНУТР = SPЗОВНІШ**	Внутрішнє завдання набуває значення зовнішнього задавача **SPВНУТР = SPЗОВНІШ**
Перемикання режиму роботи **КУ**→ РУ	Внутрішнє завдання набуває значення зовнішнього задавача **SPВНУТР = SPЗОВНІШ**	Внутрішнє завдання набуває значення зовнішнього задавача **SPВНУТР = SPЗОВНІШ**

Параметр 21 MAXвідповідає за верхнє значення сигналізації відхилення регульованого параметра MASTER-регулятора від заданої точки. Якщо параметр дорівнює уставці MAX або перевищує її (PV≥SP+MAX), спрацьовує сигналізація MAX. Відповідно, на передній панелі почне світитися світлодіод ▲ а на виході 05 dMAX блоку PID_CAS(61) встановиться логічна одиниця.

Параметр 22 MIN відповідає за нижнє значення сигналізації відхилення регульованого параметра MASTER-регулятора від заданої точки. Якщо параметр дорівнює або менше уставки MIN (PV≤SP-MIN), то спрацює сигналізація MIN. На передній панелі світитиметься світлодіод ▼ а на виході 06 dMIN блоку PID_CAS(61) встановиться логічна одиниця.

Параметр 23 HYS відповідає за гістерезис сигналізації відхилення регульованого параметра MASTER-регулятора від заданої точки.

Параметр 24 FF.MV відповідає за попередження керуючого впливу MASTER-регулятора. Щоб у блоці ПІД-регулятора з'явився вхід попередження, параметр 24 FF.MV потрібно зробити зв'язаним.

Параметр 25 FF.MG відповідає за коефіцієнт посилення значення попереднього MASTER-регулятора. Сигнал із входу параметра 24 FF.MV посилюється (послаблюється) цим коефіцієнтом.

Параметр 26 FF.Mh відповідає за верхнє обмеження попереднього MASTER-регулятора.

Параметр 27 *FF.Ml* відповідає за нижнє обмеження попереднього MASTER-регулятора.

Верхнє та нижнє промежування попередження виставляються з міркувань безпеки. Спочатку коефіцієнт посилення попередження K_{FF} встановлюється рівний нулю. Тоді налаштовується ПІД-регулятор без попередження. Коли підібрані коефіцієнти K_p, $T_и$ і $T_д$ необхідно почати збільшувати коефіцієнт K_{FF} до тих пір, поки в системі не виникнуть загасаючі коливання при $K_{FFкр}$. Коефіцієнт посилення сигналу попередження обчислюється так (8.61.7):

$$K_{FF} = 0{,}7 \cdot K_{FFкр}, \qquad (8.61.7)$$

де: K_{FF} - Коефіцієнт посилення попередження;

$K_{FFкр}$ - Критичний коефіцієнт посилення попередження, при якому в системі виникають затухаючі коливання.

Параметр 28 COR.MV відповідає за корекцію сигналу неузгодженості MASTER-регулятора. Параметр робиться "пов'язаним" і, відповідно, у блоці з'явиться вхід прм(28). На цей вхід подається сигнал корекції з блоку COR_ST(93) або COR_D(94), який є функцією неузгодженості між параметром корекції і точкою корекції (8.61.8):

$$VAL_{COR} = F(PV2_{COR} - SP_{COR}), \qquad (8.61.8)$$

де: VAL_{COR} - значення сигналу корекції (%), що подається на вхід прм(28) блоку PID_CAS(61);

$PV2_{COR}$ - Значення параметра корекції;

SP_{COR} - Значення точки корекції. Для блоку COR_ST(93) це значення постійне і визначається користувачем, а для блоку COR_D(94) – динамічне, змінюється при кожному перемиканні з режиму РУ в режим ЛУ, і приймає значення параметра корекції в момент перемикання $SP_{COR} = PV2_{COR}$;

$F(PV2_{COR} - SP_{COR})$- функція перетворення неузгодженості $PV2_{COR} - SP_{COR}$ яка задається в блоках COR_ST(93) і COR_D(94).

Параметр 29 COR.MG відповідає за коефіцієнт посилення сигналу корекції MASTER-регулятора. Чим більший коефіцієнт посилення, тим більший вплив сигналу корекції на сигнал неузгодженості, і навпаки.

Параметр 30 COR.Mh відповідає за верхнє обмеження сигналу корекції MASTER-регулятора.

Параметр 31 COR.ML відповідає за нижнє обмеження сигналу корекції MASTER-регулятора.

Параметр 32 FB.M- Службовий. У зв'язку з постійною роботою над удосконаленням програмного забезпечення контролера та можливою зміною призначення даного параметра, використовувати його в програмах користувача не рекомендується.

Параметр 33 PV.S.rng– діапазон зміни регульованого параметра SLAVE-регулятора. Параметр відповідають за масштабування сигналу за шкалою 0-100% щодо діапазону зміни вхідного сигналу.

Параметр 34 SP.Sh відповідає за верхнє обмеження завдання SLAVE-регулятора.

Параметр 35 SP.Sl відповідає за нижнє обмеження завдання SLAVE-регулятора.

Параметр 36 OUT.h відповідає за верхнє обмеження виходу регулятора.

Параметр 37 OUT.l відповідає за нижнє обмеження виходу регулятора.

Параметр 38 TRK.V відповідає за значення безпечного впливу (працює лише разом із параметром 06 dTRK). Цей параметр можна зробити «пов'язаним», використовуючи для різних ситуацій різне значення безпечного впливу.

Якщо регулятор переведено в режим СУ (параметр 06 dTRK = 1), то блок установки безпечного значення керуючого впливу відключить регулюючий сигнал ПІД-регулятора, а на виході встановлює вплив, заданий користувачем параметрі 38 TRK.V.

Параметр 39 FF.SV відповідає за попередження керуючого впливу SLAVE-регулятора. Щоб у блоці ПІД-регулятора з'явився вхід попередження, параметр 39 FF.SV потрібно зробити зв'язаним.

Параметр 40 FF.SG відповідає за коефіцієнт посилення значення попередження SLAVE-регулятора. Сигнал із входу параметра 39 FF.SV посилюється (послаблюється) цим коефіцієнтом.

Параметр 41 FF.Sh відповідає за верхнє обмеження попереднього регулювання SLAVE-регулятора.

Параметр 42 *FF.Sl* відповідає за нижнє обмеження попередження SLAVE-регулятора.

Параметр 43 COR.SV відповідає за корекцію сигналу неузгодженості SLAVE-регулятора. Параметр робиться "пов'язаним" і, відповідно, у блоці з'явиться вхід прм(43).

Параметр 44 COR.SG відповідає за коефіцієнт посилення сигналу корекції SLAVE-регулятора. Чим більший коефіцієнт посилення, тим більший вплив сигналу корекції на сигнал неузгодженості, і навпаки.

Параметр 45 COR.Sh відповідає за верхнє обмеження сигналу корекції SLAVE-регулятора.

Параметр 46 COR.Sl відповідає за нижнє обмеження сигналу корекції SLAVE-регулятора.

Параметр 47 FB.S- Службовий. У зв'язку з постійною роботою над удосконаленням програмного забезпечення контролера та можливою зміною призначення даного параметра, використовувати його в програмах користувача не рекомендується.

Принцип роботи функціонального блоку

Функціональна структура каскадного аналогового ПІД-регулятора представлена на рисунку 8.61.5.

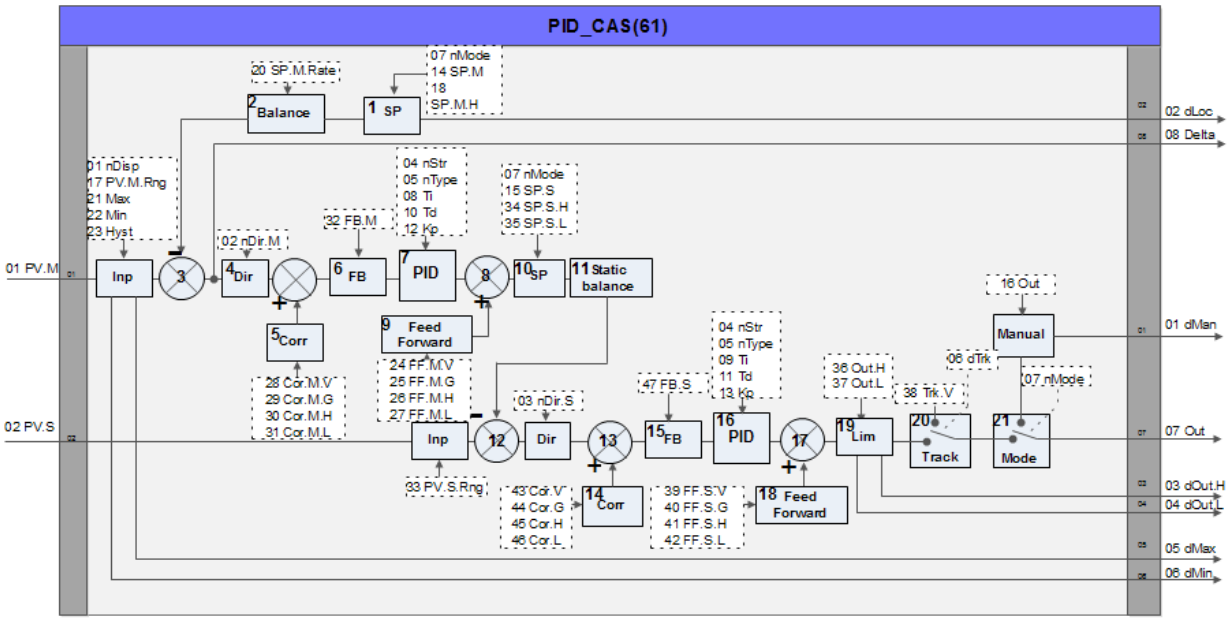


Рисунок 8.61.5 – Функціональна структура блоку каскадного аналогового ПІД-регулятора PID_CAS(61)

Значення регульованого параметра MASTER-регулятора надходить на вхід 01 PV.M блоку та індикується на дисплеї ПАРАМЕТР. У параметрі 01*nDisp* задається номер дисплея регулятора. Значення 01 nDisp = 0 робить регулятор невидимим із передньої панелі.

Регульований параметр надходить на вузол INP, де спочатку визначається відхилення регульованого параметра заданої точки (девіаційна сигналізація). Даний вузол формує дискретні сигнали dMIN та dMAX, які надходять на виходи 06 та 05 блоку PID_CAS(61). Крім того, ці сигнали безпосередньо «прив'язані» до відповідних сигнальних світлодіодів на передній панелі контролера біля індикатора ПАРАМЕТР.

Сигнал у вузлі INP надходить у дільник, де з урахуванням діапазону зміни регульованого параметра (17 PV.M.rng) переводиться в безрозмірну величину (0…100%). Далі значення регульованого параметра надходить зі знаком "+" на суматор (3).

Вузол формування завдання складається з кількох блоків. Значення заданої точки MASTER-регулятора знаходиться у параметрі 14 SP.M, який, за потреби, можна зробити «пов'язаним».

Математичні блоки вузла ***SP (1)***з урахуванням значень параметрів 18 SP.Mhта 19 SP.Ml формують подузол обмеження завдання. З вузла SP (1) сигнал заданої точки надходить у вузол balance (2).

Вузол ***BALANCE(2)*** відповідає заненаголошене (плавне) перемикання чи зміна заданої точки, і навіть містить у собі дільник, де, аналогічно значенню регульованого параметра, значення заданої точки перетворюється на безрозмірну величину (0…100%). Сигнал із вузла balance (2) надходить на СУМАТОР (3) зі знаком “-”.

На виході суматора формується сигнал неузгодженості між регульованим параметром та завданням у одиницях процентної шкали: E = PV-SP. Нормований сигнал неузгодженості можна використовувати у програмі користувача – він подається на вихід 08 DELTA блоку PID_CAS(61).

Нормований сигнал неузгодженості після суматора надходить на вузол DIR (4), який визначає напрямок дії MASTER-регулятора (вибирається параметром 02 nDIR.m). При зворотній дії регулятора (02 nDIR.m = 0), неузгодженість розраховується за формулою $E = -(PV - SP)$.

При прямій дії регулятора (02 nDIR.m = 1), неузгодженість розраховується за формулою $E = PV - SP$.

Також є можливість використання корекції (вузол CORR (5)) сигналу неузгодженості за додатковим параметром. Сигнал неузгодженості E_{PV} після блоку DIR (4) підсумовується значення корекції (8.61.9):

$$E = E_{PV} + \left(COR.M.G \cdot VAL_{COR}\right)_{COR.M.l}^{COR.M.h}. \qquad (8.61.9)$$

З формули видно, що вплив на неузгодження, а відповідно і на регулювання, залежить від коефіцієнта посилення 29 COR.MG Чим більший коефіцієнт посилення, тим більший вплив сигналу корекції на сигнал неузгодження, і навпаки.

Далі сигнал проходить через вузол FB(6), який є службовим. У зв'язку з постійною роботою над удосконаленням програмного забезпечення контролера та можливою зміною призначення даного вузла, використовувати його в програмах користувача не рекомендується. За замовчуванням цей вузол заблокований (параметр 32 FB.M = 0) і не впливає на сигнал неузгодженості.

Наступним кроком сигнал неузгодженості MASTER-регулятора потрапляє на блок ПІД-регулювання ***PID (9)***. ПІД-регулятор побудований таким чином, що в процесі роботи в кожен момент часу t на виході регулятора формуватиметься вплив Y(t) залежно від вхідного сигналу регулятора E(t) (узгодження між вхідним параметром PV та завданням регулятора SP).

Залежність між вхідним сигналом регулятора E(t) та вихідним Y(t) визначає передатна функція регулятора. Алгоритм перетворення регулятора містить три складові регулятора: пропорційна (П-складова), інтегральна (І-складова) та диференціальна (Д-складова).

З виходу блоку сигнал надходить на СУМАТОР (8). К|до| суматор також підходить сигнал попередження з вузла FEED FORWARD (9). Щоб у блоці MASTER-регулятора з'явився вхід попередження, параметр 24 FF.MV потрібно зробити зв'язаним. Сигнал з цього входу посилюється/послаблюється коефіцієнтом посилення попередження K_{FF}, заданим у параметрі 25 FF.MG, обмежується уставками, заданими у параметрах 26 FF.Mh та 27 FF.Ml і подається на суматор. Іншими словами, вихідний сигнал з вузла ПІД-регулятора підсумовується вихідним сигналом П-регулятора каналу попередження (рисунок 8.61.6).

Рисунок 8.61.6 – Функціональна схема формування виходу вузла ПІД-регулятора із попередженням

Вихідний сигнал MASTER-регулятора надходить на вузол SP (10) SLAVE-регулятора. Математичні блоки вузла SP (10) з урахуванням значень параметрів 34 SP.Sh та 35 SP.Sl формують подузол обмеження завдання SLAVE-регулятора.

З вузла***SP (10)*** сигнал заданої точки SLAVE-регулятора надходить у вузол STATIC ***BALANCE(11)***, що відповідає за статичне балансування завдання. Сигнал із вузла STATIC balance (11) надходить на СУМАТОР (12) зі знаком “-”.

Значення регульованого параметра SLAVE-регулятора надходить на вхід 02 PV.S блоку і даліна вузол INP, де з урахуванням діапазону зміни регульованого параметра (33 PV.S.rng), переводиться в безрозмірну величину (0...100%). Далі значення регульованого параметра надходить зі знаком "+" на суматор (12).

На виході суматора формується сигнал неузгодженості між регульованим параметром та завданням у одиницях процентної шкали: E = PV-SP.

Нормований сигнал неузгодженості після суматора надходить на вузол DIR, який визначає напрямок дії SLAVE-регулятора (вибирається параметром 03 nDIR.s). При зворотній дії регулятора (03 nDIR.s = 0), неузгодженість розраховується за формулою $E = -(PV - SP)$.

При прямій дії регулятора (03 nDIR.s = 1), неузгодженість розраховується за формулою $E = PV - SP$.

Також є можливість використання корекції (вузол CORR (14)) сигналу неузгодженості за додатковим параметром. Сигнал неузгодженості E_{PV} після блоку DIR підсумовується значення корекції (8.61.10):

$$E = E_{PV} + \left(COR.S.G \cdot VAL_{COR}\right)_{COR.S.I}^{COR.S.h}. \qquad (8.61.10)$$

Далі сигнал проходить через вузол FB(15), який є службовим. У зв'язку з постійною роботою над удосконаленням програмного забезпечення контролера та можливою зміною призначення даного вузла, використовувати його в програмах користувача не рекомендується. За замовчуванням цей вузол заблокований (параметр 47 FB.S = 0) і не впливає на сигнал неузгодженості.

Наступним кроком сигнал неузгодженості SLAVE-регулятора потрапляє на блок ПІД-регулювання PID (16). З виходу блоку сигнал надходить на СУМАТОР (17). К|до| суматор також підходить сигнал попередження з вузла FEED FORWARD (18). Щоб у блоці MASTER-регулятора з'явився вхід попередження, параметр 39 FF.SV потрібно зробити пов'язаним.

Надалі сигнал надходить на вузол обмеження LIM (19) згідно з параметрами 36 OUT.h і 37 OUT.l. При досягненні регулюючого сигналу значень уставок 36 OUT.h або OUT 37 OUT.l вузол LIM (19) сформує дискретні сигнали dOUT.h і dOUT.l, які надходять на виходи 03 і 04 блоку PID_CAS(61).

Далі регулюючий сигнал проходить через блок установки на виході регулятора безпечного значення (вузол TRACK (19)). Якщо команда на встановлення безпечного положення відсутня, регулюючий сигнал проходить через цей блок без змін. Сигнал команди на встановлення безпечного положення заводиться на вхід прм(06), для чого параметр 06 dTRK потрібно зробити "пов'язаним".

Потім сигнал проходить через блок вибору режиму роботи регулятора MODE (РУЧНИЙ/АВТОМАТ). Вибір режиму роботи здійснюється з передньої панелі контролера або визначається в параметрі 07 nMODE. В автоматичному режимі роботи регулюючий сигнал каскадного регулятора направляється на вихід 07 OUT, а в ручному режимі - керування здійснюється з передньої панелі приладу або за інтерфейсом. Якщо керування здійснюється за інтерфейсом, значення переміщення IM записується в параметр 16 OUT.

Приклад застосування

Нагрівач печі (пальника) має надмірну потужність, і об'єкт нагріву може з одного боку перегрітися, з другого - залишитися холодним. Якщо подібний режим нагрівання неприпустимий, одноконтурного управління буде вже недостатньо. Для забезпечення рівномірного нагрівання об'єкта необхідно вимірювати температуру у двох місцях: поряд з нагрівачем та у найхолоднішому місці. У такому разі регулятор повинен містити дві ПІД-

ланки, включені послідовно. Перша ПІД-ланка (називається ведучим), на вхід якої подається значення температури в холодному місці, вироблятиме значення уставки для другої ланки (названої веденим). На вхід веденої ланки подається температура біля нагрівача (рис. 8.61.7).

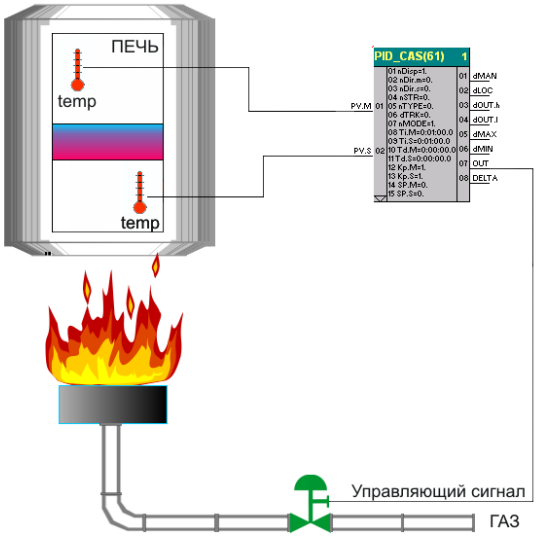


Рисунок 8.61.7 – Застосування каскадного аналогового ПІД-регулятора

На рисунку 8.61.8 зображено реалізацію прикладу на основі функціональних блоків PID(60) контролера МІК-51. FBD-файл прикладу програми доступний для завантаження з офіційного сайту підприємства МІКРОЛ (PID_Cascad_2.zip).

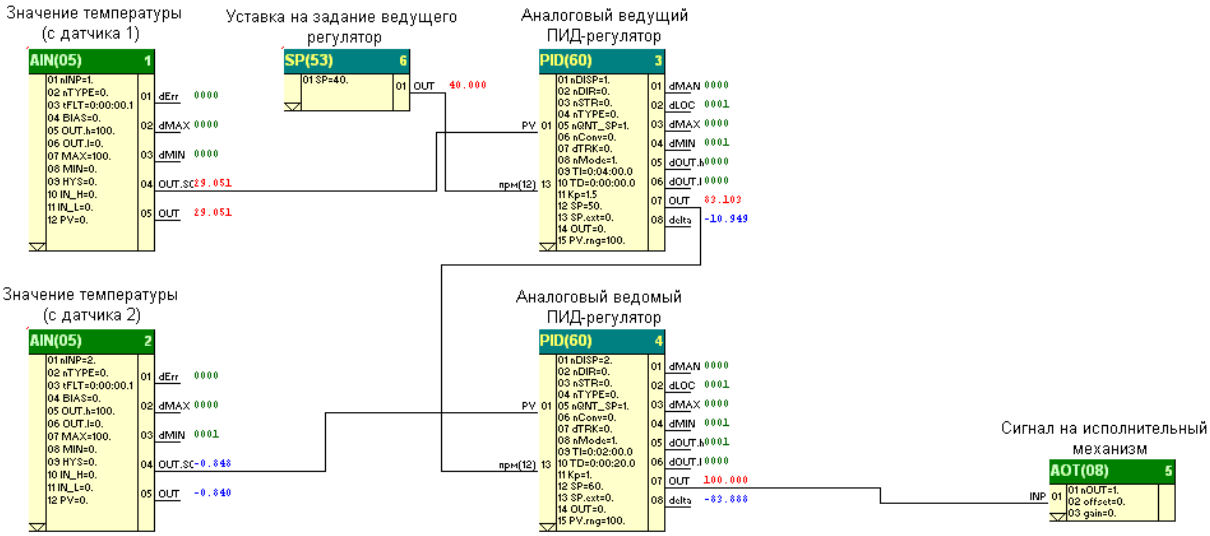


Рисунок 8.61.8 – Реалізація прикладу з використанням 2-х аналогових ПІД-регуляторів

На рисунку 8.61.9 зображено реалізацію прикладу на основі функціонального блоку PID_CAS(61) контролера МІК-51. Значення властивостей блоків цієї програми наведено на рисунках 8.61.10 – 8.61.14. FBD-файл прикладу програми доступний для завантаження з офіційного сайту підприємства МІКРОЛ (PID_Cascad_1.zip).

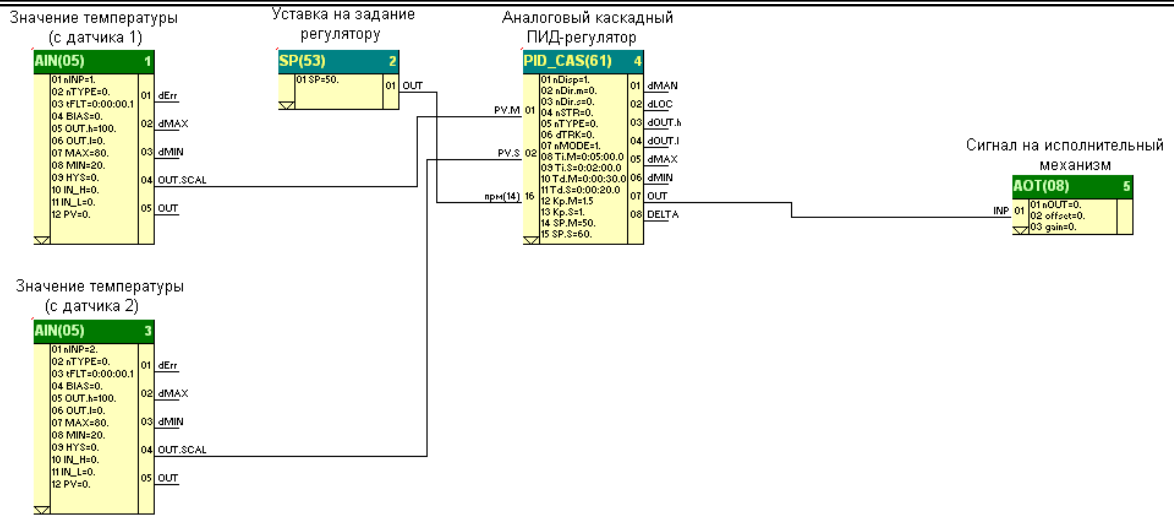
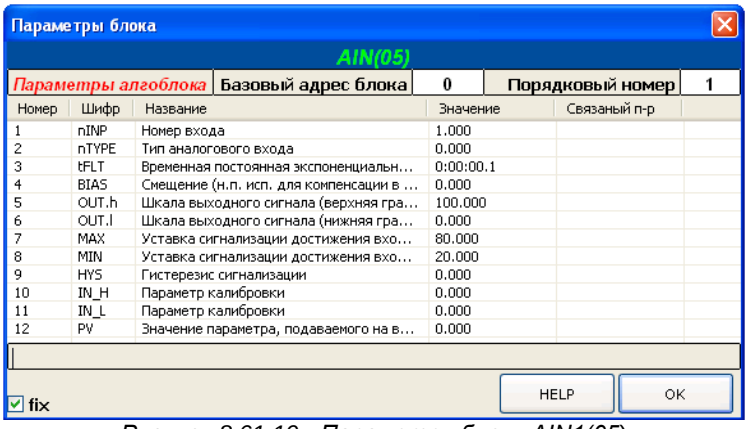


Рисунок 8.61.9 - Реалізація прикладу з використанням каскадного ПІД-регулятора



Параметры блока

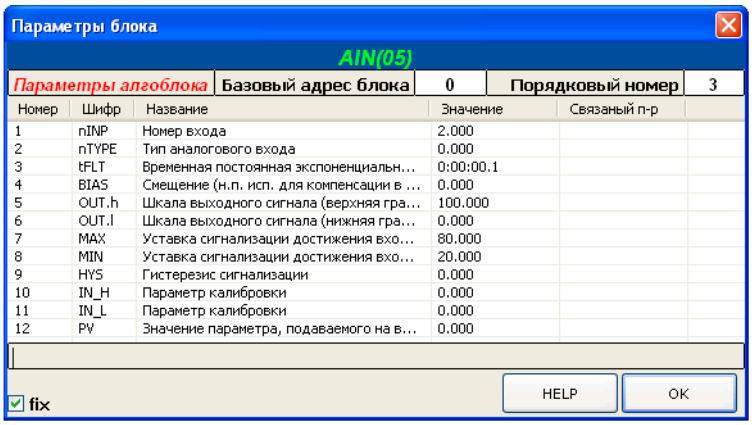
AIN(05)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	0	Порядковый номер	1

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	nINP	Номер входа	1.000	
2	nTYPE	Тип аналогового входа	0.000	
3	tFLT	Временная постоянная экспоненциальн...	0:00:00.1	
4	BIAS	Смещение (н.п. исп. для компенсации в ...	0.000	
5	OUT.h	Шкала выходного сигнала (верхняя гра...	100.000	
6	OUT.l	Шкала выходного сигнала (нижняя гра...	0.000	
7	MAX	Уставка сигнализации достижения вхо...	80.000	
8	MIN	Уставка сигнализации достижения вхо...	20.000	
9	HYS	Гистерезис сигнализации	0.000	
10	IN_H	Параметр калибровки	0.000	
11	IN_L	Параметр калибровки	0.000	
12	PV	Значение параметра, подаваемого на в...	0.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.61.10 - Параметри блоку AIN1(05)



Параметры блока

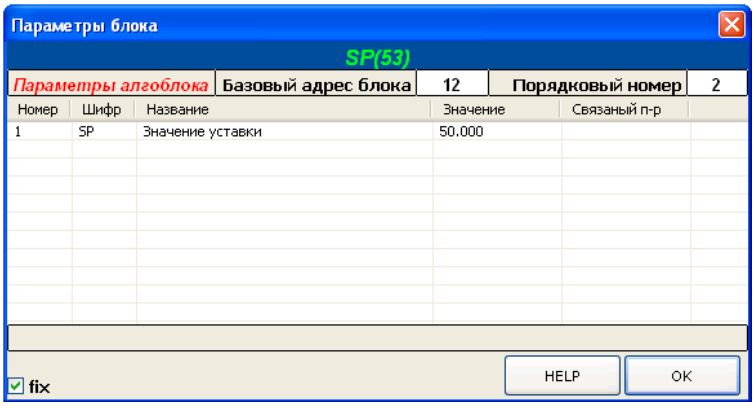
AIN(05)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	0	Порядковый номер	3

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	nINP	Номер входа	2.000	
2	nTYPE	Тип аналогового входа	0.000	
3	tFLT	Временная постоянная экспоненциальн...	0:00:00.1	
4	BIAS	Смещение (н.п. исп. для компенсации в ...	0.000	
5	OUT.h	Шкала выходного сигнала (верхняя гра...	100.000	
6	OUT.l	Шкала выходного сигнала (нижняя гра...	0.000	
7	MAX	Уставка сигнализации достижения вхо...	80.000	
8	MIN	Уставка сигнализации достижения вхо...	20.000	
9	HYS	Гистерезис сигнализации	0.000	
10	IN_H	Параметр калибровки	0.000	
11	IN_L	Параметр калибровки	0.000	
12	PV	Значение параметра, подаваемого на в...	0.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.61.11 - Параметри блоку AIN2(05)



Параметры блока

SP(53)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	12	Порядковый номер	2

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	SP	Значение уставки	50.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.61.12 – Параметри блоку SP(53)

Параметры блока

PID_CAS(61)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	0	Порядковый номер	4

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	nDisp	Номер дисплея	1.000	
2	nDir.m	Направление действия (0-обратный,1-п...	0.000	
3	nDir.s	Направление действия (0-обратный,1-п...	0.000	
4	nSTR	Структура регулятора	0.000	
5	nTYPE	Тип регулятора	0.000	
6	dTRK	Команда установки на выходе регулят...	0.000	
7	nMODE	Режим работы	1.000	
8	Ti.M	Время интегрирования MASTER	0:05:00.0	
9	Ti.S	Время интегрирования SLAVE	0:02:00.0	
10	Td.M	Время дифференцирования MASTER	0:00:30.0	
11	Td.S	Время дифференцирования SLAVE	0:00:20.0	
12	Kp.M	Коэффициент усиления MASTER	1.500	
13	Kp.S	Коэффициент усиления SLAVE	1.000	
14	SP.M	Задание MASTER	50.000	связаный п-р
15	SP.S	Задания SLAVE	60.000	
16	OUT	Выход регулятора	0.000	
17	PV.M...	Диапазон изменения регулируемого пар...	100.000	
18	SP.M.h	Ограничение задания(верхнее)MASTER	100.000	
19	SP.M.l	Ограничение задания(нижнее) MASTER	0.000	
20	SP.M...	Скорость изменения задания MASTER	70.000	
21	MAX	Уставка сигнализации MAX	100.000	
22	MIN	Уставка сигнализации MIN	0.000	
23	HYS	Гистерезис сигнализации	0.000	
24	FF.M.V	Вход блока предварения MASTER	0.000	
25	FF.M.G	Усиление канала предварения MASTER	0.000	
26	FF.M.h	Верхнее ограничение предварения MAS...	0.000	
27	FF.M.l	Нижнее ограничение предварения MAS...	0.000	
28	COR....	Вход блока коррекции MASTER	0.000	
29	COR....	Усиление канала коррекции MASTER	0.000	
30	COR....	Верхнее ограничение коррекции MASTER	0.000	
31	COR....	Нижнее ограничение коррекции MASTER	0.000	
32	FB.M	Сигнал обратной связи MASTER	0.000	
33	PV.S....	Диапазон изменения регулируемого пар...	100.000	
34	SP.S.h	Верхнее ограничение задания SLAVE	100.000	
35	SP.S.l	Нижнее ограничение задания SLAVE	0.000	
36	OUT.h	Верхнее ограничение выхода регулятора	100.000	
37	OUT.l	Нижнее ограничение выхода регулятора	0.000	
38	TRK.V	Значение безопасного положения	0.000	
39	FF.S.V	Вход блока предварения SLAVE	0.000	
40	FF.S.G	Усиление канала предварения SLAVE	0.000	
41	FF.S.h	Верхнее ограничение предварения SLAVE	0.000	
42	FF.S.l	Нижнее ограничение предварения SLAVE	0.000	
43	COR....	Вход блока коррекции SLAVE	0.000	
44	COR....	Усиление канала коррекции SLAVE	0.000	
45	COR....	Верхнее ограничение коррекции SLAVE	0.000	
46	COR.S.l	Нижнее ограничение коррекции SLAVE	0.000	
47	FB.S	Сигнал обратной связи SLAVE	0.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.61.13 – Параметри блоку PID_CAS(61)

Параметры блока

AOT(08)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	0	Порядковый номер	5

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	nOUT	Номер аналогового выхода	0.000	
2	offset	Смещение	0.000	
3	gain	Усиление	0.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.61.14 - Параметри блоку AOT(08)

8.62 PID_IMP (62) - Регулятор імпульсний

Призначення

Функціональний блок (рисунок 8.62.1) призначений для побудови контурів ПІД регулювання з використанням імпульсних виконавчих механізмів.

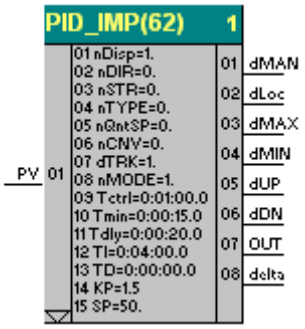


Рисунок 8.62.1 – Функціональний блок PID_IMP(62)

Функціональний блок PID_IMP(62) виконує функції настроюваного ПІД-імпульсного регулятора з додатковими можливостями, такими як:

1. Внутрішній чи зовнішній зворотний зв'язок;
2. Формування на виході регулятора безпечного впливу (відкрито/закрито) із зовнішньої команди;
3. 4 Режим роботи:

- ручний – керування з передньої панелі;
- локальний – керування ПІД-регулятором із внутрішнім завданням;
- каскадний - керування ПІД-регулятором із зовнішнім завданням або завданням від програмного задавача;
- стеження – зупинка регулятора з автоматичним стеженням за положенням виконавчого механізму лінії зворотного зв'язку;

4. Функції прегулювання керуючого впливу регулятора та корекції сигналу неузгодженості регулятора.

Параметри функціонального блоку

Входи, параметри та виходи блоку представлені в таблиці8.62.1.

Таблиця 8.62.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	INP	Речове		Вхід блоку
Параметри				
01	nDISP	0…9	1	Номер дисплея
02	nDIR	0 / 1	0	Напрямок дії регулятора (0-зворотний, 1-прямий)
03	nSTR	0 / 1	0	Структура регулятора (0-паралельний, 1-мішаний)
04	nTYPE	0 / 1	0	Тип регулятора 0 – без зворотного зв'язку, 1 – з давачом положення ІМ (індикація)
05	SP_Q	1, 2	0	Кількість завдань, що використовуються 1 – внутрішня задана точка; 2 – внутрішня/зовнішня задана точка
06	nCONV	0...5	0	y=x Y=SQRT(X) y=logX y=eX y=x2 y=1/ x
07	dTRK	0 / 1	0	Команда установки на виході регулятора безпечного значення дії (параметр 21 TRK_VAL)
08	nMODE	0, 1, 2	0	Режим роботи (0-РУ, 1-ЛУ, 2-КУ)
09	tCTRL	Час	0:01:03:0	Час механізму

Продовження таблиці 8.62.1

10	tMIN	Час	0:00:00:1	Мінімальна тривалість імпульсу
11	tDELAY	Час	0:00:00:1	Затримка між включеннями (dUP-dDN, dDN-dUP)
12	TI	Час	0:02:00:0	Час інтегрування регулятора
13	TD	Час	0:00:00:0	Час диференціювання регулятора
14	KP	Речове	1	Коефіцієнт посилення регулятора
15	SP	Речове	0	Завдання
16	SP_EXTERN	Речове	0	Зовнішнє завдання
17	Delta_OUT	-100,0 ... 100,0%	0	Переміщення виходу регулятора (-100,0...100,0) %
18	PV_RANGE	Речове	100	Діапазон вхідного сигналу
19	SP_H	Речове	100	Обмеження завдання (верхнє)
20	SP_L	Речове	0	Обмеження завдання (нижнє)
21	SP_RATE	Речове	100	Швидкість зміни завдання, тех. од. / хв.
22	POZ	Речове	0	Положення механізму 0-100%. Внутрішній інтегратор ІМ або сигнал давача положення.
23	TRK_VAL	Речове	0	Значення безпечного впливу
24	MAX	Речове	0	Уставки сигналізації відхилення регульованого параметра від заданої точки (девіаційна сигналізація)
25	MIN	Речове	0	
26	HYS	Речове	0	Гістерезис сигналізації параметра
27	FF_VAL	Речове	0	Попередження керуючого впливу регулятора
28	FF_GAIN	Речове	0	Коефіцієнт посилення попередження
29	FF_H	Речове	0	Обмеження попередження (верхнє)
30	FF_L	Речове	0	Обмеження попередження (нижнє)
31	COR_VAL	Речове	0	Вхід ланки корекції регульованого параметра регулятора
32	COR_GAIN	Речове	0	Коефіцієнт посилення сигналу корекції
33	COR_H	Речове	0	Обмеження сигналу корекції (верхнє)
34	COR_L	Речове	0	Обмеження сигналу корекції (нижнє)
35	DB	Речове	0	Мертва зона
Вихід				
01	dMAN	0 / 1		Стан регулятора (0-авт, 1-руч)
02	dLOC	0 / 1		Використовувана задана точка (0-зовніш, 1-внутр.)
03	dMAX	0 / 1		Сигналізація перевищення вхідним параметром уставки MAX
04	dMIN	0 / 1		Сигналізація перевищення вхідним параметром уставки MIN
05	dUP	0 / 1		Вихід регулювальника. Сигнал «БІЛЬШЕ»
06	dDN	0 / 1		Вихід регулювальника. Сигнал «МЕНШЕ»
07	Delta_OUT	-100.0 ... 100.0%		Переміщення виходу регулятора
08	DELTA	Речове		Узгодження

Параметр 01*nDisp* задає номер дисплея регулятора. Максимальна кількість регуляторів, що використовуються в програмі контролера (ПІД - аналогових, ПІД - імпульсних, ПІД - каскадних а також дельта-регуляторів) - 9. Кожен регулятор повинен мати свій унікальний номер, за яким буде проводитися ідентифікація регуляторів на передній панелі контролера (дисплей №) .

Параметр 02 nDIR визначає напрямок дії регулятора. При зворотній дії регулятора (02 nDIR = 0) неузгодженість розраховується за формулою $E = -(PV - SP)$. Вихід регулятора збільшуватиметься (включення дискретного виходу БІЛЬШЕ), якщо регульований параметр буде меншим за завдання, і навпаки, зменшуватиметься (включення дискретного виходу МЕНШЕ), якщо регульований параметр буде більшим за завдання (8.62.1):

$$02\text{nDIR} = 0: \quad \begin{array}{l} PV < SP \Rightarrow OUT \uparrow (\text{дискрвых."Б"}) \\ PV > SP \Rightarrow OUT \downarrow (\text{дискрвых."М"}) \end{array}. \qquad (8.62.1)$$

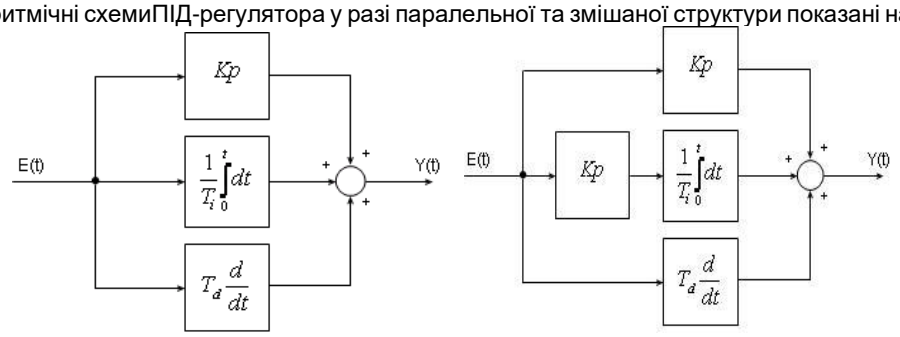
При прямій дії регулятора (*02nDIR = 1*), неузгодженість розраховується за формулою $E = PV - SP$. Вихід регулятора збільшуватиметься (включення дискретного виходу БІЛЬШЕ), якщо регульований параметр буде більшим за завдання, і навпаки, зменшуватиметься (включення дискретного виходу МЕНШЕ), якщо регульований параметр буде меншим за завдання (8.62.2):

$$02\text{nDIR} = 1: \quad \begin{array}{l} PV > SP \Rightarrow OUT \uparrow (\text{дискрвых."Б"}) \\ PV < SP \Rightarrow OUT \downarrow (\text{дискрвых."М"}) \end{array} \qquad (8.62.2)$$

Параметр 03 nSTR визначає структуру регулятора:

1. 03 nSTR = 0 – паралельна;
2. 03 nSTR = 1 – змішана.

Алгоритмічні схемиПІД-регулятора у разі паралельної та змішаної структури показані на рисунку 8.62.2.



а) б)

а – паралельна структура ПІД-регулятора; б – змішана структура ПІД-регулятора.
Рисунок 8.62.2 – Структури ПІД-регулятора

Згідно з малюнком 8.62.2, для паралельної структури регулятора передатна функція має вигляд:

$$Y(t) = K_p \cdot E(t) + \frac{1}{T_i}\int_0^t E(t)dt + T_d \frac{dE(t)}{dt}, \qquad (8.62.3)$$

для змішаної структури регулятора передатна функція має вигляд:

$$Y(t) = K_p \cdot E(t) + \frac{Kp}{T_i}\int_0^t E(t)dt + T_d \frac{dE(t)}{dt}, \qquad (8.62.4)$$

де: K_p - Коефіцієнт пропорційності регулятора (параметр 14 KP);

T_i – час інтегрування регулятора (параметр 12 TI);

T_d – час диференціювання регулятора (параметр 13 TD).

Сумарно: при використанні змішаної структури регулятора порівняно з паралельною вплив інтегральної складової Ti збільшується в Кр раз.

Формули (8.62.3) та (8.62.4) відповідають передатним функціям аналогових ПІД-регуляторів. У регуляторах контролера МІК-51 використовуються наближені формули розрахунку передавальних функцій у зв'язку з тим, що МІК-51 є цифровим пристроєм. Відповідно, розрахунок інтегральної та диференціальної складових виконується числовими методами (з високою точністю) з поправкою на дискретизацію у часі значення неузгодженості. Таким чином, передатна функція ПІД-регулятора для паралельної структури має вигляд (8.62.5):

$$Y_i = K_p \cdot E_i + \frac{1}{T_i}\sum_{i=0}^{n} E_i \cdot \Delta t + Td\frac{\Delta E_i}{\Delta t}, \qquad (8.62.5)$$

для змішаної структури регулятора передатна функція має вигляд (8.62.6):

$$Y_i = K_p \cdot E_i + \frac{K_p}{T_i}\sum_{i=0}^{n} E_i \cdot \Delta t + Td\frac{\Delta E_i}{\Delta t}, \qquad (8.62.6)$$

де: K_p - Коефіцієнт пропорційності регулятора (параметр 14 KP);

T_i – час інтегрування регулятора (параметр 12 TI);

T_d – час диференціювання регулятора (параметр 13 TD).

E_i - Різниця між завданням регулятора і поточним значенням Ti контрольованої величини;

ΔE_i - Різниця між двома сусідніми значеннями E_i і E_{i-1};

Δt - час між двома сусідніми вимірами T_i і T_{i-1};

$\sum_{i=0}^{n} E_i$ -Накопичена інтегральна сума неузгодженостей.

Параметр 04 nTYPE відповідає за тип імпульсного ПІД-регулятора.

04 nTYPE= 0 – використовується імпульсний ПІД-регулятор без зворотного зв'язку за положенням виконавчого механізму (ІМ). Положення ІМ розраховується програмно.

04 nTYPE= 1 – використовується імпульсний ПІД-регулятор разом із давачом положення виконавчого механізму.

Параметр 05 nQntSP відповідає за кількість завдань, що використовуються:

1 – внутрішня задана точка;
2 – внутрішня/зовнішня задана точка.

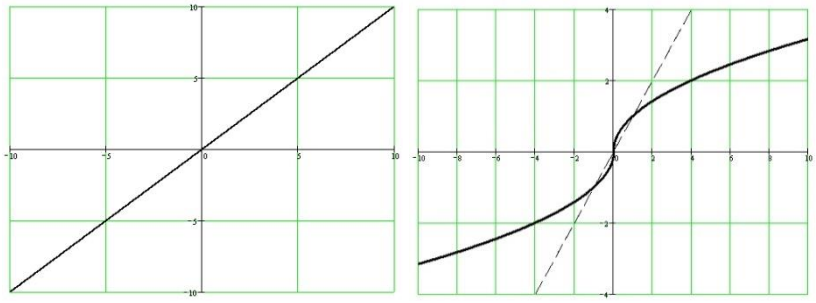
При виборі 05 nQntSP = 1, контролер працюватиме лише у двох режимах: ручний режим – керування виходом вручну з передньої панелі контролера клавішами “більше”-“менше” або з верхнього рівня (ПК) та локальний режим – керування ПІД-регулятором з внутрішнім завданням.

При 05 nQntSP = 2 регулятор може працювати ще третьому режимі – КАСКАДНОМУ.

Параметром 06 nCNV вибирається один із шести типів математичного перетворення:

1. $E_{вых} = E$; (Значення 06 nCNV = 0)
2. $E_{вых} = \sqrt{|E|}$; (Значення 06 nCNV = 1)
3. $E_{вых} = \log E$; (Значення 06 nCNV = 2)
4. $E_{вых} = e^{E}$; (Значення 06 nCNV = 3)
5. $E_{вых} = E^{2}$; (Значення 06 nCNV = 4)
6. $E_{вых} = \frac{1}{E}$. (Значення 06 nCNV = 5)

При виборі параметра 06 nCNV = 0 ($E_{вых} = E$) сигнал неузгодженості проходить через цей блок без зміни (рисунок 8.62.3). Якщо вибрано параметр 06 nCNV = 1, то на виході блоку отримаємо сигнал на рисунку 8.62.4. У цьому випадку, при малому неузгодженні, вихідний сигнал неузгодженості буде більшим, ніж вхідний. Таким чином, регулятор швидше реагуватиме при малих значеннях неузгодженості. Але при великих значеннях неузгодженості вихідний сигнал неузгодженості буде значно менше вхідного, тому регулятор буде повільніше реагувати, ніж при лінійному перетворенні. Зворотний закон буде для 06 nCNV = 4. При малому неузгодженні вихідний сигнал блоку «тип перетворення» буде меншим від вхідного сигналу, тому регулятор повільніше регулюватиме. Якщо значення неузгодженості буде більшим, наприклад, на 1% від діапазону вимірювання,



$E_{вых} = E$ ——— $E_{вых} = \sqrt{|E|}$, - - - - - - $E_{вых} = E$

(показано для порівняння з функцією $E_{вых} = \sqrt{|E|}$)

Рисунок 8.62.3 – Графік обробки сигналу неузгодженості

Параметр 07 dTRK відповідає за встановлення на виході регулятора безпечної дії. У разі можливих аварійних або позаштатних ситуацій команда 07 dTRK = 1 дозволяє перевести регулятор у режим НАСТУПНОГО керування (СУ). При цьому на виході регулятора встановлюється задане в параметрі 23 TRK_V безпечне положення або відстежується значення цього параметра, якщо він запрограмований як «пов'язаний» (див. опис на Програмний пакет редактор FBD-програм АЛЬФА).

Параметр 08 nMODE відповідає за керування режимами роботи регулятора з передньої панелі або по мережі:

1. 08 nMODE = 0 – РУЧНИЙ режим;
2. *08 nMODE = 1*– АВТОМАТИЧНИЙ режим (ЛОКАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ – ЛУ);
3. *08 nMODE = 2*– АВТОМАТИЧНИЙ режим (КАСКАДНЕ керування – КУ).

Після програмування контролер перебуває у тому режимі, що вказано у параметрі 08*nMODE*. Перемикання між режимами роботи описано в розділі 6.2.3 посібника ПРМК.421457.005 РЕ1. Також режими роботи можна перемикати зовнішніми сигналами, зробивши параметр 08 nMODE «пов'язаним». Тоді на вхід прм(08) подається сигнал із зовнішніх дискретних входів (DIN(06)) або інший сигнал, який використовується у програмі користувача.

Параметр 09 Tctrl відповідає за час механізму, тобто час, за який імпульсний виконавчий механізм зі стану «повністю ЗАКРИТИЙ» переходить у стан «повністю ВІДКРИТИЙ» при подачі на нього сигналу «БІЛЬШЕ», і навпаки, зі стану «повністю ВІДКРИТИЙ» у стан «повністю ЗАКРИТИЙ» » при подачі на нього сигналу «МЕНШЕ».

Значення часу механізму вказується у паспорті на імпульсний виконавчий механізм. Параметр "час механізму" використовується для масштабування виходу ПІД-імпульсного регулятора. Наприклад, якщо час механізму 63 с, і він знаходиться в положенні 40% відкрито, то щоб закрити його на 10%, потрібно щоб дискретний вихід «МЕНШЕ» включився (8.62.7):

$$M = \frac{T_M}{100\% / \Delta_{\%}} = \frac{63c}{100\% / 10\%} = 6{,}3c \cdot \qquad (8.62.7)$$

Щоб відкрити на 25%, потрібно дискретний вихід «БІЛЬШЕ» включити на (8.62.8):

$$M = \frac{T_M}{100\% / \Delta_{\%}} = \frac{63c}{100\% / 25\%} = 15{,}75c \cdot \qquad (8.62.8)$$

Діаграма позиціонування показано рисунку 8.62.5.

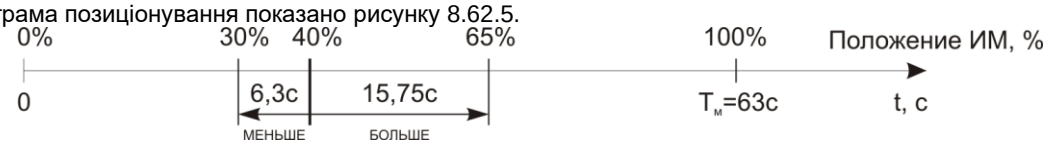


Рисунок 8.62.4 – Діаграма позиціонування виконавчого механізму при керуванні імпульсним ПІД-регулятором

Параметр 10 Tmin відповідає за мінімальну тривалість спрацьовування імпульсу. Спрацьовування та відключення дискретного виходу здійснюється згідно з діаграмою, показаною на рисунку 8.62.5.

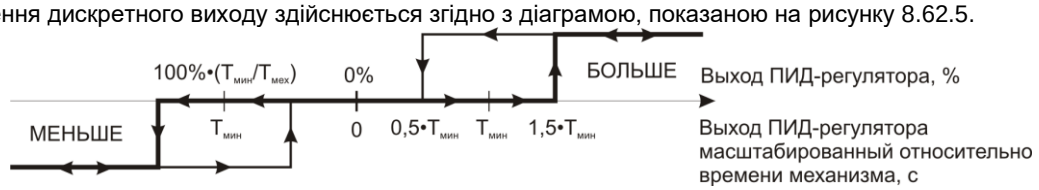


Рисунок 8.62.5 – Діаграма спрацьовування та відключення дискретних виходів при заданій мінімальній тривалості імпульсу

Значення мінімальної тривалості імпульсу вибирається, виходячи з точності регулювання, яку необхідно забезпечити. Чим менша мінімальна тривалість імпульсу, тим точніше буде регулювання. З іншого боку, при цьому збільшується кількість спрацьовуваньдискретних виходів, що у свою чергу призводить до прискореного зносу пускового пристрою та виконавчого механізму.

Формула, за якою можна обчислити мінімальну тривалість імпульсу в залежності від мінімально допустимого значення зміни параметра, має такий вигляд (8.62.9):

$$T_{мин} = \frac{\Delta PV_{мин} \cdot T_{мех}}{K \cdot PV_{RANGE}} = T_{мех} \cdot \frac{\Delta PV_{мин}}{\Delta PV} \cdot \frac{\Delta_{вых}}{100\%}, \qquad (8.62.9)$$

де: $T_{мин}$ -мінімальна тривалість імпульсу;

$\Delta PV_{мин}$ - мінімальна зміна параметра, яка допустима за якістю регулювання;

$T_{мех}$ - Час механізму;

К - передавальний коефіцієнт об'єкта регулювання;

PV_{RANGE} - Діапазон вхідного сигналу;

ΔPV - Зміна параметра при зміні виходу на $\Delta_{вых}$ %.

Наприклад, для діапазону вимірювання температури -50…200 ºС, при допустимому відхиленні від завдання ±4 ºС мінімальне значення зміни параметра $\Delta PV_{мин}$ можна вибрати рівним 2ºС. Час механізму складає 63 с. Якщо закриття/відкриття клапана на $\Delta_{вых} = 10\%$ параметр змінюється на $\Delta PV = 30\,°C$, то значення мінімальної тривалості імпульсу дорівнюватиме:

$$T_{мин} = 63 \cdot \frac{2}{30} \cdot \frac{10}{100\%} = 0.42c\,.$$

Примітка. При використанні зворотного зв'язку (04 nTYPE = 1) потрібно ретельніше вибирати параметр 10 tMIN, враховуючи, що він повинен бути більшим, ніж при використанні внутрішнього зворотного зв'язку (04 nTYPE = 0).

Параметр 11 Tdly відповідає за час затримки між включеннями виходу «БІЛЬШЕ» та виходу «МЕНШЕ». Цей параметр використовується для унеможливлення одночасної подачі сигналів «БІЛЬШЕ» - «МЕНШЕ», що могло б призвести до короткого замикання. Значення цього параметра вибирається в залежності від потужності пускового пристрою виконавчого механізму і становить від 0,1 до 4 с.

Параметр 12 TI відповідає за час інтегрування регулятора.

Параметр 13 TD відповідає за час диференціювання регулятора.

Параметр 14 KP відповідає за коефіцієнт посилення регулятора.

Параметр 15 SP відповідає за завдання регулятора.

Параметр 16 SP_EXT відповідає за використання зовнішнього завдання регулятора. У разі використання зовнішнього завдання параметр 16 SP_EXT потрібно зробити «пов'язаним». При цьому в блоці з'явиться вхід під назвою прм(16), на який подається сигнал зовнішнього завдання. Зовнішнім завданням може бути сигнал аналогового входу контролера (блоку AIN(05)), програмного задавача (TM_PRG(57)) або будь-який інший аналоговий сигнал, що використовується в програмі користувача.

Параметр 17 OUT використовується для керування дискретними виходами імпульсного регулятора з верхнього рівня (наприклад, SCADA-системи). У ручному режимі роботи регулятора, запис у цей параметр за інтерфейсом числа у відсотковій шкалі (0…100%) в залежності від знака числа призведе до переміщення виконавчого механізму на відкриття або закриті регулюючого органу на задане значення у відсотках. Після зупинки виконавчого механізму значення параметра 17 OUT автоматично обнулиться.

Параметр 18 PV_r- Діапазон зміни регульованого параметра. Параметр відповідає за масштабування сигналу за шкалою 0-100% щодо діапазону вхідного сигналу.

У більшості випадків параметр 18 PV_r задається рівним діапазону вимірювання давача. Наприклад, для вимірювання температури термометром опору ТСМ 50М з граничними межами вимірювання -50,0 ºС... +200,0 ºС, діапазон вимірювання дорівнюватиме 250 ºС, тобто 18 PV_r = 250. Для такого діапазону вхідного параметра при завданні SP = 50 ºС та параметр PV = 60 ºС неузгодженість становитиме E = 10 ºС, що відповідає 4% від діапазону вимірювання. У деяких випадках, коли діапазон вимірювання давача більший, а діапазон регулювання значно менше, діапазон вхідного сигналу можна задавати менше діапазону вимірювання давача. Для наведеного вище прикладу, якщо діапазон регулювання температури становить 20...120 ºС, то діапазон вимірювання дорівнюватиме 100 ºС, (18 PV_r = 100). При такому діапазоні вхідного параметра при завданні SP = 50 ºС і параметрі PV = 60 ºС, неузгодженість становитиме ті ж E = 10 ºС, але у відсотковому відношенні це дорівнює 10%. Таким чином, зменшивши діапазон вхідного сигналу, можна досягти кращої чутливості регулятора.

При зменшенні параметра 18 PV_r слід врахувати, що при цьому збільшується чутливість до коливань вхідного сигналу, яка може виникати від зовнішніх впливів і негативно відбиватися як регулювання, особливо при використанні диференціальної складової або великого коефіцієнта посилення.

Параметр 19 SP_h відповідає за верхнє обмеження завдання регулятора.

Параметр 20 SP_l відповідає за нижнє обмеження завдання регулятора.

При введенні внутрішнього завдання з передньої панелі зміна нижче параметрів 19 SP_h і 20 SP_l заблоковано. Якщо при зміні зовнішнього завдання параметр, значення якого надходить на вхід прм(16), більше (менше) від значення заданого в параметрі 19 SP_h (20 SP_l), то на суматор надходить значення, що дорівнює значенню 19 SP_h (20 SP_l). Діаграма обмеження завдання представлена на рисунку 8.62.7.

Якщо параметр*19SP_h* дорівнює параметру 20 SP_l, то завдання буде постійним і рівним SP = 19 SP_h = 20 SP_l.

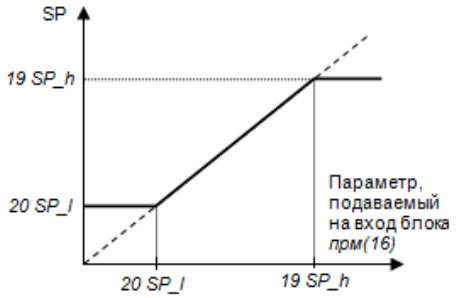


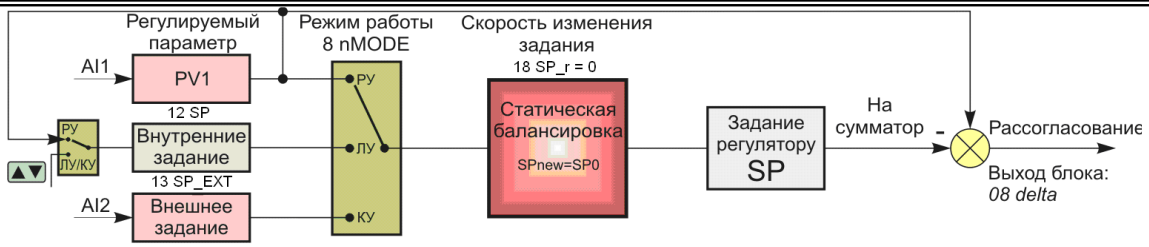
Рисунок 8.62.6 – Діаграма обмеження зовнішнього завдання

Параметр 21 SP_r відповідає за швидкість зміни завдання (тех. одиниць на хвилину). Залежно від значення параметра 21 SP_r, є два режими балансування:

1.*21SP_r*= 0 – статичне балансування,

2. 21 SP_r≠0 – динамічне балансування.

Функціональна схема роботи балансувань показана на рисунку 8.62.7.



а) статичне балансування

б) динамічне балансування

Рисунок 8.62.7 – Функціональна схема балансувань ПІД-регулятора блоку PID_IMP(62)

Примітка. На схемі умовно показано положення перемикачів для ручного режиму регулятора.

При використанні динамічного балансування в каскадному режимі керування (із зовнішнім завданням) слід враховувати, що зміна зовнішнього завдання буде обмежена параметрами 19 SP_h та 20 SP_l, а швидкість зміни - параметром 21 SP_r. На рисунку 8.62.9 штриховий лінією показано зміна зовнішнього завдання, поданого на вхід прм(16), а суцільний лінією – реальна зміна впливу регулятора, що задає. На відрізку АБ швидкість зміни зовнішнього задає впливу менше швидкості зміни завдання, зазначеної в параметрі 21 SP_r, тому завдання дорівнює зовнішньому впливу, що задає. На відрізку БВ зовнішнє вплив, що задає, змінюється з більшою швидкістю, ніж швидкість зміни завдання. На даному графіку швидкість зміни впливу, що задає, представлена кутом нахилу відрізка $tg(\beta) = \frac{\Delta прм(16)}{\Delta t}$, а швидкість зміни завдання $tg(\alpha) = \frac{\Delta SP}{\Delta t} = 21\,SP_r$. Отже, при $tg(\beta) > tg(\alpha)$ Завдання регулятору буде обмежуватися швидкістю зміни завдання, і зміняться - по відрізку БГ, а не БВ-ВГ. Аналогічним буде обмеження швидкості при зменшенні зовнішнього завдання.

Рисунок 8.62.8 – Діаграма обмеження швидкості зовнішнього завдання

Таблиця 8.62.2 - Функції режимів балансування ПІД-імпульсного регулятора блоку PID_IMP(62)

	Статичне балансування	Динамічна балансування
Зміна внутрішньої заданої точки (з передньої панелі або за інтерфейсом)	Внутрішнє завдання стрибкоподібно набуває значення нового завдання **SPOLD → SPNEW**	Внутрішнє завдання починає змінюватися від значення старого завдання до значення введеного нового завдання зі швидкістю зміни завдання*21 SP_r* **SPOLD → SPNEW**
Перемикання режиму роботи **РУ**→ ЛУ	При перемиканні завдання приймає значення параметра, що вимірюється **SP = PV**	Завдання починає змінюватися від значення параметра до значення внутрішнього завдання зі швидкістю зміни завдання*21 SP_r* **PV → SP**

Продовження таблиці 8.62.2

Перемикання режиму роботи **ЛУ**→ РУ	Завдання стрибкоподібно набуває значення вимірюваного параметра **SP PV**	Завдання не змінюється **SP**
Перемикання режиму роботи **ЛУ**→ КУ	Значення завдання стрибкоподібно змінюється з внутрішнього на зовнішнє **SPВНУТР SPЗОВНІШ**	Завдання починає змінюватися від значення внутрішнього значення до зовнішнього зі швидкістю зміни завдання*21 SP_r* **SPВНУТР→SPЗОВНІШ**
Перемикання режиму роботи **КУ**→ ЛУ	Внутрішнє завдання набуває значення зовнішнього задавача **SPВНУТР = SPЗОВНІШ**	Внутрішнє завдання набуває значення зовнішнього задавача **SPВНУТР = SPЗОВНІШ**
Перемикання режиму роботи **КУ**→ РУ	Внутрішнє завдання набуває значення зовнішнього задавача **SPВНУТР = SPЗОВНІШ**	Внутрішнє завдання набуває значення зовнішнього задавача **SPВНУТР = SPЗОВНІШ**

Параметр 22 POZ -стан виконавчого механізму. Якщо використовується зовнішній зворотний зв'язок, параметр 22 POZ потрібно зробити «пов'язаним» і на вхід прм(22) подати сигнал від давача положення виконавчого механізму. При цьому на дисплеї ВІХІД індикуватиметься реальне значення положення виконавчого механізму.

Параметр 23 TRK_V відповідає за значення безпечного впливу (працює лише разом із параметром 07 dTRK). Цей параметр можна зробити «пов'язаним», використовуючи для різних ситуацій різне значення безпечного впливу.

Якщо регулятор переведений в режим СУ (параметр 07 dTRK = 1), то блок установки безпечного значення керуючого впливу відключить регулюючий сигнал ПІД-регулятора, а на виході встановлює вплив, заданий користувачем параметрі 23 TRK_V, причому можливі три варіанти:

1. *23 TRK_V = 0* -дискретний вихід регулятора «МЕНШЕ» буде постійно увімкнено, закриваючи виконавчий механізм.
2. *0 < 23 TRK_V < 100* –стан дискретних виходів визначено.У зв'язку з постійною роботою над удосконаленням програмного забезпечення контролера використовувати таке значення безпечного впливу в програмах користувача не рекомендується.
3. *23 TRK_V = 100* -дискретний вихід регулятора «БІЛЬШЕ» буде постійно увімкнено, відкриваючи виконавчий механізм.

Параметр 24 MAX відповідає за верхнє значення сигналізації відхилення регульованого параметра від заданої точки. Якщо параметр дорівнює уставці MAX або перевищує її (PV≥SP+MAX), спрацьовує сигналізація MAX. Відповідно, на передній панелі почне світитися світлодіод▲а на виході 03 dMAX блоку PID_IMP(62) встановиться логічна одиниця.

Параметр 25 MIN відповідає за нижнє значення уставки сигналізації відхилення регульованого параметра заданої точки. Якщо параметр дорівнює або менше уставки MIN (PV≤SP-MIN), то спрацює сигналізація MIN. На передній панелі світитиметься світлодіод▼а на виході 04 dMIN блоку PID_IMP(62) встановиться логічна одиниця.

Параметр 26 HYS відповідає за гістерезис сигналізації параметра.

Параметр 27 FF_V відповідає за попередження керуючого впливу регулятора. Щоб у блоці ПІД-регулятора з'явився вхід попередження, параметр 27 FF_V потрібно зробити зв'язаним.

Параметр 28 FF_G відповідає за коефіцієнт посилення значення попередження регулятора. Сигнал із входу параметра 27 FF_V посилюється (послаблюється) цим коефіцієнтом.

Параметр 29 FF_h відповідає за верхнє обмеження попередження регулятора.

Параметр 30FF_l відповідає нижнє обмеження попередження регулятора.

Верхнє та нижнє промежування попередження виставляються з міркувань безпеки. Спочатку коефіцієнт посилення попередження K_{FF} встановлюється рівний нулю. Тоді налаштовується ПІД-регулятор без попередження. Коли підібрані коефіцієнти K_p, $T_и$ і $T_д$ необхідно почати збільшувати коефіцієнт K_{FF} до тих пір, струму в системі не виникнуть загасаючі коливання при $K_{FFкр}$. Коефіцієнт посилення сигналу попередження обчислюється так (8.62.10):

$$K_{FF} = 0{,}7 \cdot K_{FFкр}, \qquad (8.62.10)$$

де: K_{FF} - Коефіцієнт посилення попередження;

$K_{FFкр}$ - Критичний коефіцієнт посилення попередження, при якому в системі виникають затухаючі коливання.

Параметр 31 COR_V відповідає за корекцію сигналу неузгодженості регулятора. Параметр робиться "пов'язаним" і, відповідно, у блоці з'явиться вхід прм(31). На цей вхід подається сигнал корекції з блоку COR_ST(93) або COR_D(94), який є функцією неузгодженості між параметром корекції і точкою корекції (8.62.11):

$$VAL_{COR} = F(PV2_{COR} - SP_{COR}), \qquad (8.62.11)$$

де, VAL_{COR} - значення сигналу корекції (%), що подається на вхід прм(31) блоку PID_IMP(62);

$PV2_{COR}$ - Значення параметра корекції;

SP_{COR} - Значення точки корекції. Для блоку COR_ST(93) це значення постійне і визначається користувачем, а для блоку COR_D(94) – динамічне, змінюється при кожному перемиканні з режиму РУ в режим ЛУ, і приймає значення параметра корекції в момент перемикання $SP_{COR} = PV2_{COR}$;

$F(PV2_{COR} - SP_{COR})$- функція перетворення неузгодженості $PV2_{COR} - SP_{COR}$ яка задається в блоках COR_ST(93) і COR_D(94).

Параметр 32 COR_G відповідає за коефіцієнт посилення сигналу корекції. Чим більший коефіцієнт посилення, тим більший вплив сигналу корекції на сигнал неузгодженості, і навпаки.

Параметр 33 COR_h відповідає за верхнє обмеження сигналу корекції.

Параметр 34 COR_l відповідає за нижнє обмеження сигналу корекції.

Параметр 35 FB відповідає за величину мертвої зони (у технічних одиницях) імпульсного ПІД-регулятора.

З точки зору покращення якості регулювання, бажано вибрати мінімальну зону нечутливості, але при цьому збільшиться частота спрацьовування ключів «БІЛЬШЕ» - «МЕНШЕ», що у свою чергу призводить до прискореного зносу пускового пристрою та виконавчого механізму. Крім того, при малій зоні нечутливості та великих значеннях мінімальної тривалості імпульсу можуть мати місце автоколивання, що також неприпустимо. Автоколивання будуть відсутніми або мінімальними, якщо величина зони нечутливості буде (8.62.12):

$$\Delta[\text{тех.ед.}] > \frac{PV_{RANGE}}{K_п} \cdot \frac{T_{имп}}{T_{мех}}, \qquad (8.62.12)$$

де: Δ - Зона нечутливості;

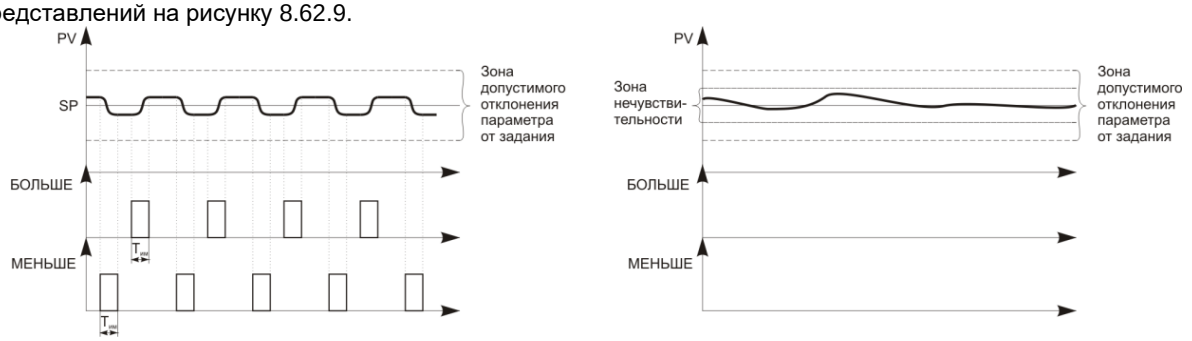
PV_{RANGE} - Діапазон вхідного сигналу;

$K_п$ - коефіцієнт посилення;

$T_{имп}$ - Мінімальна тривалість імпульсу;

$T_{мех}$ - Час механізму.

Приклад графіка регулювання параметра без зони нечутливості (а) та з зоною нечутливості (б) представлений на рисунку 8.62.9.



а) регулювання без зони нечутливості б) регулювання із зоною нечутливості

Рисунок 8.62.9 – Регулювання параметра у зоні допустимого відхилення параметра від завдання

При регулюванні параметра без зони нечутливості, коли є невелика неузгодженість, інтегральна складова регулятора починає відпрацьовувати її. Коли сформоване значення вихідного імпульсу досягає значення мінімальної тривалості імпульсу, заданого користувачем параметрі 10 Tmin, спрацьовує відповідний дискретний вихід. Оскільки значення мінімальної тривалості імпульсу ставлять порівняно більшим (для зменшення кількості спрацьовувань виконавчого механізму), то для регулятора з інтегральною складовою без мертвої зони це може призвести до процесу утворення автоколивань (рисунок 8.62.9,а).

Для регулятора із зоною нечутливості, коли значення параметра потрапляє до цієї зони, процес регулювання відключається, і відповідно дискретні виходи також знаходяться у вимкненому стані (рис. 8.62.9,б). У такому разі процес регулювання буде здійснюватися з невеликою статичною помилкою, але зменшується знос виконавчого механізму.

Насправді значення зони нечутливості вибирають рівним половині відхилення регулятора, що вважатимуться припустимим за умовами експлуатації. Тобто якщо при регулюванні температури із завданням 250 ºС нормальним вважається відхилення параметра від завдання на ±6 ºС, то значення зони нечутливості вибирають рівним 3 ºС.

Принцип роботи функціонального блоку

Функціональна схема імпульсного ПІД-регулятора представлена на рисунку 8.62.10.

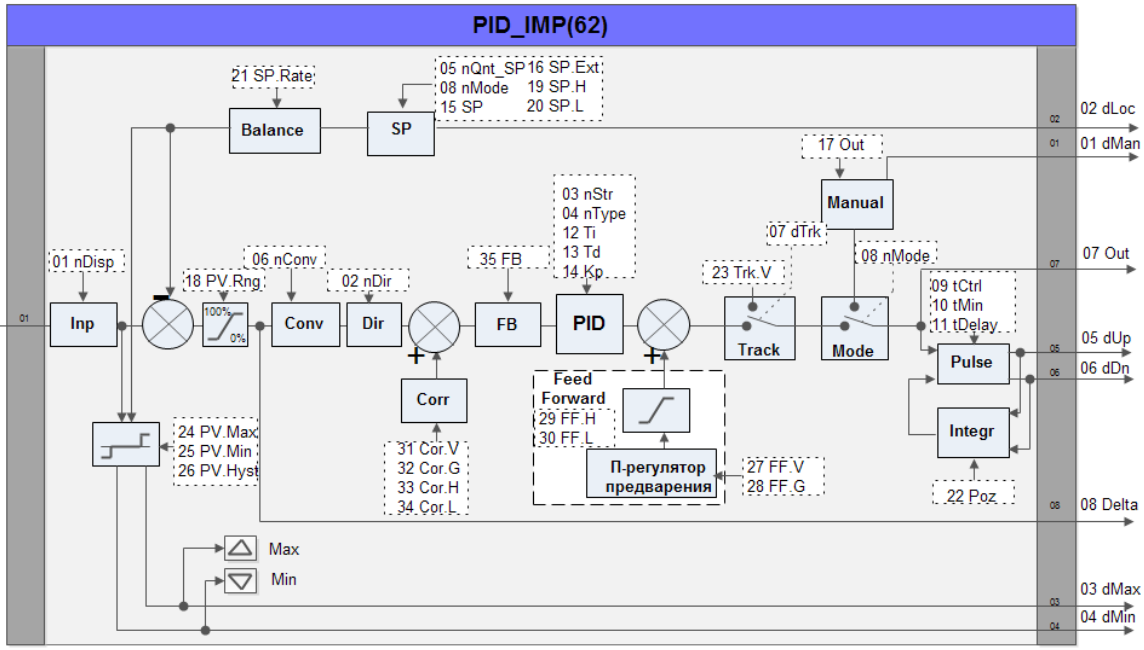


Рисунок 8.62.10 – Функціональна схема блоку імпульсного ПІД-регулятора PID_IMP(62)

Значення регульованого параметра надходить на вхід 01 PV блоку та відображається на дисплеї ПАРАМЕТР. У параметрі 01*nDISP* задається номер дисплея регулятора. Значення 01 nDISP = 0 робить регулятор невидимим із передньої панелі.

Регульований параметр надходить на вузол Сигналізація (5), де визначається відхилення регульованого параметра від заданої точки (девіаційна сигналізація). Даний вузол формує дискретні сигнали dMIN та dMAX, які надходять на виходи 04 та 03 блоку PID_IMP(62). Крім того, ці сигнали безпосередньо «прив'язані» до відповідних сигнальних світлодіодів на передній панелі контролера біля індикатора ПАРАМЕТР.

Наступним вузлом ланцюга обробки регульованого параметра є СУМАТОР (4), причому, значення регульованого параметра надходить на нього зі знаком “+”.

Вузол формування завдання складається з кількох блоків. Задане значення регульованого параметра (вузол***SP (2)***) обмежено по максимуму та мінімуму параметрами 19 SP_h та 20 SP_l. Значення заданої точки регулятора знаходиться у параметрі 15 SP, який, за потреби, можна зробити зв'язаним. При використанні зовнішньої заданої точки (параметр 05 nQntSP = 2) її значення необхідно записувати в параметр 16 SP_EXT (також зробивши його «пов'язаним»). Параметр 21 SP_r визначає швидкість зміни завдання (технічні одиниці за хвилину).

Вузол BALANCE (3) відповідає заненаголошене (плавне) перемикання або зміна заданої точки. Сигнал із вузла BALANCE (3) надходить на СУМАТОР (4) зі знаком “-”.

На виході суматора формується сигнал неузгодженості між регульованим параметром та завданням у технологічних одиницях: Етех.од. = PV-SP. Цей сигнал масштабується за шкалою 0 – 100% (вузол МАСШТАБУВАННЯ (6)) щодо діапазону зміни PV, що задається у параметрі 18 PV_r. Нормований сигнал неузгодженості можна використовувати у програмі користувача – він подається на вихід 08 delta блоку PID_IMP(62).

Нормований сигнал неузгодженості після вузла МАСШТАБУВАННЯ (6) надходить на вузол CONV (7) математичного перетворення.

Наступний вузол - DIR (8) - визначає напрямок дії регулятора (вибирається параметром 02 nDIR). При зворотній дії регулятора (02 nDIR = 0), неузгодженість розраховується за формулою $E = -(PV - SP)$.

При прямій дії регулятора (02 nDIR = 1), неузгодженість розраховується за формулою $E = PV - SP$.

Також є можливість використання корекції (вузол CORR (9)) керованого сигналу додаткового параметра. Сигнал неузгодженості E_{PV} після блоку DIR (8) підсумовується значення корекції (8.62.13):

$$E = E_{PV} + \left(COR_G \cdot VAL_{COR}\right)_{COR_l}^{COR_h} \qquad (8.62.13)$$

З формули видно, що вплив на неузгодженість, а відповідно і на регулювання залежить від коефіцієнта посилення 32 COR_G. Чим більший коефіцієнт посилення, тим більший вплив сигналу корекції на сигнал неузгодженості, і навпаки.

Далі сигнал проходить через вузол DB (11) "Зона нечутливості". Налаштування цього блоку виконуються параметром 35 FB.

Наступним кроком сигнал неузгодженості потрапляє на блок ПІД-регулювання ***PID (12)***. ПІД-регулятор побудований таким чином, що в процесі роботи в кожен момент часу t на виході регулятора формуватиметься вплив Y(t) залежно від вхідного сигналу регулятора E(t) (узгодження між вхідним параметром PV та завданням регулятора SP).

Залежність між вхідним сигналом регулятора E(t) та вихідним Y(t) визначає передатна функція регулятора. Алгоритм перетворення містить три складові регулятора: пропорційна (П-складова), інтегральна (І-складова) та диференційна (Д-складова).

З виходу блоку сигнал надходить на СУМАТОР (14). К|до| суматор також підходить сигнал попередження вузла FEED FORWARD (13). Щоб у блоці ПІД-імпульсного регулятора з'явився вхід попередження, параметр 27 FF_V потрібно зробити зв'язаним. Сигнал з цього входу посилюється/послаблюється коефіцієнтом посилення попередження K_{FF}, заданим у параметрі 28 FF_G, обмежується уставками, заданими у параметрах 29 FF_h та 30 FF_l та подається на суматор. Іншими словами, вихідний сигнал з ПІД-регулятора підсумовується вихідним сигналом П-регулятора каналу попередження (рисунок 8.62.11).

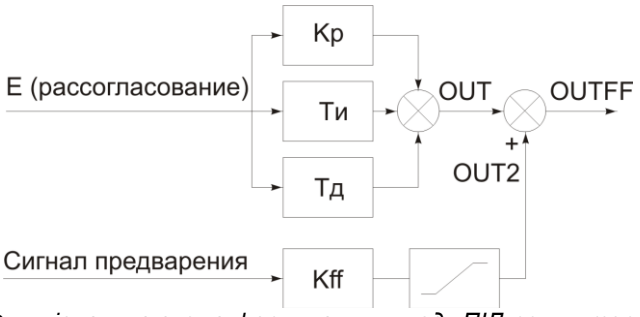


Рисунок 8.62.11 – Функціональна схема формування виходу ПІД-регулятора із попередженням

Далі регулюючий сигнал проходить через блок установки на виході регулятора безпечного значення TRACK (15). Якщо команда на встановлення безпечного положення відсутня, регулюючий сигнал проходить через цей блок без змін. Сигнал команди на встановлення безпечного положення заводиться на вхід прм(07), для чого параметр 07 dTRK потрібно зробити "пов'язаним".

Потім сигнал проходить через блок вибору режиму роботи регулятора MODE (17) (РУЧНИЙ/АВТОМАТ). Вибір режиму роботи здійснюється з передньої панелі контролера або визначається в параметрі 08 nMODE. В автоматичному режимі роботи регулюючий сигнал ПІД-регулятора управляє дискретними сигналами, а в ручному режимі керування здійснюється з передньої панелі приладу або за інтерфейсом. Якщо керування здійснюється за інтерфейсом, значення переміщення IM записується в параметр 17 OUT.

Останньою ланкою ПІД-імпульсного регулятора є імпульсний перетворювач PULSE (18), який після виходу ПІД-регулятора формує імпульсні сигнали «БІЛЬШЕ» - «МЕНШЕ».

Сигнали «БІЛЬШЕ» - «МЕНШЕ» йдуть на виходи блоку 05 dUP та 06 dDN, а також надходять на внутрішній інтегратор INTEGR (19), який формує інтегроване (розраховане) значення положення виконавчого механізму. Це значення виводиться на передній панелі на дисплеї ВИХІД, а також може бути використане на верхньому рівні з параметра 22 POZ. Якщо використовується зовнішній зворотний зв'язок, параметр 22 POZ потрібно зробити «пов'язаним» і на вхід прм(22) подати сигнал від давача положення виконавчого механізму. При цьому на дисплеї ВІХІД індикуватиметься реальне значення положення виконавчого механізму.

Приклад застосування

Допустимо, є абстрактний технологічний процес. Воду в ємності необхідно нагріти та підтримувати за певної температури. Для нагрівання води використовується газовий пальник, що знаходиться під ємністю. Інтенсивність горіння регулюється клапаном подачі газу. На рисунку 8.62.12 показано, як це може бути організовано за допомогою імпульсного ПІД регулювання.

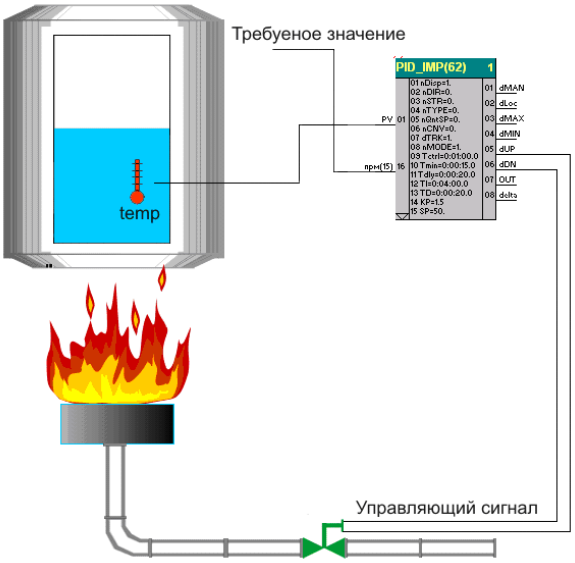
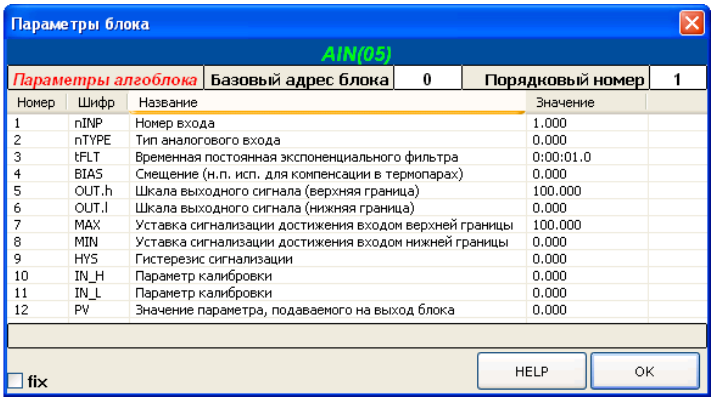


Рисунок 8.62.12 – Застосування імпульсного ПІД-регулятора

На рисунку 8.62.13 зображено реалізацію прикладу на основі функціонального блоку PID_IMP(62) контролера МІК-51. Значення властивостей блоків цієї програми наведено на рисунках 8.62.14 – 8.62.18. FBD-файл прикладу програми доступний для завантаження з офіційного сайту підприємства МІКРОЛ (Impuls_PID.zip).

Рисунок 8.62.13 – Реалізація імпульсного ПІД-регулятора



Параметры блока

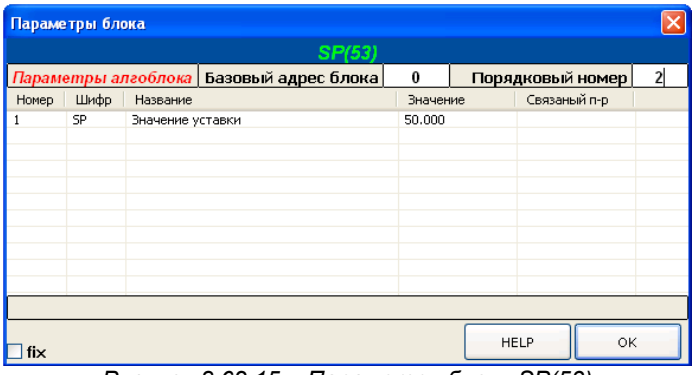
AIN(05)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	0	Порядковый номер	1

Номер	Шифр	Название	Значение
1	nINP	Номер входа	1.000
2	nTYPE	Тип аналогового входа	0.000
3	tFLT	Временная постоянная экспоненциального фильтра	0:00:01.0
4	BIAS	Смещение (н.п. исп. для компенсации в термопарах)	0.000
5	OUT.h	Шкала выходного сигнала (верхняя граница)	100.000
6	OUT.l	Шкала выходного сигнала (нижняя граница)	0.000
7	MAX	Уставка сигнализации достижения входом верхней границы	100.000
8	MIN	Уставка сигнализации достижения входом нижней границы	0.000
9	HYS	Гистерезис сигнализации	0.000
10	IN_H	Параметр калибровки	0.000
11	IN_L	Параметр калибровки	0.000
12	PV	Значение параметра, подаваемого на выход блока	0.000

fix HELP OK

Рисунок 8.62.14 - Параметри блоку AIN(05)



Параметры блока

SP(53)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	0	Порядковый номер	2

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	SP	Значение уставки	50.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.62.15 – Параметри блоку SP(53)

Параметры блока

DOT(09)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	48	Порядковый номер	4

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	nOUT	Номер дискретного выхода	2.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.62.16 - Параметри блоку DOT1(09)

Параметры блока

DOT(09)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	47	Порядковый номер	3

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	nOUT	Номер дискретного выхода	1.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.62.17 - Параметри блоку DOT2(09)

Параметры блока

PID_IMP(62)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	12	Порядковый номер	2

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	nDisp	Номер дисплея	1.000	
2	nDIR	Направление действия регулятора	0.000	
3	nSTR	Структура регулятора(паралельный, п...	0.000	
4	nTYPE	Тип регулятора: 0-без ОС, 1-с датчиком...	0.000	
5	nQntSP	Количество используемых заданий (1-в...	1.000	
6	nCNV	Тип преобразования	0.000	
7	dTRK	Команда установки на выходе регулят...	0.000	
8	nMODE	Режим работы	1.000	
9	Tctrl	Время механизма	0:01:00.0	
10	Tmin	Минимальная длительность импульса	0:00:03.0	
11	Tdly	Задержка между включениями	0:00:05.0	
12	TI	Время интегрирования	0:02:00.0	
13	TD	Время диференцирования	0:00:10.0	
14	KP	Коэффициент усиления	1.000	
15	SP	Задание	50.000	связаный п-р
16	SP_EXT	Внешнее задание	0.000	
17	OUT	Выход регулятора	40.000	
18	PV_r	Диапазон входного сигнала	100.000	
19	SP_h	Верхнее ограничение задания	100.000	
20	SP_l	Нижнее ограничение задания	0.000	
21	SP_r	Скорость изменения задания	90.000	
22	POZ	Положение механизма	0.000	
23	TRK_V	Значение безопасного воздействия	0.000	
24	MAX	Сигнализация MAX параметра	100.000	
25	MIN	Сигнализация MIN параметра	0.000	
26	HYS	Гистерезис сигнализации параметра	0.000	
27	FF_V	Вход блока предварения	0.000	
28	FF_G	Усиление канала предварения	0.000	
29	FF_h	Верхнее ограничение предварения	0.000	
30	FF_l	Нижнее ограничение предварения	0.000	
31	COR_V	Вход канала коррекции	0.000	
32	COR_G	Усиление канала коррекции	0.000	
33	COR_h	Верхнее ограничение канала коррекции	0.000	
34	COR_l	Нижнее ограничение канала коррекции	0.000	
35	FB	DB Мертвая зона	0.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.62.18 - Параметри блоку PID_IMP(62)

8.90 PID_R (90) - Аналоговий ПІД-регулятор з розширеною схемою переходу між режимами РУЧ/АВТ/КАС

Призначення

Функціональний блок (рисунок 8.90.1) призначений для побудови контурів ПІД регулювання з використанням аналогових виконавчих механізмів.

Примітка: функціональний блок доданий з версії прошивки 51.65.

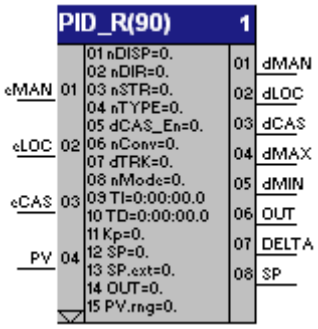


Рисунок 8.90.1 – Функціональний блок аналогового ПІД-регулятора з розширеною схемою переходу між режимами роботи (РУ/ЛУ/КУ)

Функціональний блок PID_R(90) виконує функції настроюваного ПІД-регулятора з додатковими можливостями, такими як:

1. Формування на виході регулятора безпечного впливу зовнішньої команди;
2. 4 режими роботи:
   - ручний – керування з передньої панелі;
   - локальний – керування ПІД-регулятором із внутрішнім завданням;
   - каскадний – управління ПІД-регулятором із зовнішнім завданням чи завданням від програмного задавача;
   - стеження - зупинка регулятора з автоматичним стеженням за значенням виходу блоку для подальшого ненаголошеного переходу в інший режим роботи;
3. Функція регулювання керуючого впливу регулятора;
4. Функція корекції сигналу неузгодженості регулятора.

Блок здійснює ПІД-алгоритм обробки вхідного сигналу. Компоненти П-, І- та Д-, призначені для обробки вхідного сигналу, можуть бути активізовані або вимкнені в індивідуальному порядку. Це дозволяє конфігурувати П-, ПІ-, ПД- та ПІД-регулятори.

ПІД-регулятор PID_R(90) є аналогом регулятора PID(60) з розширеними можливостями переходу між режимами роботи. Порівняно з останнім, регулятор PID_R(90) має додаткові входи 01 eMAN, 02 eLOC і 03 eCAS, виходу 03 dCAS і 08 SP і параметр 05 dCAS_En.

Параметри функціонального блоку

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 8.90.1.

Таблиця 8.90.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	eMAN	0 / 1		Режим роботи – РУ
02	eLOC	0 / 1		Режим роботи – ЛУ
03	eCAS	0 / 1		Режим роботи – КУ
04	PV	Речове		Вхід регулятора
Параметри				
01	nDISP	1 - 9	1	Номер дисплея
02	nDIR	0 / 1	0	Напрямок дії регулятора (0-зворотний, 1-прямий)
03	nSTR	0 / 1	0	Структура регулятора (0-паралельний, 1-мішаний)
04	nTYPE	0, 1, 2	0	Тип регулятора (0 – ПІД; 1,2 – не вик.)
05	dCAS_En	1, 2	0	Дозвіл роботи в режимі КУ: 0 – каскадний режим роботи заборонений незалежно від значення параметра 08 nMODE та сигналу на вході 03 eCAS; 1 – каскадний режим роботи дозволено.

Продовження таблиці 8.90.1

06	nCONV	0, 1, 2, 3, 4, 5	0	y=x y=SQRT(X) y=logX y=eX y=x2 y=1/x
07	dTRK	0 / 1	0	Команда установки на виході регулятора безпечного значення дії (параметр 21 TRK_VAL)
08	nMODE	0, 1, 2	0	Режим роботи (0-РУ, 1-ЛУ, 2-КУ)
09	TI	Час	0:02:00:0	Час інтегрування регулятора
10	TD	Час	0:00:00:0	Час диференціювання регулятора
11	KP	Речове	1	Коефіцієнт посилення регулятора
12	SP	Речове	0	Завдання регулятору
13	SP_EXTERN	Речове	0	Зовнішнє завдання регулятора
14	OUT	Речове	0	Вихід регулятора 0-100%
15	PV_RANGE	Речове	100	Діапазон зміни регульованого параметра
16	SP_H	Речове	100	Обмеження завдання (верхнє)
17	SP_L	Речове	0	Обмеження завдання (нижнє)
18	SP_RATE	Речове	100	Швидкість зміни завдання, тех. од. / хв.
19	OUT_H	Речове	100	Обмеження виходу регулятора (верхнє)
20	OUT_L	Речове	0	Обмеження виходу регулятора (нижнє)
21	TRK_VAL	Речове	0	Значення безпечного впливу
22	DEV_MAX	Речове	0	Уставки сигналізації відхилення регульованого параметра від заданої точки (девіаційна сигналізація)
23	DEV _MIN	Речове	0	
24	DEV _HYS	Речове	0	Гістерезис сигналізації параметра
25	FF_VAL	Речове	0	Попередження керуючого впливу регулятора
26	FF_GAIN	Речове	0	Коефіцієнт посилення попередження
27	FF_H	Речове	0	Обмеження попередження (верхнє)
28	FF_L	Речове	0	Обмеження попередження (нижнє)
29	COR_VAL	Речове	0	Вхід ланки корекції регульованого параметра регулятора
30	COR_GAIN	Речове	0	Коефіцієнт посилення сигналу корекції
31	COR_H	Речове	0	Обмеження сигналу корекції (верхнє)
32	COR_L	Речове	0	Обмеження сигналу корекції (нижнє)
33	FB	Речове	0	Не використовується
Виходи				
01	dMAN	0 / 1		1 – регулятор перебуває у режимі РУ
02	dLOC	0 / 1		1 – регулятор перебуває у режимі ЛУ
03	dCAS	0 / 1		1 – регулятор перебуває у режимі КУ
04	dMAX	0 / 1		Вихід сигналізації перевищення регульованим параметром уставки DEV_MAX
05	dMIN	0 / 1		Вихід сигналізації перевищення регульованим параметром уставки DEV_MIN
06	OUT	Речове		Аналоговий вихід регулятора
07	DELTA	Речове		Узгодження регулятора у % вхідного параметра
08	SP	Речове		Завдання регулятора

Параметр 01*nDisp* задає номер дисплея регулятора. Максимальна кількість регуляторів, що використовуються в програмі контролера (ПІД - аналогових, ПІД - імпульсних, ПІД - каскадних а також дельта-регуляторів) - 9. Кожен регулятор повинен мати свій унікальний номер, за яким буде проводитися ідентифікація регуляторів на передній панелі контролера (дисплей №) .

Параметр 02 nDIR визначає напрямок дії регулятора. При зворотній дії регулятора (02 nDIR = 0) неузгодженість розраховується за формулою $E = -(PV - SP)$. Вихід регулятора збільшуватиметься, якщо регульований параметр буде меншим за завдання, і навпаки, зменшуватиметься, якщо регульований параметр буде більшим за завдання (8.90.1):

$$02\text{nDIR} = 0: \quad \begin{matrix} PV < SP \Rightarrow OUT \uparrow \\ PV > SP \Rightarrow OUT \downarrow \end{matrix}. \qquad (8.90.1)$$

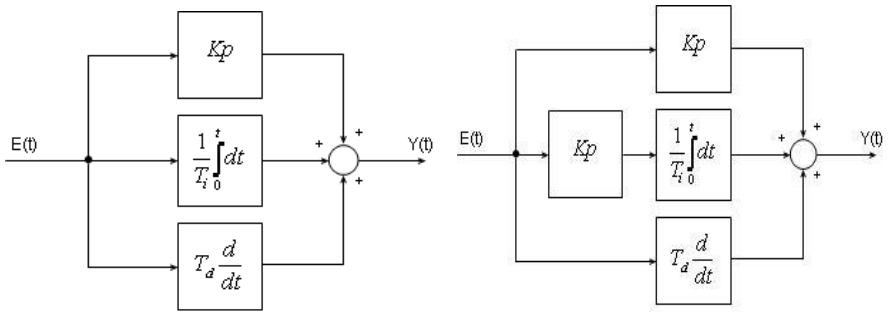
При прямій дії регулятора (*02*nDIR = 1), неузгодженість розраховується за формулою $E = PV - SP$. Вихід регулятора збільшуватиметься, якщо регульований параметр буде більшим за завдання, і навпаки, зменшуватиметься, якщо регульований параметр буде меншим за завдання (8.90.2):

$$02\text{nDIR} = 1: \quad \begin{matrix} PV > SP \Rightarrow OUT \uparrow \\ PV < SP \Rightarrow OUT \downarrow \end{matrix} \qquad (8.90.2)$$

Параметр 03 nSTR визначає структуру регулятора:

1. 03 nSTR = 0 – паралельна;
2. 03 nSTR = 1 – змішана.

Алгоритмічні схеми ПІД-регулятора у разі паралельної та змішаної структури показані на рисунку 8.90.2.



а) б)

а – паралельна структура ПІД-регулятора; б – змішана структура ПІД-регулятора.
Рисунок 8.90.2 – Структури ПІД-регулятора

Згідно з малюнком 8.90.2, для паралельної структури регулятора передатна функція має вигляд:

$$Y(t) = K_p \cdot E(t) + \frac{1}{T_i}\int_0^t E(t)dt + T_d \frac{dE(t)}{dt}, \qquad (8.90.3)$$

для змішаної структури регулятора передатна функція має вигляд:

$$Y(t) = K_p \cdot E(t) + \frac{Kp}{T_i}\int_0^t E(t)dt + T_d \frac{dE(t)}{dt}, \qquad (8.90.4)$$

де: K_p - Коефіцієнт пропорційності регулятора (параметр 11 Kp);

T_i – час інтегрування регулятора (параметр 09 TI);

T_d – час диференціювання регулятора (параметр 10 ТД).

Сумарно: при використанні змішаної структури регулятора порівняно з паралельною вплив інтегральної складової Ti збільшується в Kp раз.

Формули (8.90.3) та (8.90.4) відповідають передатним функціям аналогових ПІД-регуляторів. У регуляторах контролера МІК-51 використовуються наближені формули розрахунку передавальних функцій у зв'язку з тим, що МІК-51 є цифровим пристроєм. Відповідно, розрахунок інтегральної та диференціальної складових виконується числовими методами (з високою точністю) з поправкою на дискретизацію у часі значення неузгодженості. Таким чином, передатна функція ПІД-регулятора для паралельної структури має вигляд (8.90.5):

$$Y_i = K_p \cdot E_i + \frac{1}{T_i}\sum_{i=0}^{n} E_i \cdot \Delta t + Td\frac{\Delta E_i}{\Delta t}, \qquad (8.90.5)$$

для змішаної структури регулятора передатна функція має вигляд (8.90.6):

$$Y_i = K_p \cdot E_i + \frac{K_p}{T_i}\sum_{i=0}^{n} E_i \cdot \Delta t + Td\frac{\Delta E_i}{\Delta t}, \qquad (8.90.6)$$

де: K_p - Коефіцієнт пропорційності регулятора (параметр 11 Kp);

T_i – час інтегрування регулятора (параметр 09 TI);

T_d – час диференціювання регулятора (параметр 10 ТД).

E_i - Різниця між завданням регулятора і поточним значенням Ti контрольованої величини;

ΔE_i - Різниця між двома сусідніми значеннями E_i і E_{i-1};

Δt - час між двома сусідніми вимірами T_i і T_{i-1};

$\sum_{i=0}^{n} E_i$ -Накопичена інтегральна сума неузгодженостей.

Параметр 04 nTYPE відповідає за тип ПІД-регулятора (0 – за замовчуванням).

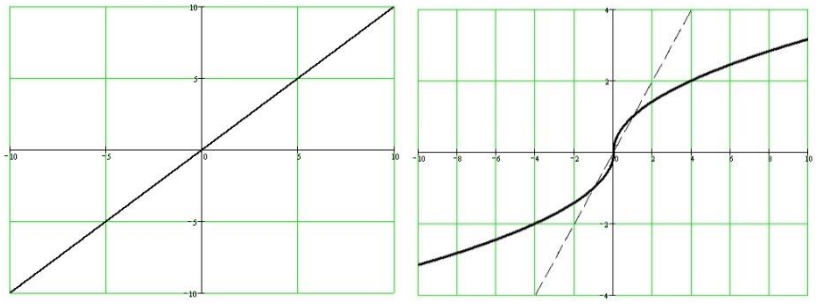
Параметр 05 dCAS_En дозволяє або забороняє роботу в режимі КУ:

05 dCAS_En= 0 – каскадний режим роботи заборонено незалежно від значення параметра 08 nMODE та сигналу на вході 03 eCAS;

05 dCAS_En= 1 – каскадний режим роботи дозволено.

Параметром 06 nConv вибирається один із шести типів математичного перетворення:

1. $E_{вых} = E$; (Значення 06 nConv = 0)
2. $E_{вых} = \sqrt{|E|}$; (Значення 06 nConv = 1)
3. $E_{вых} = \log E$; (Значення 06 nConv = 2)
4. $E_{вых} = e^{E}$; (Значення 06 nConv = 3)
5. $E_{вых} = E^{2}$; (Значення 06 nConv = 4)
6. $E_{вых} = \frac{1}{E}$. (Значення 06 nConv = 5)



$E_{вых} = E$ ——— $E_{вых} = \sqrt{|E|}$,------ $E_{вых} = E$

(показано для порівняння з функцією $E_{вых} = \sqrt{|E|}$)

Рисунок 8.90.3 – Графік обробки сигналу неузгодженості

При виборі параметра 06 nConv = 0 ($E_{вых} = E$) сигнал неузгодженості проходить через цей блок без зміни (рисунок 8.90.3). Якщо вибрано параметр 06 nConv = 1, то на виході блоку отримаємо сигнал, наведений на рисунку 8.90.4. У цьому випадку, при малому неузгодженні, вихідний сигнал неузгодженості буде більшим, ніж вхідний. Таким чином, регулятор швидше реагуватиме при малих значеннях неузгодженості. Але при великих значеннях неузгодженості вихідний сигнал неузгодженості буде значно менше вхідного, тому регулятор буде повільніше реагувати, ніж при лінійному перетворенні. Зворотний закон буде для 06 nConv = 4. При малому неузгодженні вихідний сигнал блоку «тип перетворення» буде меншим від вхідного сигналу, тому регулятор повільніше регулюватиме. Якщо значення неузгодженості буде більшим, наприклад, на 1% від діапазону вимірювання,

Параметр 07 dTRK відповідає за встановлення на виході регулятора безпечної дії. У разі можливих аварійних або позаштатних ситуацій команда 07 dTRK = 1 дозволяє перевести регулятор у режим НАСТУПНОГО керування (СУ). При цьому на виході регулятора встановлюється задане в параметрі 21 TRK.V безпечне положення або відстежується значення цього параметра, якщо він запрограмований як «пов'язаний» (див. опис на Програмний пакет редактор FBD-програм АЛЬФА).

Параметр 08 nMode відповідає за керування режимами роботи регулятора з передньої панелі або по мережі:

1. 08 nMode = 0 - РУЧНИЙ режим (РУ);
2. *08 nMode = 1*– АВТОМАТИЧНИЙ режим (ЛОКАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ – ЛУ);
3. *08 nMode = 2*– АВТОМАТИЧНИЙ режим (КАСКАДНЕ керування – КУ).

Після програмування контролер перебуває у тому режимі, що вказано у параметрі 08*nMode*. Перемикання між режимами роботи описано в розділі 6.2.3 посібника ПРМК.421457.005 РЕ1. Також режими роботи можна перемикати зовнішніми сигналами, зробивши параметр 08 nMode "пов'язаним". Тоді на вхід прм(08) подається сигнал із зовнішніх дискретних входів (DIN(06)) або інший сигнал, який використовується у програмі користувача.

При складанні програм з використанням функціонального блоку PID_R(90) необхідно враховувати той факт, що вибір режиму роботи регулятора параметром 08 nMode можливий тільки тоді, коли відповідні входи блоку (*01 eMAN*, 02 eLOC і 03 eCAS) подається логічний «0».

Входи 01 eMAN, 02 eLOC та 03 eCAS призначені для переведення регулятора у відповідний режим роботи. Найвищий пріоритет має вхід 03 eCAS, потім – вхід 02 eLOC. У входу 01 eMAN найнижчий пріоритет. Логіка роботи регулятора PID_R(90), залежно від сигналів на входах 01 eMAN, 02 eLOC і 03 eCAS (з урахуванням їхньої пріоритетності), відображена в таблиці 8.90.2.

Дискретні виходи 01 dMAN, 02 dLOC та 03 dCAS вказують, у якому режимі роботи знаходиться регулятор у даний момент.

Таблиця 8.90.2 - Логіка роботи регулятора PID_R(90)

eMAN (РУ, ручне управління)	eLOC (ЛУ, локальне управління)	eCAS (КУ, каскадне управління)	Режим роботи регулятора
0	0	0	Режим роботи регулятора залежить від значення параметра налаштування 08 nMODE: 0 – РУ, 1 – ЛУ, 2 – КУ
0	0	1	КУ
0	1	0	ЛУ
0	1	1	КУ
1	0	0	РУ
1	0	1	КУ
1	1	0	ЛУ
1	1	1	КУ

Параметр 09 TI відповідає за час інтегрування регулятора.

Параметр 10 TD відповідає за час диференціювання регулятора.

Параметр 11 Kp відповідає за коефіцієнт посилення регулятора.

Параметр12 SP відповідає за завдання регулятора.

Параметр 13 SP.ext відповідає за використання зовнішнього завдання регулятора. У разі використання зовнішнього завдання параметр 13 SP.ext потрібно зробити «пов'язаним». При цьому в блоці з'явиться вхід під назвою прм(13), на який подається сигнал зовнішнього завдання. Зовнішнім завданням може бути сигнал аналогового входу контролера (блоку AIN(05)), програмного задавача (TM_PRG(57)) або будь-який інший аналоговий сигнал, що використовується в програмі користувача.

У параметр 14 OUT записують встановлене значення аналогового виходу регулятора. З цього значення почне змінюватися вихід регулятора під час переходу з ручного режиму до автоматичного.

Також цей параметр використовується для керування виходом регулятора з верхнього рівня (наприклад, SCADA-системи).

Параметр 15 PV.rng- Діапазон зміни регульованого параметра. Параметр відповідає за масштабування сигналу за шкалою 0-100% щодо діапазону вхідного сигналу.

У більшості випадків параметр 15 PV.rng задається рівним діапазону вимірювання давача. Наприклад, для вимірювання температури термометром опору ТСМ 50М з граничними межами вимірювання -50,0 ºС... +200,0 ºС, діапазон вимірювання дорівнюватиме 250 ºС, тобто 15 PV.rng = 250. Для такого діапазону вхідного параметра при завданні SP = 50 ºС і параметр PV = 60 ºС неузгодженість становитиме E = 10 ºС, що відповідає 4% від діапазону вимірювання. У деяких випадках, коли діапазон вимірювання давача більший, а діапазон регулювання значно менше, діапазон вхідного сигналу можна задавати менше діапазону вимірювання давача. Для наведеного вище прикладу, якщо діапазон регулювання температури становить 20...120 ºС, то діапазон вимірювання дорівнюватиме 100 ºС, (15 PV.rng = 100). При такому діапазоні вхідного параметра при завданні SP = 50 ºС і параметрі PV = 60 ºС, неузгодженість становитиме ті ж E = 10 ºС, але у відсотковому відношенні це дорівнює 10%. Таким чином, зменшивши діапазон вхідного сигналу, можна досягти кращої чутливості регулятора.

При зменшенні параметра 15 PV.rng слід врахувати, що при цьому збільшується чутливість до коливань вхідного сигналу, яка може виникати від зовнішніх впливів і негативно відбиватися як регулювання, особливо при використанні диференціальної складової або великого коефіцієнта посилення.

Параметр 16 SP.h відповідає за верхнє обмеження завдання регулятора.

Параметр 17 SP.l відповідає за нижнє обмеження завдання регулятора.

При введенні внутрішнього завдання з передньої панелі зміна нижче параметрів 16 SP.h і 17 SP_l заблоковано. Якщо при зміні зовнішнього завдання параметр, значення якого надходить на вхід прм(13), більше (менше) від значення, заданого в параметрі 16 SP.h (17 SP.l), то на суматор надходить значення, що дорівнює значенню 16 SP.h (17 SP.l). Діаграма обмеження завдання представлена на рисунку 8.90.5. Якщо параметр 16 SP.h дорівнює параметру 17 SP.l, завдання буде незмінним і рівним SP = 16 SP.h = 17 SP.l.

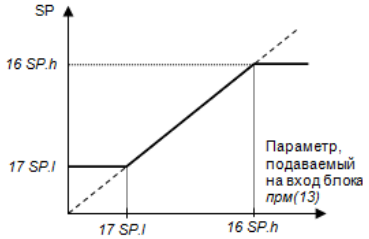


Рисунок 8.90.4 – Діаграма обмеження зовнішнього завдання

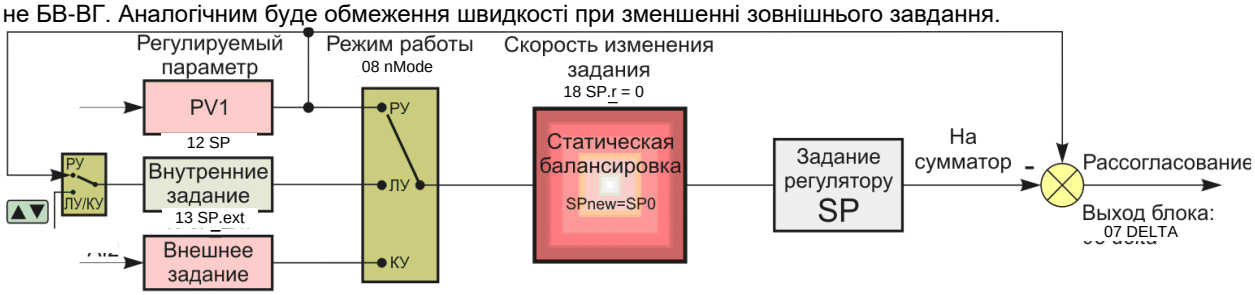
Параметр 18 SP.r відповідає за швидкість зміни завдання (тех. одиниць на хвилину). Залежно від значення параметра 18 SP.r, є два режими балансування:

1.*18SP.r*= 0 – статичне балансування,

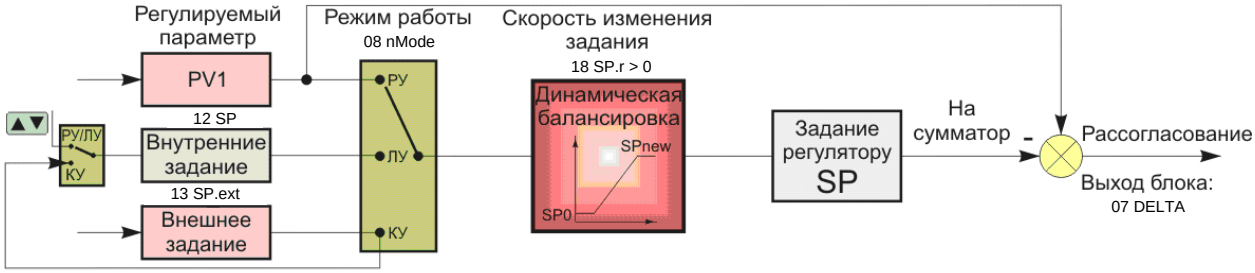
2. 18 SP.r≠0 – динамічне балансування.

Функціональна схема роботи балансувань показана рисунку 8.90.5.

При використанні динамічного балансування в каскадному режимі керування (із зовнішнім завданням) слід враховувати, що зміна зовнішнього завдання буде обмежена параметрами 16 SP.h та 17 SP.l, а швидкість зміни - параметром 18 SP.r. На рисунку 8.90.6 штриховою лінією показано зміну зовнішнього завдання, що подається на вхід прм(13), а суцільний лінією – реальна зміна впливу регулятора, що задає. На відрізку АБ швидкість зміни зовнішнього задає впливу менше швидкості зміни завдання, зазначеної в параметрі 18 SP.r, тому завдання дорівнює зовнішньому впливу, що задає. На відрізку БВ зовнішнє вплив, що задає, змінюється з більшою швидкістю, ніж швидкість зміни завдання. На даному графіку швидкість зміни впливу, що задає, представлена кутом нахилу відрізка $tg(\beta) = \frac{\Delta прм(13)}{\Delta t}$, а швидкість зміни завдання $tg(\alpha) = \frac{\Delta SP}{\Delta t} = 18\ SP.r$. Отже, при $tg(\beta) > tg(\alpha)$ Завдання регулятору буде обмежуватися швидкістю зміни завдання, і зміняться - по відрізку БГ, а не БВ-ВГ. Аналогічним буде обмеження швидкості при зменшенні зовнішнього завдання.



а) статичне балансування



б) динамічне балансування

Рисунок 8.90.5 – Функціональна схема балансувань ПІД-регулятора блоку PID_R(90)

Примітка. На схемі умовно показано положення перемикачів для ручного режиму регулятора.

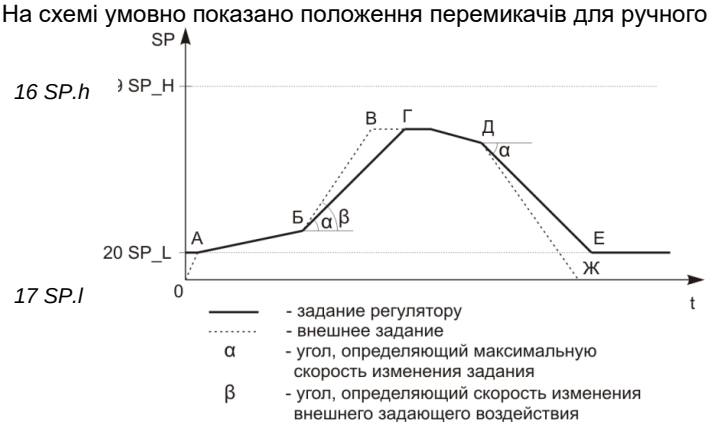


Рисунок 8.90.6 – Діаграмаобмеження швидкості зовнішнього завдання

Таблиця 8.90.3 - Функції режимів балансування аналогового ПІД-регулятора блоку PID_R(90)

	Статичне балансування	Динамічна балансування
Зміна внутрішньої заданої точки (з передньої панелі або за інтерфейсом)	Внутрішнє завдання стрибкоподібно набуває значення нового завдання **SPOLD → SPNEW**	Внутрішнє завдання починає змінюватися від значення старого завдання до значення введеного нового завдання зі швидкістю зміни завдання*18 SP.r* **SPOLD → SPNEW**

Продовження таблиці 8.90.3 – Функції режимів балансувань аналогового ПІД-регулятора блоку PID_R(90)

Перемикання режиму роботи **РУ**→ ЛУ	При перемиканні завдання приймає значення параметра, що вимірюється **SP = PV**	Завдання починає змінюватися від значення параметра до значення внутрішнього завдання зі швидкістю зміни завдання*18 SP.r* **PV→SP**
Перемикання режиму роботи **ЛУ**→ РУ	Завдання стрибкоподібно набуває значення вимірюваного параметра **SP↱PV**	Завдання не змінюється **SP**
Перемикання режиму роботи **ЛУ**→ КУ	Значення завдання стрибкоподібно змінюється з внутрішнього на зовнішнє **SPВНУТР↱SPЗОВНІШ**	Завдання починає змінюватися від значення внутрішнього значення до зовнішнього зі швидкістю зміни завдання*18 SP.r* **SPВНУТР→SPЗОВНІШ**
Перемикання режиму роботи **КУ**→ ЛУ	Внутрішнє завдання набуває значення зовнішнього задавача **SPВНУТР = SPЗОВНІШ**	Внутрішнє завдання набуває значення зовнішнього задавача **SPВНУТР = SPЗОВНІШ**
Перемикання режиму роботи **КУ**→ РУ	Внутрішнє завдання набуває значення зовнішнього задавача **SPВНУТР = SPЗОВНІШ**	Внутрішнє завдання набуває значення зовнішнього задавача **SPВНУТР = SPЗОВНІШ**

Параметр 19 OUT.h відповідає за верхнє обмеження виходу регулятора.

Параметр 20 OUT.l відповідає за нижнє обмеження виходу регулятора.

Параметр 21 TRK.V відповідає за значення безпечного впливу (працює лише разом із параметром 07 dTRK). Цей параметр можна зробити «пов'язаним», використовуючи для різних ситуацій різне значення безпечного впливу.

Якщо регулятор переведено в режим СУ (параметр 07 dTRK = 1), то блок установки безпечного значення керуючого впливу відключить регулюючий сигнал ПІД-регулятора, а на виході встановлює вплив, заданий користувачем параметрі 21 TRK.V.

Параметр 22 PV.max відповідає за верхнє значення сигналізації відхилення регульованого параметра від заданої точки. Якщо параметр дорівнює уставці MAX або перевищує її (PV≥SP+PV.max), спрацьовує сигналізація MAX. Відповідно, на передній панелі почне світитися світлодіод.▲а на виході 04 dMAX блоку PID_R(90) встановиться логічна одиниця.

Параметр 23 PV.min відповідає за нижнє значення уставки сигналізації відхилення регульованого параметра заданої точки. Якщо параметр дорівнює або менше уставки MIN (PV≤SP-PV.min), то спрацює сигналізація MIN. На передній панелі світитиметься світлодіод▼а на виході 05 dMIN блоку PID_R(90) встановиться логічна одиниця.

Параметр 24 PV.hys відповідає за гістерезис сигналізації параметра.

Параметр 25 FF.V відповідає за попередження керуючого впливу регулятора. Щоб у блоці ПІД-регулятора з'явився вхід попередження, параметр 25 FF.V потрібно зробити зв'язаним.

Параметр 26 FF.G відповідає за коефіцієнт посилення значення попередження регулятора. Сигнал із входу параметра 25 FF.V посилюється (послаблюється) цим коефіцієнтом.

Параметр 27 FF.h відповідає за верхнє обмеження попередження регулятора.

Параметр 28 *FF.l*
відповідає за нижнє обмеження попередження регулятора.

Верхнє та нижнє промежування попередження виставляються з міркувань безпеки. Спочатку коефіцієнт посилення попередження K_{FF} встановлюється рівний нулю. Тоді налаштовується ПІД-регулятор без попередження. Коли підібрані коефіцієнти K_p, $T_и$ і $T_д$ необхідно почати збільшувати коефіцієнт K_{FF} до тих пір, поки в системі не виникнуть загасаючі коливання при $K_{FFкр}$. Коефіцієнт посилення сигналу попередження обчислюється так (8.90.7):

$$K_{FF} = 0{,}7 \cdot K_{FFкр}, \qquad (8.90.7)$$

де: K_{FF} - Коефіцієнт посилення попередження;

$K_{FFкр}$ - Критичний коефіцієнт посилення попередження, при якому в системі виникають затухаючі коливання.

Параметр 29 COR.V відповідає за корекцію сигналу неузгодженості регулятора. Параметр робиться "пов'язаним" і, відповідно, у блоці з'явиться вхід прм (29). На цей вхід подається сигнал корекції з блоку COR_ST(93) або COR_D(94), який є функцією неузгодженості між параметром корекції та точкою корекції (8.90.8):

$$VAL_{COR} = F(PV2_{COR} - SP_{COR}), \qquad (8.90.8)$$

де: VAL_{COR} - значення сигналу корекції (%), що подається на вхід прм(29) блоку PID_R(90);

$PV2_{COR}$ - Значення параметра корекції;

SP_{COR} - Значення точки корекції. Для блоку COR_ST(93) це значення постійне і визначається користувачем, а для блоку COR_D(94) – динамічне, змінюється при кожному перемиканні з режиму РУ в режим ЛУ, і приймає значення параметра корекції в момент перемикання $SP_{COR} = PV2_{COR}$;

$F(PV2_{COR} - SP_{COR})$- функція перетворення неузгодженості $PV2_{COR} - SP_{COR}$ яка задається в блоках COR_ST(93) і COR_D(94).

Параметр 30 COR.G відповідає за коефіцієнт посилення сигналу корекції. Чим більший коефіцієнт посилення, тим більший вплив сигналу корекції на сигнал неузгодженості, і навпаки.

Параметр 31 COR.h відповідає за верхнє обмеження сигналу корекції.

Параметр 32 COR.l відповідає за нижнє обмеження сигналу корекції.

Параметр 33 FB- Службовий. У зв'язку з постійною роботою над удосконаленням програмного забезпечення контролера та можливою зміною призначення даного параметра, використовувати його в програмах користувача не рекомендується.

Принцип роботи функціонального блоку

Функціональну схему аналогового ПІД-регулятора з розширеною схемою переходу між режимами роботи (РУ/ЛУ/КУ) представлено на рисунку 8.90.7.

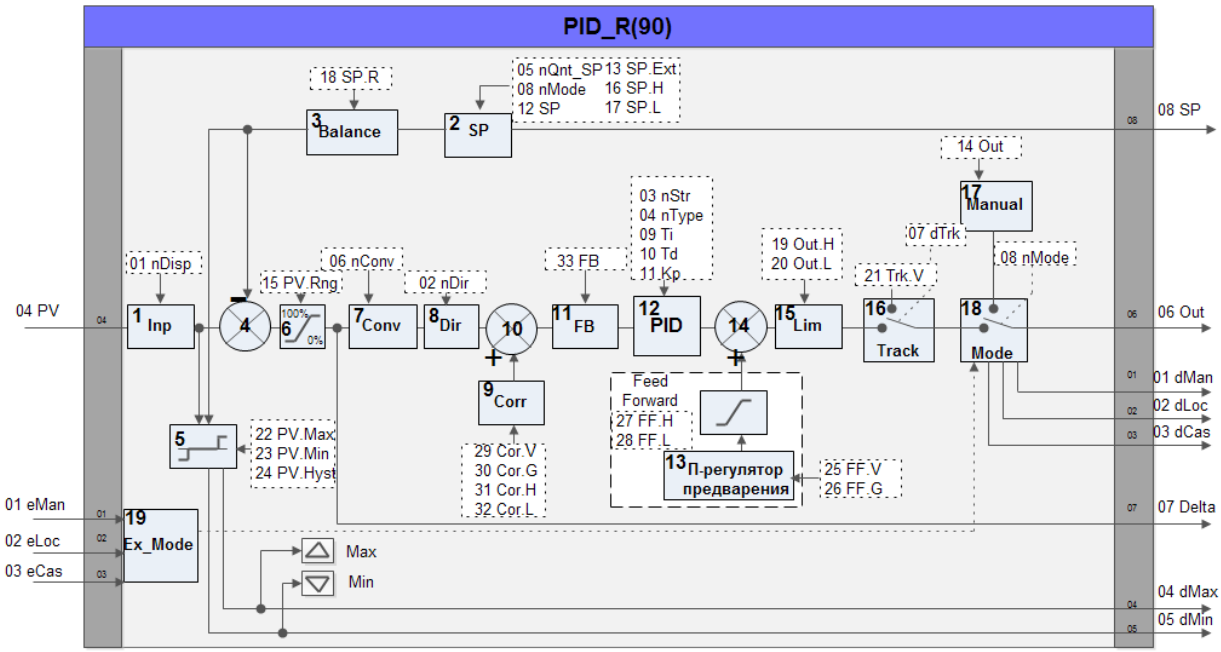


Рисунок 8.90.7 – Функціональна схема аналогового ПІД-регулятора з розширеною схемою переходу між режимами роботи (РУ/ЛУ/КУ)

Значення регульованого параметра надходить на вхід 01 PV блоку та відображається на дисплеї ПАРАМЕТР. У параметрі 01*nDISP* задається номер дисплея регулятора. Значення 01 nDISP = 0 робить регулятор невидимим із передньої панелі.

Регульований параметр надходить на вузол Сигналізація (5), де визначається відхилення регульованого параметра від заданої точки (девіаційна сигналізація). Даний вузол формує дискретні сигнали dMIN та dMAX, які надходять на виходи 05 та 04 блоку PID_R(90). Крім того, ці сигнали безпосередньо «прив'язані» до відповідних сигнальних світлодіодів на передній панелі контролера біля індикатора ПАРАМЕТР.

Наступним вузлом ланцюга обробки регульованого параметра є СУМАТОР (4), причому, значення регульованого параметра надходить на нього зі знаком “+”.

Вузол формування завдання складається з кількох блоків. Задане значення регульованого параметра (вузол***SP (2)***) обмежено по максимуму та мінімуму параметрами 16 SP.h і 17 SP.l. Значення заданої точки регулятора знаходиться у параметрі 12 SP, який, за потреби, можна зробити зв'язаним. При використанні зовнішньої заданої точки (параметр 05 dCAS_En = 1) її значення необхідно записувати в параметр 13 SP.ext (також зробивши його «пов'язаним»). Параметр 18 SP.r визначає швидкість зміни завдання (у тих одиницях на хвилину). З вузла SP (2) сигнал заданої точки надходить на вихід 08 SP блоку, а також у вузол balance (3).

Вузол BALANCE (3) відповідає заненаголошене (плавне) перемикання або зміна заданої точки. Сигнал із вузла BALANCE (3) надходить на СУМАТОР (4) зі знаком “-”.

На виході суматора формується сигнал неузгодженості між регульованим параметром та завданням у технологічних одиницях: Етех.од. = PV-SP. Цей сигнал масштабується за шкалою 0 – 100% (вузол МАСШТАБУВАННЯ (6)) щодо діапазону зміни PV, що задається у параметрі 15 PV.rng.

Нормований сигнал неузгодженості можна використовувати у програмі користувача – він подається на вихід 07 DELTA блоку PID_R(90).

Нормований сигнал неузгодженості після вузла МАСШТАБУВАННЯ (6) надходить на вузол CONV (7) математичного перетворення.

Наступний вузол - DIR (8) - визначає напрямок дії регулятора (вибирається параметром 02 nDIR). При зворотній дії регулятора (02 nDIR = 0), неузгодженість розраховується за формулою $E = -(PV - SP)$.

При прямій дії регулятора (02 nDIR = 1), неузгодженість розраховується за формулою $E = PV - SP$.

Також є можливість використання корекції (вузол CORR (9)) керованого сигналу додаткового параметра. Сигнал неузгодженості E_{PV} після блоку DIR (8) підсумовується значення корекції (8.90.9):

$$E = E_{PV} + (COR.G \cdot VAL_{COR})_{COR.l}^{COR.h} \qquad (8.90.9)$$

З формули видно, що вплив на неузгодженість, а відповідно і на регулювання залежить від коефіцієнта посилення 30 COR.G. Чим більший коефіцієнт посилення, тим більший вплив сигналу корекції на сигнал неузгодженості, і навпаки.

Далі сигнал проходить через вузол FB(11), який є службовим. У зв'язку з постійною роботою над удосконаленням програмного забезпечення контролера та можливою зміною призначення даного вузла, використовувати його в програмах користувача не рекомендується. За замовчуванням цей вузол заблокований (параметр 33 FB = 0) і не впливає на сигнал неузгодженості.

Наступним кроком сигнал неузгодженості потрапляє на блок ПІД-регулювання ***PID (12)***. ПІД-регулятор побудований таким чином, що в процесі роботи в кожен момент часу t на виході регулятора формуватиметься вплив Y(t) залежно від вхідного сигналу регулятора E(t) (узгодження між вхідним параметром PV та завданням регулятора SP).

Залежність між вхідним сигналом регулятора E(t) та вихідним Y(t) визначає передатна функція регулятора. Алгоритм перетворення містить три складові регулятора: пропорційна (П-складова), інтегральна (І-складова) та диференційна (Д-складова).

З виходу блоку сигнал надходить на СУМАТОР (14). К|до| суматор також підходить сигнал попередження вузла FEED FORWARD (13). Щоб у блоці ПІД-регулятора з'явився вхід попередження, параметр 25 FF.V потрібно зробити зв'язаним. Сигнал з цього входу посилюється/послаблюється коефіцієнтом посилення попередження K_{FF}, заданим у параметрі 26 FF.G, обмежується уставками, заданими у параметрах 27 FF.h та 28 FF.l і подається на суматор. Іншими словами, вихідний сигнал з ПІД-регулятора підсумовується вихідним сигналом П-регулятора каналу попередження (рисунок 8.90.8).

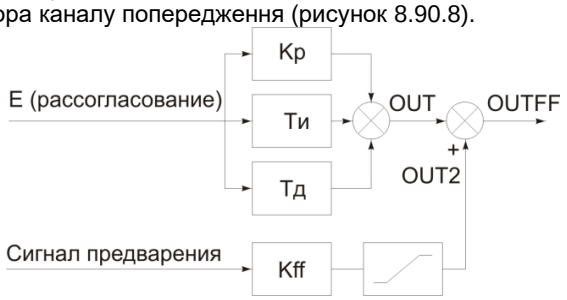


Рисунок 8.90.8 – Функціональна схема формування виходу ПІД-регулятора із попередженням

Надалі сигнал надходить на вузол обмеження LIM (15) згідно з параметрами 19 OUT.h і 20 OUT.l.

Далі регулюючий сигнал проходить через блок установки на виході регулятора безпечного значення TRACK (16). Якщо команда на встановлення безпечного положення відсутня, регулюючий сигнал проходить через цей блок без змін. Сигнал команди на встановлення безпечного положення заводиться на вхід прм(07), для чого параметр 07 dTRK потрібно зробити "пов'язаним".

Потім сигнал проходить через блок вибору режиму роботи регулятора MODE (18) (РУЧНИЙ/АВТОМАТ). Вибір режиму роботи регулятора може здійснюватися трьома способами: з передньої панелі контролера; задаватися параметром 08 nMODE; визначаються сигналами на відповідних входах блоку (01 eMAN, 02 eLOC і 03 eCAS, див. таблицю 8.90.2). В останньому випадку в роботі регулятора буде задіяно блок вибору режиму EX_MODE (19).

В автоматичному режимі роботи регулюючий сигнал ПІД-регулятора направляється на вихід 06 OUT, а в ручному режимі - керування здійснюється з передньої панелі приладу або за інтерфейсом. Якщо керування здійснюється за інтерфейсом, значення переміщення IM записується в параметр 14 OUT.

Приклад застосування

Допустимо, є абстрактний технологічний процес. Воду в ємності необхідно нагріти та підтримувати за певної температури. Для нагрівання води використовується газовий пальник, що знаходиться під ємністю. Інтенсивність горіння регулюється клапаном подачі газу. На рисунку 8.90.9 показано, як це може бути організовано за допомогою аналогового ПІД регулювання.

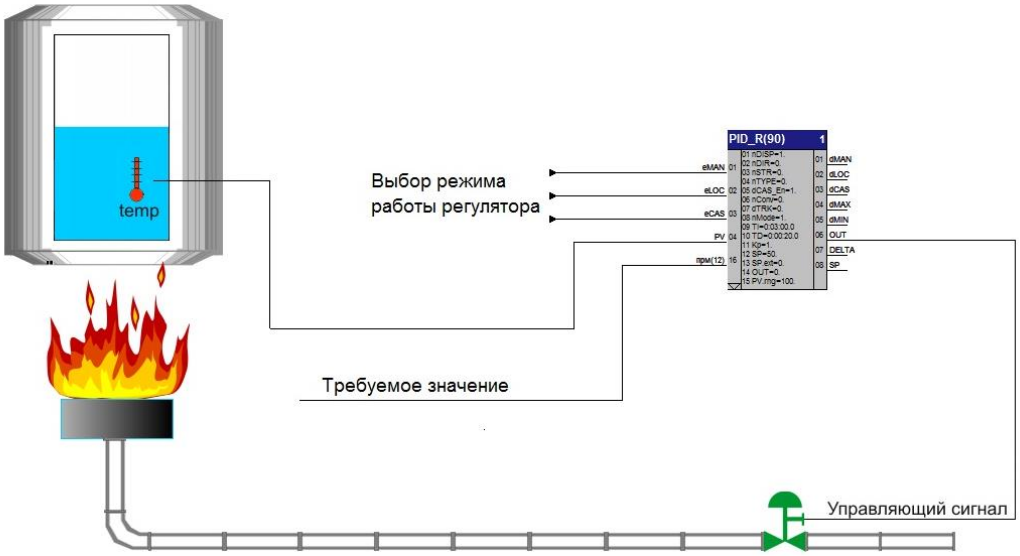


Рисунок 8.90.9 - Застосування аналогового ПІД-регулятора розширеною схемою переходу між режимами роботи (РУ/ЛУ/КУ)

На рисунку 8.90.10 зображено реалізацію прикладу на основі функціонального блоку PID_R(90) контролера МІК-51. Значення властивостей блоків цієї програми наведено на рисунках 8.90.11 – 8.90.15. FBD-файл прикладу програми доступний для завантаження з офіційного сайту підприємства МІКРОЛ (Analog_PID_R.zip).

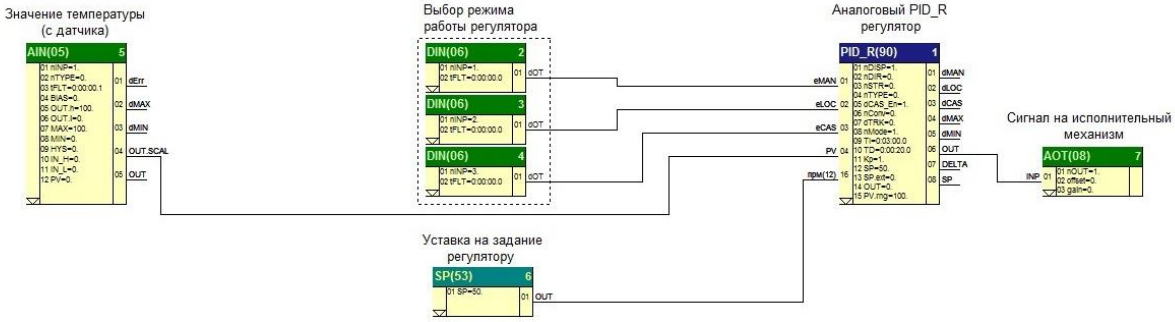
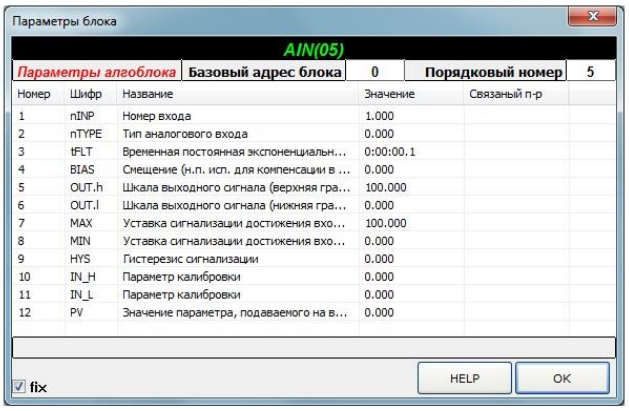


Рисунок 8.90.10 – Реалізація прикладу у редакторі АЛЬФА



Параметры блока

AIN(05)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	0	Порядковый номер	5

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	nINP	Номер входа	1.000	
2	nTYPE	Тип аналогового входа	0.000	
3	tFLT	Временная постоянная экспоненциальн…	0:00:00.1	
4	BIAS	Смещение (н.п. исп. для компенсации в …	0.000	
5	OUT.h	Шкала выходного сигнала (верхняя гра…	100.000	
6	OUT.l	Шкала выходного сигнала (нижняя гра…	0.000	
7	MAX	Уставка сигнализации достижения вхо…	100.000	
8	MIN	Уставка сигнализации достижения вхо…	0.000	
9	HYS	Гистерезис сигнализации	0.000	
10	IN_H	Параметр калибровки	0.000	
11	IN_L	Параметр калибровки	0.000	
12	PV	Значение параметра, подаваемого на в…	0.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.90.11 – Параметри блоку AIN(05)

Параметры блока

PID_R(90)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	0	Порядковый номер	1

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	nDISP	Номер дисплея	1.000	
2	nDIR	Направление действия(0-обратный,1-п...	0.000	
3	nSTR	Структура регулятора (0-паралельний,...	0.000	
4	nTYPE	Тип регулятора (0-ПИД,1..2-не использ...	0.000	
5	dCAS...	Разрешение работы в режиме КУ, "0" - з...	1.000	
6	nConv	тип преобразования	0.000	
7	dTRK	Команда установки на выходе регулят...	0.000	
8	nMode	Режим работы(0-РУ,1-ЛУ,2-КУ)	1.000	
9	TI	Время интегрирования	0:03:00.0	
10	TD	Время дифференцирования	0:00:20.0	
11	Kp	Коэффициент усиления	1.000	
12	SP	Задание	50.000	связаный п-р
13	SP.ext	Внешнее задание	0.000	
14	OUT	Выход регулятора	0.000	
15	PV.rng	Диапазон изменения регулируемого пар...	100.000	
16	SP.h	Ограничение задания (верхнее)	100.000	
17	SP.l	Ограничение задания (нижнее)	0.000	
18	SP.r	Скорость изменения задания	90.000	
19	OUT.h	Ограничение выхода регулятора (верх...	100.000	
20	OUT.l	Ограничение выхода регулятора (нижн...	0.000	
21	TRK.V	Значение безопасного воздействия	0.000	
22	PV.max	Уставка сигнализации MAX отклонения ...	100.000	
23	PV.min	Уставка сигнализации MIN отклонения ...	0.000	
24	PV.hys	Гистерезис сигнализации параметра	5.000	
25	FF.V	Вход блока предварения	0.000	
26	FF.G	Усиление канала предварения	0.000	
27	FF.h	Верхнее ограничение предварения	0.000	
28	FF.l	Нижнее ограничение предварения	0.000	
29	COR.V	Вход блока коррекции	0.000	
30	COR.G	Усиление канала коррекции	0.000	
31	COR.h	Верхнее ограничение коррекции	0.000	
32	COR.l	Нижнее ограничение коррекции	0.000	
33	FB	Обратная связь	0.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.90.12 - Параметри блоку PID_R(90)

Параметры блока

AOT(08)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	0	Порядковый номер	8

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	nOUT	Номер аналогового выхода	1.000	
2	offset	Смещение	0.000	
3	gain	Усиление	0.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.90.13 - Параметри блоку AOT(08)

Параметры блока

SP(53)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	0	Порядковый номер	6

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	SP	Значение уставки	50.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.90.14 – Параметри блоку SP(53)

Параметры блока

DIN(06)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	0	Порядковый номер	2

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	nINP	Номер физического входа	1.000	
2	tFLT	Минимальная длительность импульса (...	0:00:00.0	

fix HELP OK

Рисунок 8.90.15 - Параметри блоків DIN(06)

8.91 PID_I_R (91) - Імпульсний ПІД-регулятор з розширеною схемою переходу між режимами РУЧ/АВТ/КАС

Призначення

Функціональний блок (рисунок 8.91.1) призначений для побудови контурів ПІД регулювання з використанням імпульсних виконавчих механізмів.

Примітка: функціональний блок доданий з версії прошивки 51.65.

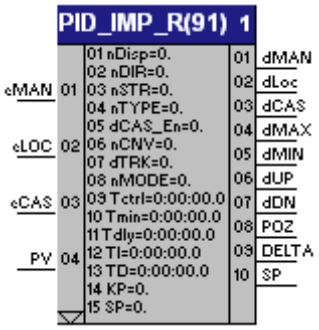


Рисунок 8.91.1 – Функціональний блок імпульсного ПІД-регулятора з розширеною схемою переходу між режимами роботи (РУ/ЛУ/КУ)

Функціональний блок PID_IMP_R(91) виконує функції настроюваного ПІД-імпульсного регулятора з додатковими можливостями, такими як:

1. Внутрішній чи зовнішній зворотний зв'язок;
2. Формування на виході регулятора безпечного впливу (відкрито/закрито) із зовнішньої команди;
3. 4 режими роботи:
   - ручний – керування з передньої панелі;
   - локальний – керування ПІД-регулятором із внутрішнім завданням;
   - каскадний - керування ПІД-регулятором із зовнішнім завданням або завданням від програмного задавача;
   - стеження – зупинка регулятора з автоматичним стеженням за положенням виконавчого механізму лінії зворотного зв'язку;
4. Функції прегулювання керуючого впливу регулятора та корекції сигналу неузгодженості регулятора.

Блок здійснює ПІД-алгоритм обробки вхідного сигналу. Компоненти П-, І- та Д-, призначені для обробки вхідного сигналу, можуть бути активізовані або вимкнені в індивідуальному порядку. Це дозволяє конфігурувати П-, ПІ-, ПД- та ПІД-регулятори.

Імпульсний ПІД-регулятор PID_IMP_R(91) є аналогом регулятора PID_IMP(62) з розширеними можливостями переходу між режимами роботи. Порівняно з останнім, регулятор PID_IMP_R(91) має додаткові входи 01 eMAN, 02 eLOC і 03 eCAS, виходу 03 dCAS, 08 POZ і 10 SP і параметр 05 dCAS_En.

Параметри функціонального блоку

Входи, параметри та виходи блоку представлені в таблиці 8.91.1.

Таблиця 8.91.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	eMAN	0 / 1		Режим роботи – РУ
02	eLOC	0 / 1		Режим роботи – ЛУ
03	eCAS	0 / 1		Режим роботи – КУ
04	INP	Речове		Вхід блоку
Параметри				
01	nDISP	0…9	1	Номер дисплея
02	nDIR	0 / 1	0	Напрямок дії регулятора (0-зворотний, 1-прямий)
03	nSTR	0 / 1	0	Структура регулятора (0-паралельний, 1-мішаний)
04	nTYPE	0 / 1	0	Тип регулятора: 0 – без зворотного зв'язку, 1 – з давачом положення ІМ (індикація)

Продовження таблиці 8.91.1

05	dCAS_En	1, 2	0	Дозвіл роботи в режимі КУ: 0 – каскадний режим роботи заборонений незалежно від значення параметра 08 nMODE та сигналу на вході 03 eCAS; 1 – каскадний режим роботи дозволено.
06	nCONV	0...5	0	y=x y=SQRT(X) y=logX y=eX y=x2 y=1/x
07	dTRK	0 / 1	0	Команда установки на виході регулятора безпечного значення дії (параметр 21 TRK_VAL)
08	nMODE	0, 1, 2	0	Режим роботи (0-РУ, 1-ЛУ, 2-КУ)
09	tCTRL	Час	0:01:03:0	Час механізму
10	tMIN	Час	0:00:00:1	Мінімальна тривалість імпульсу
11	tDELAY	Час	0:00:00:1	Затримка між включеннями (dUP-dDN, dDN-dUP)
12	TI	Час	0:02:00:0	Час інтегрування регулятора
13	TD	Час	0:00:00:0	Час диференціювання регулятора
14	KP	Речове	1	Коефіцієнт посилення регулятора
15	SP	Речове	0	Завдання
16	SP_EXTERN	Речове	0	Зовнішнє завдання
17	Delta_OUT	-100.0 ... 100.0%	0	Переміщення виходу регулятора (-100,0...100,0) %
18	PV_RANGE	Речове	100	Діапазон вхідного сигналу
19	SP_H	Речове	100	Обмеження завдання (верхнє)
20	SP_L	Речове	0	Обмеження завдання (нижнє)
21	SP_RATE	Речове	100	Швидкість зміни завдання, тех. од. / хв.
22	POZ	Речове	0	Положення механізму 0-100%. Внутрішній інтегратор ІМ або сигнал давача положення.
23	TRK_VAL	Речове	0	Значення безпечного впливу
24	MAX	Речове	0	Уставки сигналізації відхилення регульованого параметра від заданої точки (девіаційна сигналізація)
25	MIN	Речове	0	
26	HYS	Речове	0	Гістерезис сигналізації параметра
27	FF_VAL	Речове	0	Попередження керуючого впливу регулятора
28	FF_GAIN	Речове	0	Коефіцієнт посилення попередження
29	FF_H	Речове	0	Обмеження попередження (верхнє)
30	FF_L	Речове	0	Обмеження попередження (нижнє)
31	COR_VAL	Речове	0	Вхід ланки корекції регульованого параметра регулятора
32	COR_GAIN	Речове	0	Коефіцієнт посилення сигналу корекції
33	COR_H	Речове	0	Обмеження сигналу корекції (верхнє)
34	COR_L	Речове	0	Обмеження сигналу корекції (нижнє)
35	DB	Речове	0	Мертва зона
				Вихід
01	dMAN	0 / 1		1 – регулятор перебуває у режимі РУ
02	dLOC	0 / 1		1 – регулятор перебуває у режимі ЛУ
03	dCAS	0 / 1		1 – регулятор перебуває у режимі КУ
04	dMAX	0 / 1		Вихід сигналізації перевищення регульованим параметром уставок DEV_MAX , DEV_MIN
05	dMIN	0 / 1		
06	dUP	0 / 1		Вихід регулювальника. Сигнал «БІЛЬШЕ»
07	dDN	0 / 1		Вихід регулювальника. Сигнал «МЕНШЕ»
08	POZ	Речове		Положення механізму 0-100%. Внутрішній інтегратор ІМ або сигнал давача положення.
08	DELTA	Речове		Узгодження
09	SP	Речове		Завдання регулятора

Параметр 01*nDisp* задає номер дисплея регулятора. Максимальна кількість регуляторів, що використовуються в програмі контролера (ПІД - аналогових, ПІД - імпульсних, ПІД - каскадних а також дельта-регуляторів) - 9. Кожен регулятор повинен мати свій унікальний номер, за яким буде проводитися ідентифікація регуляторів на передній панелі контролера (дисплей №) .

Параметр 02 nDIR визначає напрямок дії регулятора. При зворотній дії регулятора (02 nDIR = 0) неузгодженість розраховується за формулою $E = -(PV - SP)$. Вихід регулятора збільшуватиметься (включення дискретного виходу БІЛЬШЕ), якщо регульований параметр буде меншим за завдання, і навпаки, зменшуватиметься (включення дискретного виходу МЕНШЕ), якщо регульований параметр буде більшим за завдання (8.91.1):

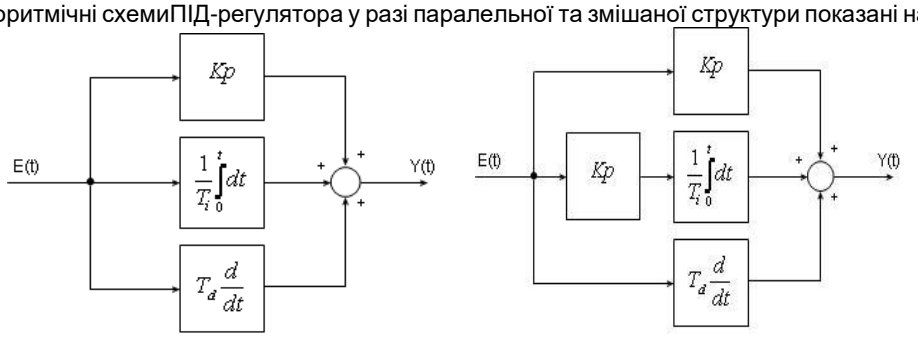
$$02\text{nDIR} = 0: \quad \begin{array}{l} PV < SP \Rightarrow OUT \uparrow (\text{дискрвых."Б"}) \\ PV > SP \Rightarrow OUT \downarrow (\text{дискрвых."М"}) \end{array}. \qquad (8.91.1)$$

При прямій дії регулятора (*02nDIR = 1*), неузгодженість розраховується за формулою $E = PV - SP$. Вихід регулятора збільшуватиметься (включення дискретного виходу БІЛЬШЕ), якщо регульований параметр буде більшим за завдання, і навпаки, зменшуватиметься (включення дискретного виходу МЕНШЕ), якщо регульований параметр буде меншим за завдання (8.91.2):

$$02\text{nDIR} = 1: \quad \begin{array}{l} PV > SP \Rightarrow OUT \uparrow (\text{дискрвых."Б"}) \\ PV < SP \Rightarrow OUT \downarrow (\text{дискрвых."М"}) \end{array} \qquad (8.91.2)$$

Параметр 03 nSTRвизначає структуру регулятора:
1. 03 nSTR = 0 – паралельна;
2. 03 nSTR = 1 – змішана.

Алгоритмічні схемиПІД-регулятора у разі паралельної та змішаної структури показані на рисунку 8.91.2.



а) б)

а – паралельна структура ПІД-регулятора; б – змішана структура ПІД-регулятора.
Рисунок 8.91.2 – Структури ПІД-регулятора

Згідно з малюнком 8.91.2, для паралельної структури регулятора передатна функція має вигляд:

$$Y(t) = K_p \cdot E(t) + \frac{1}{T_i}\int_0^t E(t)dt + T_d \frac{dE(t)}{dt}, \qquad (8.91.3)$$

для змішаної структури регулятора передатна функція має вигляд:

$$Y(t) = K_p \cdot E(t) + \frac{Kp}{T_i}\int_0^t E(t)dt + T_d \frac{dE(t)}{dt}, \qquad (8.91.4)$$

де: K_p - Коефіцієнт пропорційності регулятора (параметр 14 KP);

T_i – час інтегрування регулятора (параметр 12 TI);

T_d – час диференціювання регулятора (параметр 13 TD).

Сумарно: при використанні змішаної структури регулятора порівняно з паралельною вплив інтегральної складової Ti збільшується в Kp раз.

Формули (8.91.3) та (8.91.4) відповідають передатним функціям аналогових ПІД-регуляторів. У регуляторах контролера МІК-51 використовуються наближені формули розрахунку передавальних функцій у зв'язку з тим, що МІК-51 є цифровим пристроєм. Відповідно, розрахунок інтегральної та диференціальної складових виконується числовими методами (з високою точністю) з поправкою на дискретизацію у часі значення неузгодженості. Таким чином, передатна функція ПІД-регулятора для паралельної структури має вигляд (8.91.5):

$$Y_i = K_p \cdot E_i + \frac{1}{T_i}\sum_{i=0}^{n} E_i \cdot \Delta t + Td\frac{\Delta E_i}{\Delta t}, \qquad (8.91.5)$$

для змішаної структури регулятора передатна функція має вигляд (8.91.6):

$$Y_i = K_p \cdot E_i + \frac{K_p}{T_i}\sum_{i=0}^{n} E_i \cdot \Delta t + Td\frac{\Delta E_i}{\Delta t}, \qquad (8.91.6)$$

де: K_p - Коефіцієнт пропорційності регулятора (параметр 14 KP);

T_i – час інтегрування регулятора (параметр 12 TI);

T_d – час диференціювання регулятора (параметр 13 TD).

E_i - Різниця між завданням регулятора і поточним значенням Ti контрольованої величини;

ΔE_i - Різниця між двома сусідніми значеннями E_i і E_{i-1};

Δt - час між двома сусідніми вимірами T_i і T_{i-1};

$\sum_{i=0}^{n} E_i$ -Накопичена інтегральна сума неузгодженостей.

Параметр 04 nTYPE відповідає за тип імпульсного ПІД-регулятора.

04 nTYPE= 0 – використовується імпульсний ПІД-регулятор без зворотного зв'язку за положенням виконавчого механізму (ІМ). Положення ІМ розраховується програмно.

04 nTYPE= 1 – використовується імпульсний ПІД-регулятор разом із давачом положення виконавчого механізму.

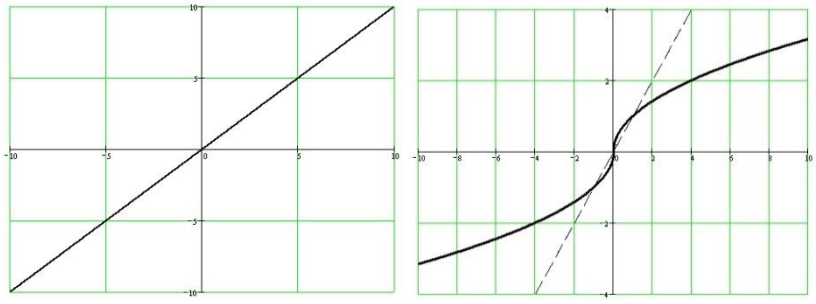
Параметр 05 dCAS_En дозволяє або забороняє роботу в режимі КУ:

05 dCAS_En= 0 – каскадний режим роботи заборонено незалежно від значення параметра 08 nMODE та сигналу на вході 03 eCAS;

05 dCAS_En= 1 – каскадний режим роботи дозволено.

Параметром 06 nCNV вибирається один із шести типів математичного перетворення:

1. $E_{вых} = E$; (Значення 06 nCNV = 0)
2. $E_{вых} = \sqrt{|E|}$; (Значення 06 nCNV = 1)
3. $E_{вых} = \log E$; (Значення 06 nCNV = 2)
4. $E_{вых} = e^{E}$; (Значення 06 nCNV = 3)
5. $E_{вых} = E^{2}$; (Значення 06 nCNV = 4)
6. $E_{вых} = \frac{1}{E}$. (Значення 06 nCNV = 5)



$E_{вых} = E$ ——— $E_{вых} = \sqrt{|E|}$,------ $E_{вых} = E$

(показано для порівняння з функцією $E_{вых} = \sqrt{|E|}$)

Рисунок 8.91.3 – Графік обробки сигналу неузгодженості

При виборі параметра 06 nCNV = 0 ($E_{вых} = E$) сигнал неузгодженості проходить через цей блок без зміни (рисунок 8.91.3). Якщо вибрано параметр 06 nCNV = 1, то на виході блоку отримаємо сигнал на рисунку 8.91.4. У цьому випадку, при малому неузгодженні, вихідний сигнал неузгодженості буде більшим, ніж вхідний. Таким чином, регулятор швидше реагуватиме при малих значеннях неузгодженості. Але при великих значеннях неузгодженості вихідний сигнал неузгодженості буде значно менше вхідного, тому регулятор буде повільніше реагувати, ніж при лінійному перетворенні. Зворотний закон буде для 06 nCNV = 4. При малому неузгодженні вихідний сигнал блоку «тип перетворення» буде меншим від вхідного сигналу, тому регулятор повільніше регулюватиме. Якщо значення неузгодженості буде більшим, наприклад, на 1% від діапазону вимірювання,

Параметр 07 dTRK відповідає за встановлення на виході регулятора безпечної дії. У разі можливих аварійних або позаштатних ситуацій команда 07 dTRK = 1 дозволяє перевести регулятор у режим НАСТУПНОГО керування (СУ). При цьому на виході регулятора встановлюється задане в параметрі 23 TRK_V безпечне положення або відстежується значення цього параметра, якщо він запрограмований як «пов'язаний» (див. опис на Програмний пакет редактор FBD-програм АЛЬФА).

Параметр 08 nMode відповідає за керування режимами роботи регулятора з передньої панелі або по мережі:

1. 08 nMode = 0 - РУЧНИЙ режим (РУ);
2. *08 nMode = 1*– АВТОМАТИЧНИЙ режим (ЛОКАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ – ЛУ);
3. *08 nMode = 2*– АВТОМАТИЧНИЙ режим (КАСКАДНЕ керування – КУ).

Після програмування контролер перебуває у тому режимі, що вказано у параметрі 08*nMode*. Перемикання між режимами роботи описано в розділі 6.2.3 посібника ПРМК.421457.005 РЕ1.

Також режими роботи можна перемикати зовнішніми сигналами, зробивши параметр 08*nMode*"пов'язаним". Тоді на вхід прм(08) подається сигнал із зовнішніх дискретних входів (DIN(06)) або інший сигнал, який використовується у програмі користувача.

При складанні програм з використанням функціонального блоку PID_R(90) необхідно враховувати той факт, що вибір режиму роботи регулятора параметром 08 nMode можливий тільки тоді, коли відповідні входи блоку (*01 eMAN*, 02 eLOC і 03 eCAS) подається логічний «0».

Входи 01 eMAN, 02 eLOC та 03 eCAS призначені для переведення регулятора у відповідний режим роботи. Найвищий пріоритет має вхід 03 eCAS, потім – вхід 02 eLOC. У входу 01 eMAN найнижчий пріоритет. Логіка роботи регулятора PID_IMP_R(91), залежно від сигналів на входах 01 eMAN, 02 eLOC та 03 eCAS (з урахуванням їхньої пріоритетності), відображена в таблиці 8.91.2.

Дискретні виходи 01 dMAN, 02 dLOC та 03 dCAS вказують, у якому режимі роботи знаходиться регулятор у даний момент.

Таблиця 8.91.2 - Логіка роботи регулятора PID_IMP_R(91)

eMAN (РУ, ручне управління)	**eLOC (ЛУ, локальне управління)**	**eCAS (КУ, каскадне управління)**	**Режим роботи регулятора**
0	0	0	Режим роботи регулятора залежить від значення параметра налаштування 08 nMODE: 0 – РУ, 1 – ЛУ, 2 – КУ
0	0	1	КУ
0	1	0	ЛУ
0	1	1	КУ
1	0	0	РУ
1	0	1	КУ
1	1	0	ЛУ
1	1	1	КУ

Параметр 09 Tctrl відповідає за час механізму, тобто час, за який імпульсний виконавчий механізм зі стану «повністю ЗАКРИТИЙ» переходить у стан «повністю ВІДКРИТИЙ» при подачі на нього сигналу «БІЛЬШЕ», і навпаки, зі стану «повністю ВІДКРИТИЙ» у стан «повністю ЗАКРИТИЙ» » при подачі на нього сигналу «МЕНШЕ».

Значення часу механізму вказується у паспорті на імпульсний виконавчий механізм. Параметр "час механізму" використовується для масштабування виходу ПІД-імпульсного регулятора. Наприклад, якщо час механізму 63 с, і він знаходиться в положенні 40% відкрито, то щоб закрити його на 10%, потрібно щоб дискретний вихід МЕНШЕ включився на (8.91.7):

$$M = \frac{T_M}{100\% / \Delta_\%} = \frac{63c}{100\% / 10\%} = 6{,}3c \cdot \qquad (8.91.7)$$

Щоб відкрити на 25%, потрібно дискретний вихід «БІЛЬШЕ» включити на (8.91.8):

$$M = \frac{T_M}{100\% / \Delta_\%} = \frac{63c}{100\% / 25\%} = 15{,}75c \cdot \qquad (8.91.8)$$

Діаграма позиціонування показано рисунку 8.91.5.

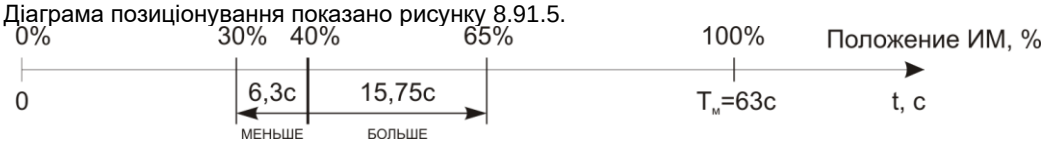


Рисунок 8.91.4 – Діаграма позиціонування виконавчого механізму при керуванні імпульсним ПІД-регулятором

Параметр 10 Tmin відповідає за мінімальну тривалість спрацьовування імпульсу. Спрацьовування та відключення дискретного виходу здійснюється згідно з діаграмою, показаною на рисунку 8.91.5.

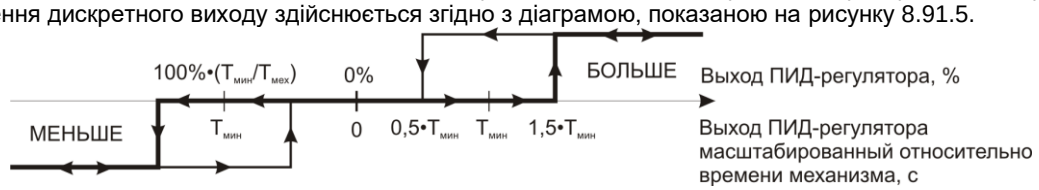


Рисунок 8.91.5 – Діаграма спрацьовування та відключення дискретних виходів при заданій мінімальній тривалості імпульсу

Значення мінімальної тривалості імпульсу вибирається, виходячи з точності регулювання, яку необхідно забезпечити. Чим менша мінімальна тривалість імпульсу, тим точніше буде регулювання. З іншого боку, при цьому збільшується кількість спрацьовуваньдискретних виходів, що у свою чергу призводить до прискореного зносу пускового пристрою та виконавчого механізму.

Формула, за якою можна обчислити мінімальну тривалість імпульсу в залежності від мінімально допустимого значення зміни параметра, має такий вигляд (8.91.9):

$$T_{мин} = \frac{\Delta PV_{мин} \cdot T_{мех}}{K \cdot PV_{RANGE}} = T_{мех} \cdot \frac{\Delta PV_{мин}}{\Delta PV} \cdot \frac{\Delta_{вых}}{100\%}, \qquad (8.91.9)$$

де: $T_{мин}$ -мінімальна тривалість імпульсу;

$\Delta PV_{мин}$ - мінімальна зміна параметра, яка допустима за якістю регулювання;

$T_{мех}$ - Час механізму;

K - передавальний коефіцієнт об'єкта регулювання;

PV_{RANGE} - Діапазон вхідного сигналу;

ΔPV - Зміна параметра при зміні виходу на $\Delta_{вых}$ %.

Наприклад, для діапазону вимірювання температури -50…200 ºС, при допустимому відхиленні від завдання ±4 ºС мінімальне значення зміни параметра $\Delta PV_{мин}$ можна вибрати рівним 2ºС. Час механізму складає 63 с. Якщо закриття/відкриття клапана на $\Delta_{вых} = 10\%$ параметр змінюється на $\Delta PV = 30\,°C$, то значення мінімальної тривалості імпульсу дорівнюватиме:

$$T_{мин} = 63 \cdot \frac{2}{30} \cdot \frac{10}{100\%} = 0.42c.$$

Примітка. При використанні зворотного зв'язку (04 nTYPE = 1) потрібно ретельніше вибирати параметр 10 tMIN, враховуючи, що він повинен бути більшим, ніж при використанні внутрішнього зворотного зв'язку (04 nTYPE = 0).

Параметр 11 Tdly відповідає за час затримки між включеннями виходу «БІЛЬШЕ» та виходу «МЕНШЕ». Цей параметр використовується для унеможливлення одночасної подачі сигналів «БІЛЬШЕ» - «МЕНШЕ», що могло б призвести до короткого замикання. Значення цього параметра вибирається в залежності від потужності пускового пристрою виконавчого механізму і становить від 0,1 до 4 с.

Параметр 12 TI відповідає за час інтегрування регулятора.

Параметр 13 TD відповідає за час диференціювання регулятора.

Параметр 14 KP відповідає за коефіцієнт посилення регулятора.

Параметр15 SP відповідає за завдання регулятора.

Параметр 16 SP_EXT відповідає за використання зовнішнього завдання регулятора. У разі використання зовнішнього завдання параметр 16 SP_EXT потрібно зробити «пов'язаним». При цьому в блоці з'явиться вхід під назвою прм(16), на який подається сигнал зовнішнього завдання. Зовнішнім завданням може бути сигнал аналогового входу контролера (блоку AIN(05)), програмного задавача (TM_PRG(57)) або будь-який інший аналоговий сигнал, що використовується в програмі користувача.

Параметр 17 OUT використовується для керування дискретними виходами імпульсного регулятора з верхнього рівня (наприклад, SCADA-системи). У ручному режимі роботи регулятора, запис у цей параметр за інтерфейсом числа у відсотковій шкалі (0…100%) в залежності від знака числа призведе до переміщення виконавчого механізму на відкриття або закриті регулюючого органу на задане значення у відсотках. Після зупинки виконавчого механізму значення параметра 17 OUT автоматично обнулиться.

Параметр 18 PV_r- Діапазон зміни регульованого параметра. Параметр відповідає за масштабування сигналу за шкалою 0-100% щодо діапазону вхідного сигналу.

У більшості випадків параметр 18 PV_r задається рівним діапазону вимірювання давача. Наприклад, для вимірювання температури термометром опору ТСМ 50М з граничними межами вимірювання -50,0 ºС... +200,0 ºС, діапазон вимірювання дорівнюватиме 250 ºС, тобто 18 PV_r = 250. Для такого діапазону вхідного параметра при завданні SP = 50 ºС та параметр PV = 60 ºС неузгодженість становитиме E = 10 ºС, що відповідає 4% від діапазону вимірювання. У деяких випадках, коли діапазон вимірювання давача більший, а діапазон регулювання значно менше, діапазон вхідного сигналу можна задавати менше діапазону вимірювання давача. Для наведеного вище прикладу, якщо діапазон регулювання температури становить 20...120 ºС, то діапазон вимірювання дорівнюватиме 100 ºС, (18 PV_r = 100). При такому діапазоні вхідного параметра при завданні SP = 50 ºС і параметрі PV = 60 ºС, неузгодженість становитиме ті ж E = 10 ºС, але у відсотковому відношенні це дорівнює 10%. Таким чином, зменшивши діапазон вхідного сигналу, можна досягти кращої чутливості регулятора.

При зменшенні параметра 18 PV_r слід врахувати, що при цьому збільшується чутливість до коливань вхідного сигналу, яка може виникати від зовнішніх впливів і негативно відбиватися як регулювання, особливо при використанні диференціальної складової або великого коефіцієнта посилення.

Параметр 19 SP_h відповідає за верхнє обмеження завдання регулятора.

Параметр 20 SP_l відповідає за нижнє обмеження завдання регулятора.

При введенні внутрішнього завдання з передньої панелі зміна нижче параметрів 19 SP_h і 20 SP_l заблоковано. Якщо при зміні зовнішнього завдання параметр, значення якого надходить на вхід прм(16), більше (менше) від значення заданого в параметрі 19 SP_h (20 SP_l), то на суматор надходить значення, що дорівнює значенню 19 SP_h (20 SP_l). Діаграма обмеження завдання представлена на рисунку 8.91.6.

Якщо параметр*19SP_h*дорівнює параметру 20 SP_l, то завдання буде постійним і рівним SP = 19 SP_h = 20 SP_l.

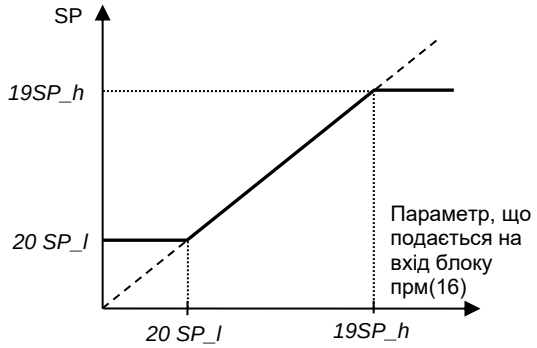


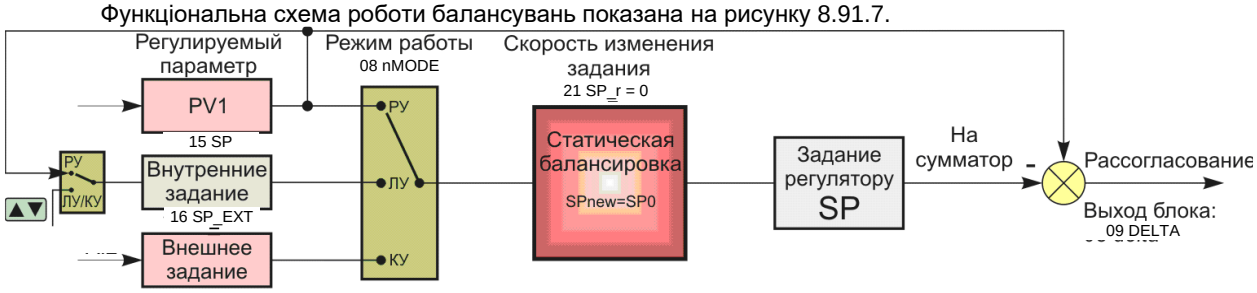
Рисунок 8.91.6 – Діаграмаобмеження зовнішнього завдання

Параметр 21 SP_r відповідає за швидкість зміни завдання (тех. одиниць на хвилину). Залежно від значення параметра 21 SP_r, є два режими балансування:

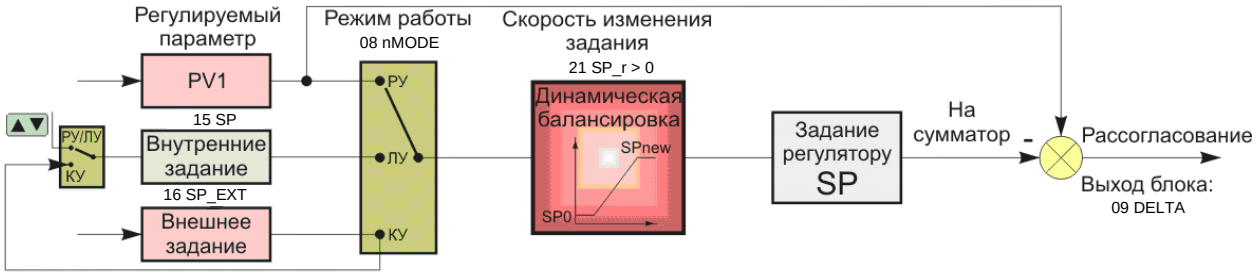
1.*21SP_r*= 0 – статичне балансування,

2. 21 SP_r≠0 – динамічне балансування.

Функціональна схема роботи балансувань показана на рисунку 8.91.7.



а) статичне балансування



б) динамічне балансування

Рисунок 8.91.7 – Функціональна схема балансувань ПІД-регулятора блоку PID_IMP_R(91)

Примітка. На схемі умовно показано положення перемикачів для ручного режиму регулятора.

При використанні динамічного балансування в каскадному режимі керування (із зовнішнім завданням) слід враховувати, що зміна зовнішнього завдання буде обмежена параметрами 19 SP_h та 20 SP_l, а швидкість зміни - параметром 21 SP_r.

На рисунку 8.91.8 штриховий лінією показано зміна зовнішнього завдання, поданого на вхід прм(16), а суцільний лінією – реальна зміна впливу регулятора, що задає. На відрізку АБ швидкість зміни зовнішнього

задає впливу менше швидкості зміни завдання, зазначеної в параметрі 21 SP_r, тому завдання дорівнює зовнішньому впливу, що задає. На відрізку БВ зовнішнє вплив, що задає, змінюється з більшою швидкістю, ніж швидкість зміни завдання. На даному графіку швидкість зміни впливу, що задає, представлена кутом нахилу відрізка $tg(\beta) = \frac{\Delta прм(16)}{\Delta t}$, а швидкість зміни завдання $tg(\alpha) = \frac{\Delta SP}{\Delta t} = 21\,SP_r$. Отже, при $tg(\beta) > tg(\alpha)$ Завдання регулятору буде обмежуватися швидкістю зміни завдання, і зміняться - по відрізку БГ, а не БВ-ВГ. Аналогічним буде обмеження швидкості при зменшенні зовнішнього завдання.

Рисунок 8.91.8 – Діаграмаобмеження швидкості зовнішнього завдання

Таблиця 8.91.3 - Функції режимів балансування ПІД-імпульсного регулятора блоку PID_IMP_R(91)

	Статичне балансування	Динамічна балансування
Зміна внутрішньої заданої точки (з передньої панелі або за інтерфейсом)	Внутрішнє завдання стрибкоподібно набуває значення нового завдання **SPOLD → SPNEW**	Внутрішнє завдання починає змінюватися від значення старого завдання до введеного нового завдання зі швидкістю зміни завдання*21 SP_r* **SPOLD → SPNEW**
Перемикання режиму роботи **РУ**→ ЛУ	При перемиканні завдання приймає значення параметра, що вимірюється **SP = PV**	Завдання починає змінюватися від значення параметра до значення внутрішнього завдання зі швидкістю зміни завдання*21 SP_r* **PV → SP**
Перемикання режиму роботи **ЛУ**→ РУ	Завдання стрибкоподібно набуває значення вимірюваного параметра **SP → PV**	Завдання не змінюється **SP**
Перемикання режиму роботи **ЛУ**→ КУ	Значення завдання стрибкоподібно змінюється з внутрішнього на зовнішнє **SPВНУТР → SPЗОВНІШ**	Завдання починає змінюватися від значення внутрішнього значення до зовнішнього зі швидкістю зміни завдання*21 SP_r* **SPВНУТР → SPЗОВНІШ**
Перемикання режиму роботи **КУ**→ ЛУ	Внутрішнє завдання набуває значення зовнішнього задавача **SPВНУТР = SPЗОВНІШ**	Внутрішнє завдання набуває значення зовнішнього задавача **SPВНУТР = SPЗОВНІШ**
Перемикання режиму роботи **КУ**→ РУ	Внутрішнє завдання набуває значення зовнішнього задавача **SPВНУТР = SPЗОВНІШ**	Внутрішнє завдання набуває значення зовнішнього задавача **SPВНУТР = SPЗОВНІШ**

Параметр 22 POZ-становище виконавчого механізму. Якщо використовується зовнішній зворотний зв'язок, параметр 22 POZ потрібно зробити «пов'язаним» і на вхід прм(22) подати сигнал від давача положення виконавчого механізму. При цьому на дисплеї ВІХІД індикуватиметься реальне значення положення виконавчого механізму.

Параметр 23 TRK_V відповідає за значення безпечного впливу (працює лише разом із параметром 07 dTRK). Цей параметр можна зробити «пов'язаним», використовуючи для різних ситуацій різне значення безпечного впливу.

Якщо регулятор переведений в режим СУ (параметр 07 dTRK = 1), то блок установки безпечного значення керуючого впливу відключить регулюючий сигнал ПІД-регулятора, а на виході встановлює вплив, заданий користувачем параметрі 23 TRK_V, причому можливі три варіанти:

1. *23 TRK_V = 0* -дискретний вихід регулятора «МЕНШЕ» буде постійно увімкнено, закриваючи виконавчий механізм.
2. *0 < 23 TRK_V < 100* –стан дискретних виходів визначено.У зв'язку з постійною роботою над удосконаленням програмного забезпечення контролера використовувати таке значення безпечного впливу в програмах користувача не рекомендується.
3. *23 TRK_V = 100* -дискретний вихід регулятора «БІЛЬШЕ» буде постійно увімкнено, відкриваючи виконавчий механізм.

Параметр 24 MAX відповідає за верхнє значення сигналізації відхилення регульованого параметра від заданої точки. Якщо параметр дорівнює уставці MAX або перевищує її (PV≥SP+MAX), спрацьовує сигналізація MAX. Відповідно, на передній панелі почне світитися світлодіод.▲а на виході 04 dMAX блоку PID_IMP_R(91) встановиться логічна одиниця.

Параметр 25 MIN відповідає за нижнє значення уставки сигналізації відхилення регульованого параметра заданої точки. Якщо параметр дорівнює або менше уставки MIN (PV≤SP-MIN), то спрацює сигналізація MIN. На передній панелі світитиметься світлодіод▼а на виході 05 dMIN блоку PID_IMP_R(91) встановиться логічна одиниця.

Параметр 26 HYS відповідає за гістерезис сигналізації параметра.

Параметр 27 FF_V відповідає за попередження керуючого впливу регулятора. Щоб у блоці ПІД-регулятора з'явився вхід попередження, параметр 27 FF_V потрібно зробити зв'язаним.

Параметр 28 FF_G відповідає за коефіцієнт посилення значення попередження регулятора. Сигнал із входу параметра 27 FF_V посилюється (послаблюється) цим коефіцієнтом.

Параметр 29 FF_h відповідає за верхнє обмеження попередження регулятора.

Параметр 30FF_l відповідає нижнє обмеження попередження регулятора.

Верхнє та нижнє промежування попередження виставляються з міркувань безпеки. Спочатку коефіцієнт посилення попередження K_{FF} встановлюється рівний нулю. Тоді налаштовується ПІД-регулятор без попередження. Коли підібрані коефіцієнти K_p, $\tau_и$ і $T_д$ необхідно почати збільшувати коефіцієнт K_{FF} до тих пір, струму в системі не виникнуть загасаючі коливання при $K_{FFкр}$. Коефіцієнт посилення сигналу попередження обчислюється так (8.91.10):

$$K_{FF} = 0{,}7 \cdot K_{FFкр}, \qquad (8.91.10)$$

де: K_{FF} - Коефіцієнт посилення попередження;

$K_{FFкр}$ - Критичний коефіцієнт посилення попередження, при якому в системі виникають затухаючі коливання.

Параметр 31 COR_V відповідає за корекцію сигналу неузгодженості регулятора. Параметр робиться "пов'язаним" і, відповідно, у блоці з'явиться вхід прм(31). На цей вхід подається сигнал корекції з блоку COR_ST(93) або COR_D(94), який є функцією неузгодженості між параметром корекції та точкою корекції (8.91.11):

$$VAL_{COR} = F(PV2_{COR} - SP_{COR}), \qquad (8.91.11)$$

де, VAL_{COR} - значення сигналу корекції (%), що подається на вхід прм(31) блоку PID_IMP_R(91);

$PV2_{COR}$ - Значення параметра корекції;

SP_{COR} - Значення точки корекції. Для блоку COR_ST(93) це значення постійне і визначається користувачем, а для блоку COR_D(94) – динамічне, змінюється при кожному перемиканні з режиму РУ в режим ЛУ, і приймає значення параметра корекції в момент перемикання $SP_{COR} = PV2_{COR}$;

$F(PV2_{COR} - SP_{COR})$- функція перетворення неузгодженості $PV2_{COR} - SP_{COR}$ яка задається в блоках COR_ST(93) і COR_D(94).

Параметр 32 COR_G відповідає за коефіцієнт посилення сигналу корекції. Чим більший коефіцієнт посилення, тим більший вплив сигналу корекції на сигнал неузгодженості, і навпаки.

Параметр 33 COR_h відповідає за верхнє обмеження сигналу корекції.

Параметр 34 COR_l відповідає за нижнє обмеження сигналу корекції.

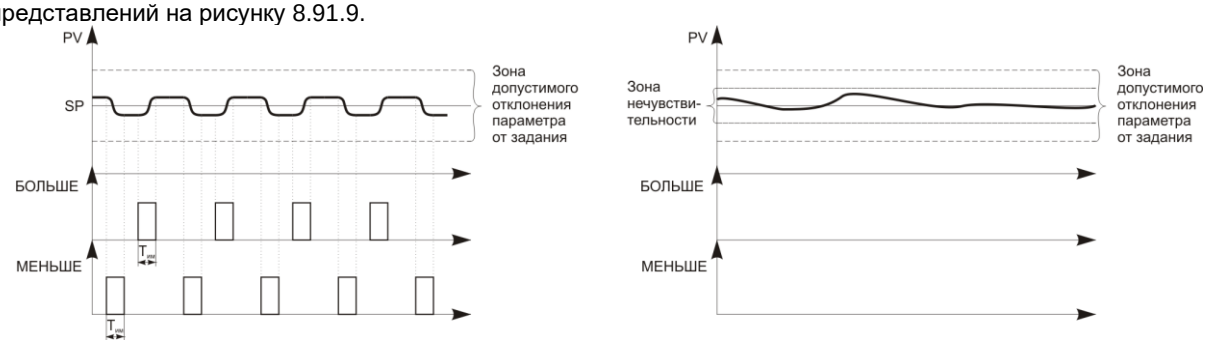
Параметр 35 FB відповідає за величину мертвої зони (у технічних одиницях) імпульсного ПІД-регулятора.

З точки зору покращення якості регулювання, бажано вибрати мінімальну зону нечутливості, але при цьому збільшиться частота спрацьовування ключів «БІЛЬШЕ» - «МЕНШЕ», що у свою чергу призводить до прискореного зносу пускового пристрою та виконавчого механізму. Крім того, при малій зоні нечутливості та великих значеннях мінімальної тривалості імпульсу можуть мати місце автоколивання, що також неприпустимо. Автоколивання будуть відсутніми або мінімальними, якщо величина зони нечутливості буде (8.91.12):

$$\Delta[\text{тех.ед.}] > \frac{PV_{RANGE}}{K_п} \cdot \frac{T_{имп}}{T_{мех}}, \qquad (8.91.1)$$

де: Δ - Зона нечутливості;
PV_{RANGE} - Діапазон вхідного сигналу;
$K_п$ - коефіцієнт посилення;
$T_{имп}$ - Мінімальна тривалість імпульсу;
$T_{мех}$ - Час механізму.

Приклад графіка регулювання параметра без зони нечутливості (а) та з зоною нечутливості (б) представлений на рисунку 8.91.9.



а) регулювання без зони нечутливості б) регулювання із зоною нечутливості
Рисунок 8.91.9 – Регулювання параметра у зоні допустимого відхилення параметра від завдання

При регулюванні параметра без зони нечутливості, коли є невелика неузгодженість, інтегральна складова регулятора починає відпрацьовувати її. Коли сформоване значення вихідного імпульсу досягає значення мінімальної тривалості імпульсу, заданого користувачем параметрі 10 Tmin, спрацьовує відповідний дискретний вихід. Оскільки значення мінімальної тривалості імпульсу ставлять порівняно більшим (для зменшення кількості спрацьовувань виконавчого механізму), то для регулятора з інтегральною складовою без мертвої зони це може призвести до процесу утворення автоколивань (рисунок 8.91.10,а).

Для регулятора із зоною нечутливості, коли значення параметра потрапляє до цієї зони, процес регулювання відключається, і відповідно дискретні виходи також знаходяться у вимкненому стані (рис. 8.91.10,б). У такому разі процес регулювання буде здійснюватися з невеликою статичною помилкою, але зменшується знос виконавчого механізму.

Насправді значення зони нечутливості вибирають рівним половині відхилення регулятора, що вважатимуться припустимим за умовами експлуатації. Тобто якщо при регулюванні температури із завданням 250 ºС нормальним вважається відхилення параметра від завдання на ±6 ºС, то значення зони нечутливості вибирають рівним 3 ºС.

Принцип роботи функціонального блоку

Функціональну схему імпульсного ПІД-регулятора з розширеною схемою переходу між режимами роботи (РУ/ЛУ/КУ) представлено на рисунку 8.91.10.

Значення регульованого параметра надходить на вхід 01 PV блоку та відображається на дисплеї ПАРАМЕТР. У параметрі 01*nDISP* задається номер дисплея регулятора. Значення 01 nDISP = 0 робить регулятор невидимим із передньої панелі.

Регульований параметр надходить на вузол Сигналізація (5), де визначається відхилення регульованого параметра від заданої точки (девіаційна сигналізація). Даний вузол формує дискретні сигнали dMIN та dMAX, які надходять на виходи 05 та 04 блоку PID_IMP_R(91). Крім того, ці сигнали безпосередньо «прив'язані» до відповідних сигнальних світлодіодів на передній панелі контролера біля індикатора ПАРАМЕТР.

Наступним вузлом ланцюга обробки регульованого параметра є СУМАТОР (4), причому, значення регульованого параметра надходить на нього зі знаком “+”.

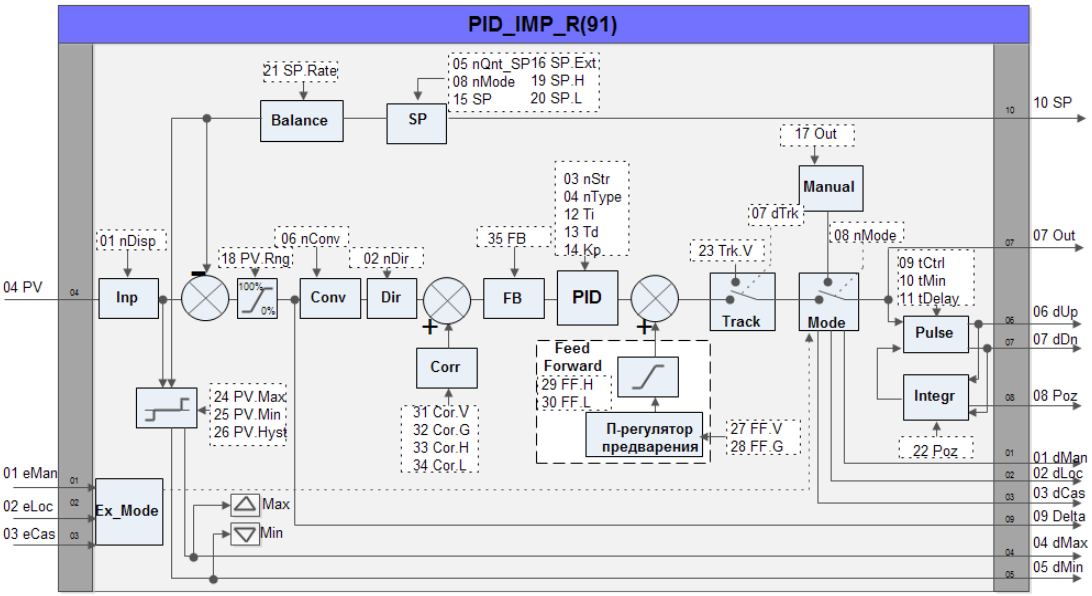


*Рисунок 8.91.10 – Функціональна схема блоку імпульсного ПІД-регулятора*із розширеною схемою переходу між режимами роботи (РУ/ЛУ/КУ)

Вузол формування завдання складається з кількох блоків. Задане значення регульованого параметра (вузол***SP (2)***) обмежено по максимуму та мінімуму параметрами 19 SP_h та 20 SP_l. Значення заданої точки регулятора знаходиться у параметрі 15 SP, який, за потреби, можна зробити зв'язаним. При використанні зовнішньої заданої точки (параметр 05 nQntSP = 2) її значення необхідно записувати в параметр 16 SP_EXT (також зробивши його «пов'язаним»). Параметр 21 SP_r визначає швидкість зміни завдання (технічні одиниці за хвилину). З вузла SP (2) сигнал заданої точки надходить на вихід 10 SP блоку, а також у вузол balance (3).

Вузол BALANCE (3) відповідає заненаголошене (плавне) перемикання або зміна заданої точки. Сигнал із вузла BALANCE (3) надходить на СУМАТОР (4) зі знаком “-”.

На виході суматора формується сигнал неузгодженості між регульованим параметром та завданням у технологічних одиницях: Етех.од. = PV-SP. Цей сигнал масштабується за шкалою 0 – 100% (вузол МАСШТАБУВАННЯ (6)) щодо діапазону зміни PV, що задається у параметрі 18 PV_r. Нормований сигнал неузгодженості можна використовувати у програмі користувача – він подається на вихід 09 DELTA блоку PID_IMP_R(91).

Нормований сигнал неузгодженості після вузла МАСШТАБУВАННЯ (6) надходить на вузол CONV (7) математичного перетворення.

Наступний вузол - DIR (8) - визначає напрямок дії регулятора (вибирається параметром 02 nDIR). При зворотній дії регулятора (02 nDIR = 0), неузгодженість розраховується за формулою $E = -(PV - SP)$.

При прямій дії регулятора (02 nDIR = 1), неузгодженість розраховується за формулою $E = PV - SP$.

Також є можливість використання корекції (вузол CORR (9)) керованого сигналу додаткового параметра. Сигнал неузгодженості E_{PV} після блоку DIR (8) підсумовується значення корекції (8.91.13):

$$E = E_{PV} + \left(COR_G \cdot VAL_{COR}\right)_{COR_l}^{COR_h} \qquad (8.91.1)$$

З формули видно, що вплив на неузгодженість, а відповідно і на регулювання залежить від коефіцієнта посилення 32 COR_G. Чим більший коефіцієнт посилення, тим більший вплив сигналу корекції на сигнал неузгодженості, і навпаки.

Далі сигнал проходить через вузол DB (11) "Зона нечутливості". Налаштування цього блоку виконуються параметром 35 FB.

Наступним кроком сигнал неузгодженості потрапляє на блок ПІД-регулювання ***PID (12)***. ПІД-регулятор побудований таким чином, що в процесі роботи в кожен момент часу t на виході регулятора формуватиметься вплив Y(t) залежно від вхідного сигналу регулятора E(t) (узгодження між вхідним параметром PV та завданням регулятора SP).

Залежність між вхідним сигналом регулятора E(t) та вихідним Y(t) визначає передатна функція регулятора. Алгоритм перетворення містить три складові регулятора: пропорційна (П-складова), інтегральна (І-складова) та диференційна (Д-складова).

З виходу блоку сигнал надходить на СУМАТОР (14). К|до| суматор також підходить сигнал попередження вузла FEED FORWARD (13). Щоб у блоці ПІД-імпульсного регулятора з'явився вхід попередження, параметр 27 FF_V потрібно зробити зв'язаним. Сигнал з цього входу посилюється/послаблюється коефіцієнтом посилення попередження K_{FF}, заданим у параметрі 28 FF_G, обмежується уставками, заданими у параметрах 29 FF_h та 30 FF_l та подається на суматор. Іншими словами, вихідний сигнал з ПІД-регулятора підсумовується вихідним сигналом П-регулятора каналу попередження (рисунок 8.91.11).

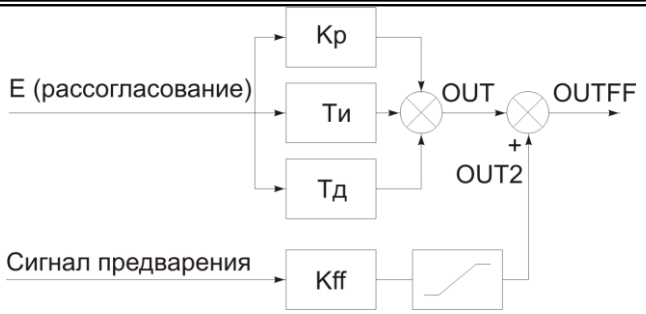


Рисунок 8.91.11 – Функціональна схема формування виходу ПІД-регулятора з попередженням

Далі регулюючий сигнал проходить через блок установки на виході регулятора безпечного значення TRACK (15). Якщо команда на встановлення безпечного положення відсутня, регулюючий сигнал проходить через цей блок без змін. Сигнал команди на встановлення безпечного положення заводиться на вхід прм(07), для чого параметр 07 dTRK потрібно зробити "пов'язаним".

Потім сигнал проходить через блок вибору режиму роботи регулятора MODE (17) (РУЧНИЙ/АВТОМАТ). Вибір режиму роботи регулятора може здійснюватися трьома способами: з передньої панелі контролера; задаватися параметром 08 nMODE; визначаються сигналами на відповідних входах блоку (01 eMAN, 02 eLOC і 03 eCAS, див. таблицю 10.2). В останньому випадку в роботі регулятора буде задіяно блок вибору режиму EX_MODE (20).

В автоматичному режимі роботи регулюючий сигнал ПІД-регулятора управляє дискретними сигналами, а в ручному режимі керування здійснюється з передньої панелі приладу або за інтерфейсом. Якщо керування здійснюється за інтерфейсом, значення переміщення ІМ записується в параметр 17 OUT.

Останньою ланкою ПІД-імпульсного регулятора є імпульсний перетворювач PULSE (18), який після виходу ПІД-регулятора формує імпульсні сигнали «БІЛЬШЕ» - «МЕНШЕ».

Сигнали «БІЛЬШЕ» - «МЕНШЕ» йдуть на виходи блоку 06 dUP та 07 dDN, а також надходять на внутрішній інтегратор INTEGR (19), який формує інтегроване (розраховане) значення положення виконавчого механізму. Це значення виводиться на передній панелі на дисплеї ВИХІД, надходить на вихід 08 POZ, а також може бути використане на верхньому рівні з параметра 22 POZ. Якщо використовується зовнішній зворотний зв'язок, параметр 22 POZ потрібно зробити «пов'язаним» і на вхід прм(22) подати сигнал від давача положення виконавчого механізму. При цьому на дисплеї ВІХІД індикуватиметься реальне значення положення виконавчого механізму.

Приклад застосування

Допустимо, є абстрактний технологічний процес. Воду в ємності необхідно нагріти та підтримувати за певної температури. Для нагрівання води використовується газовий пальник, що знаходиться під ємністю. Інтенсивність горіння регулюється клапаном подачі газу. На рисунку 8.91.12 показано, як це може бути організовано за допомогою імпульсного ПІД регулювання.

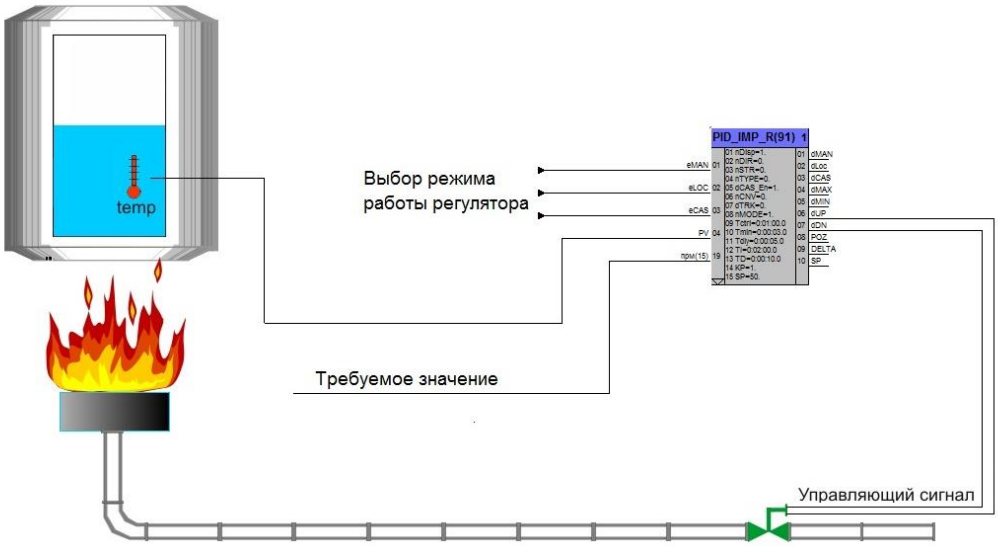


Рисунок 8.91.12 – Застосування імпульсного ПІД-регулятора
із розширеною схемою переходу між режимами роботи (РУ/ЛУ/КУ)

На рисунку 8.91.13 зображено реалізацію прикладу на основі функціонального блоку PID_IMP(62) контролера МІК-51. Значення властивостей блоків цієї програми наведено на рисунках 8.91.14 – 8.91.19. FBD-файл прикладу програми доступний для завантаження з офіційного сайту підприємства МІКРОЛ (Impuls_PID_IMP_R.zip).

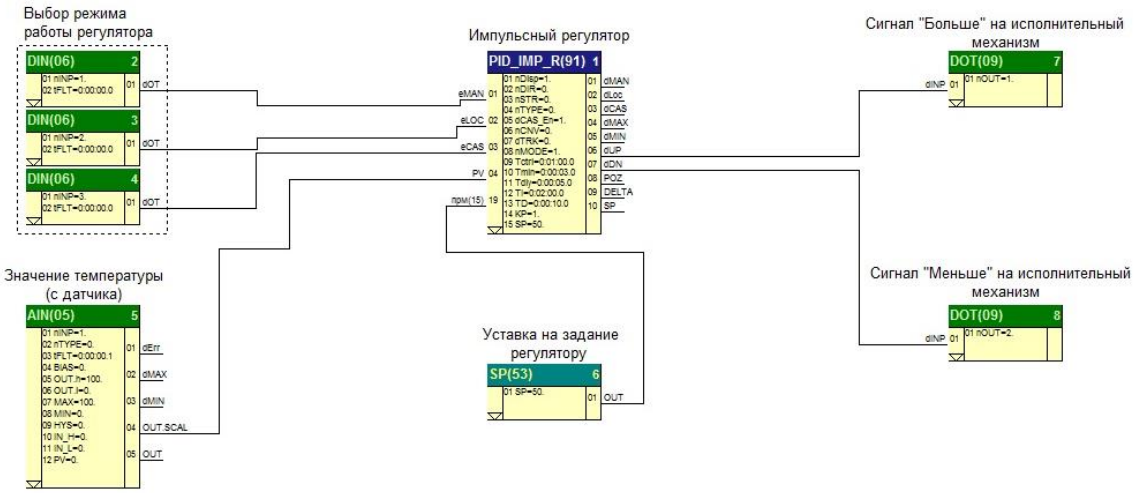
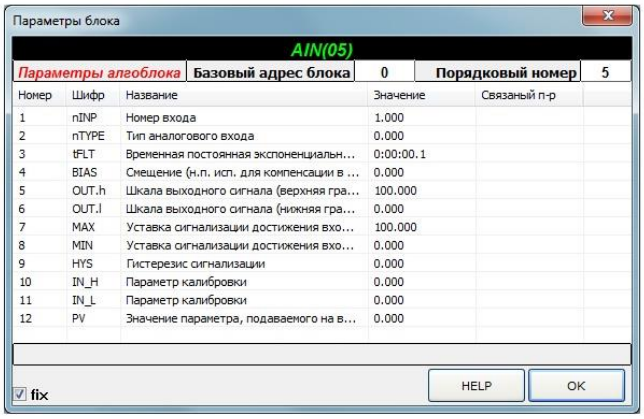


Рисунок 8.91.13 – Реалізація імпульсного ПІД-регулятора з розширеною схемою переходу між режимами роботи (РУ/ЛУ/КУ)



Параметры блока

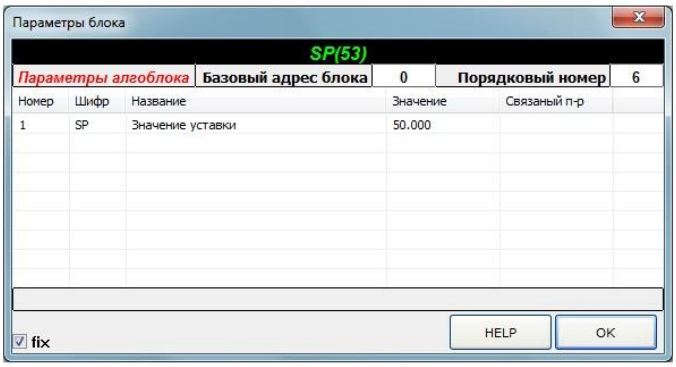
AIN(05)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	0	Порядковый номер	5

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	nINP	Номер входа	1.000	
2	nTYPE	Тип аналогового входа	0.000	
3	tFLT	Временная постоянная экспоненциальн...	0:00:00.1	
4	BIAS	Смещение (н.п. исп. для компенсации в ...	0.000	
5	OUT.h	Шкала выходного сигнала (верхняя гра...	100.000	
6	OUT.l	Шкала выходного сигнала (нижняя гра...	0.000	
7	MAX	Уставка сигнализации достижения вхо...	100.000	
8	MIN	Уставка сигнализации достижения вхо...	0.000	
9	HYS	Гистерезис сигнализации	0.000	
10	IN_H	Параметр калибровки	0.000	
11	IN_L	Параметр калибровки	0.000	
12	PV	Значение параметра, подаваемого на в...	0.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.91.14 - Параметри блоку AIN(05)



Параметры блока

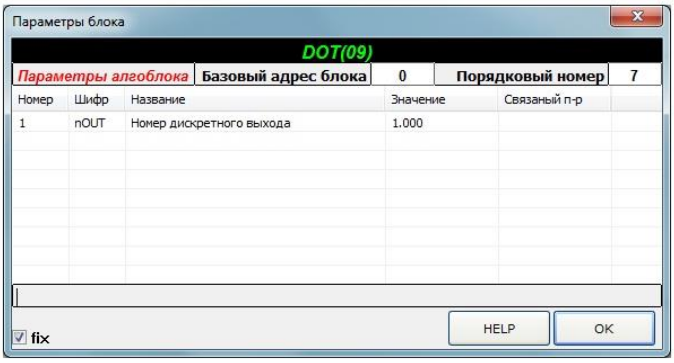
SP(53)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	0	Порядковый номер	6

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	SP	Значение уставки	50.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.91.15 - Параметри блоку SP(53)



Параметры блока

DOT(09)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	0	Порядковый номер	7

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	nOUT	Номер дискретного выхода	1.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.91.16 - Параметри блоку DOT1(09)

Параметры блока

DOT(09)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	0	Порядковый номер	8

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	nOUT	Номер дискретного выхода	2.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.91.17 - Параметри блоку DOT2(09)

Параметры блока

PID_IMP_R(91)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	0	Порядковый номер	1

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	nDisp	Номер дисплея	1.000	
2	nDIR	Направление действия регулятора	0.000	
3	nSTR	Структура регулятора(паралельный, п...	0.000	
4	nTYPE	Тип регулятора: 0-без ОС, 1-с датчиком...	0.000	
5	dCAS...	Разрешение работы в режиме КУ, "0" - з...	1.000	
6	nCNV	Тип преобразования	0.000	
7	dTRK	Команда установки на выходе регулят...	0.000	
8	nMODE	Режим работы	1.000	
9	Tctrl	Время механизма	0:01:00.0	
10	Tmin	Минимальная длительность импульса	0:00:03.0	
11	Tdly	Задержка между включениями	0:00:05.0	
12	TI	Время интегрирования	0:02:00.0	
13	TD	Время диференцирования	0:00:10.0	
14	KP	Коэффициент усиления	1.000	
15	SP	Задание	50.000	связаный п-р
16	SP_EXT	Внешнее задание	0.000	
17	OUT	Выход регулятора	0.000	
18	PV_r	Диапазон входного сигнала	100.000	
19	SP_h	Верхнее ограничение задания	100.000	
20	SP_l	Нижнее ограничение задания	0.000	
21	SP_r	Скорость изменения задания	90.000	
22	POZ	Положение механизма	0.000	
23	TRK_V	Значение безопасного воздействия	0.000	
24	MAX	Сигнализация MAX параметра	100.000	
25	MIN	Сигнализация MIN параметра	0.000	
26	HYS	Гистерезис сигнализации параметра	0.000	
27	FF_V	Вход блока предварения	0.000	
28	FF_G	Усиление канала предварения	0.000	
29	FF_h	Верхнее ограничение предварения	0.000	
30	FF_l	Нижнее ограничение предварения	0.000	
31	COR_V	Вход канала коррекции	0.000	
32	COR_G	Усиление канала коррекции	0.000	
33	COR_h	Верхнее ограничение канала коррекции	0.000	
34	COR_l	Нижнее ограничение канала коррекции	0.000	
35	FB	DB Мертвая зона	0.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.91.18 - Параметри блоку PID_IMP_R(91)

Параметры блока

DIN(06)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	0	Порядковый номер	2

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	nINP	Номер физического входа	1.000	
2	tFLT	Минимальная длительность импульса (...	0:00:00.0	

fix HELP OK

Рисунок 8.91.19 - Параметри блоків DIN(06)

8.93 COR_S (93) - Коректор статичний

Призначення

Функціональний блок використовується для статичної корекції параметрів.

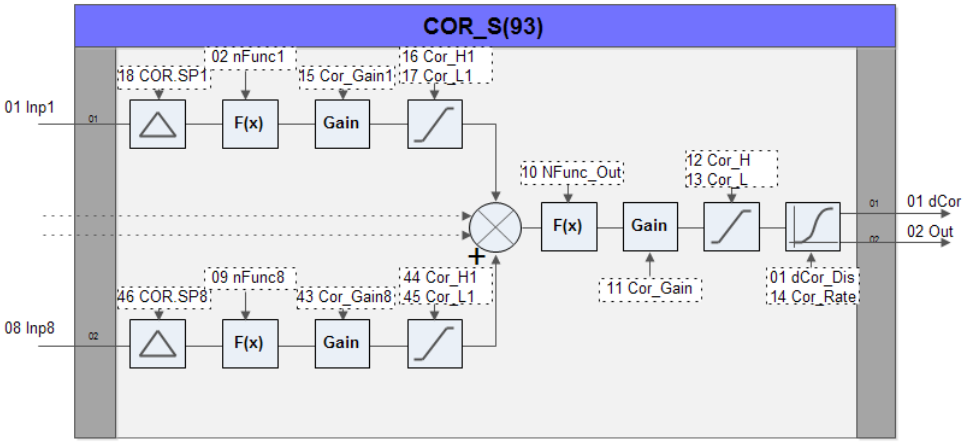


Рисунок 8.93.1 – Функціональна схема блоку «статична корекція» COR_S (93)

Опис функціонального блоку

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 8.93.1.

Таблиця 8.93.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	INP1	Речове		Вхід блоку
02	INP2	Речове		Вхід блоку
…	…			
08	INP8	Речове		Вхід блоку
Параметри				
01	dCOR_DIS	0 / 1	1	Зупинка коректора
02	nFUNC1	0 – 5	0	Функція перетворення сигналу: 0 - y=x 1 - y=SQRT(X) 2 - y=logX 3 - y=e^x 4 - y=x^2 5 - y=1/x
03	nFUNC2	0 – 5	0	
04	nFUNC3	0 – 5	0	
05	nFUNC4	0 – 5	0	
06	nFUNC5	0 – 5	0	
07	nFUNC6	0 – 5	0	
08	nFUNC7	0 – 5	0	
09	nFUNC8	0 – 5	0	
10	nFUNC_OUT	0 – 5	0	
11	COR_GAIN	Речове	1	Посилення сигналу
12	COR_H	Речове	100	Обмеження сигналу (max)
13	COR_L	Речове	0	Обмеження сигналу (min)
14	COR_RATE	Речове	0	Максимальна швидкість зміни вихідного сигналу
15	COR_GAIN1	Речове	1	Посилення сигналу
16	COR_H1	Речове	100	Обмеження сигналу (max)
17	COR_L1	Речове	0	Обмеження сигналу (min)
18	COR_SP1	Речове	0	Точка корекції
	……	Речове		
43	COR_GAIN8	Речове	1	Посилення сигналу
44	COR_H8	Речове	100	Обмеження сигналу (max)
45	COR_L8	Речове	0	Обмеження сигналу (min)
46	COR_SP8	Речове	0	Точка корекції
Виходи				
01	dCOR	0 / 1		Стан блоку коректора (=1–коректор працює)
02	OUT	Речове		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_93.fbx)

Постановка задачі: Потрібно вивести статичну корекцію вхідних сигналів на передню панель контролера.

Рішення:

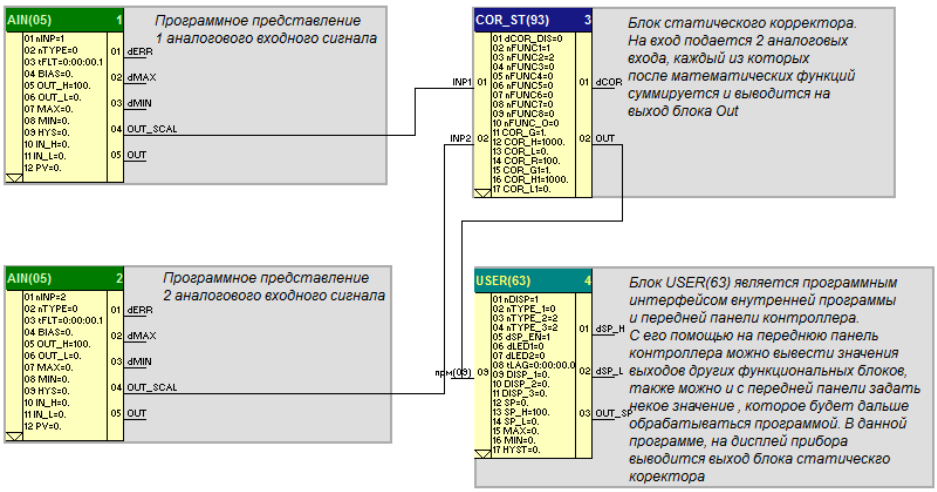


Рисунок 8.93.2 - Приклад роботи блоку COR_ST (93)

8.94 COR_D (94) - Коректор динамічний

Призначення
Функціональний блок застосовується для динамічної корекції параметрів.

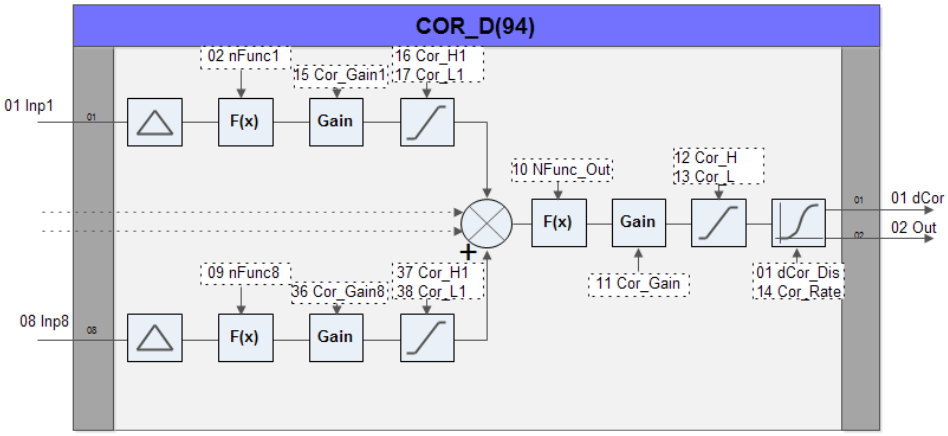


Рисунок 8.94.1 – Функціональна схема блоку коректор динамічний COR_D (94)

Опис функціонального блоку

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 8.94.1.

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Входи				
01	INP1	Речове		Вхід блоку
02	INP2	Речове		Вхід блоку
…	…			
08	INP8	Речове		Вхід блоку
Параметри				
01	dCOR_DIS	0 / 1	1	Зупинка коректора
02	nFUNC1	0 – 5	0	Функція перетворення сигналу: 0 - y=x 1 - y=SQRT(X) 2 - y=logX 3 - y=e^X 4 - y=x^2 5 - y=1/x
03	nFUNC2	0 – 5	0	
…				
09	nFUNC8	0 – 5	0	
10	nFUNC_OUT	0 – 5	0	
11	COR_GAIN	Речове	1	Посилення сигналу
12	COR_H	Речове	100	Обмеження сигналу (max)

Продовження таблиці 8.94.1

13	COR_L	Речове	0	Обмеження сигналу (min)
14	COR_RATE	Речове	0	Максимальна швидкість зміни вихідного сигналу
15	COR_GAIN1	Речове	1	Посилення сигналу
16	COR_H1	Речове	100	Обмеження сигналу (max)
17	COR_L1	Речове	0	Обмеження сигналу (min)
	…….			
36	COR_GAIN8	Речове	1	Посилення сигналу
37	COR_H8	Речове	100	Обмеження сигналу (max)
38	COR_L8	Речове	0	Обмеження сигналу (min)
Виходи				
01	dCOR	0 / 1		Стан блоку коректора (=1-працює).
02	OUT	Речове		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_94.fbx)

Завдання: Необхідно вивести динамічну корекцію вхідних сигналів на передню панель контролера.

Рішення:

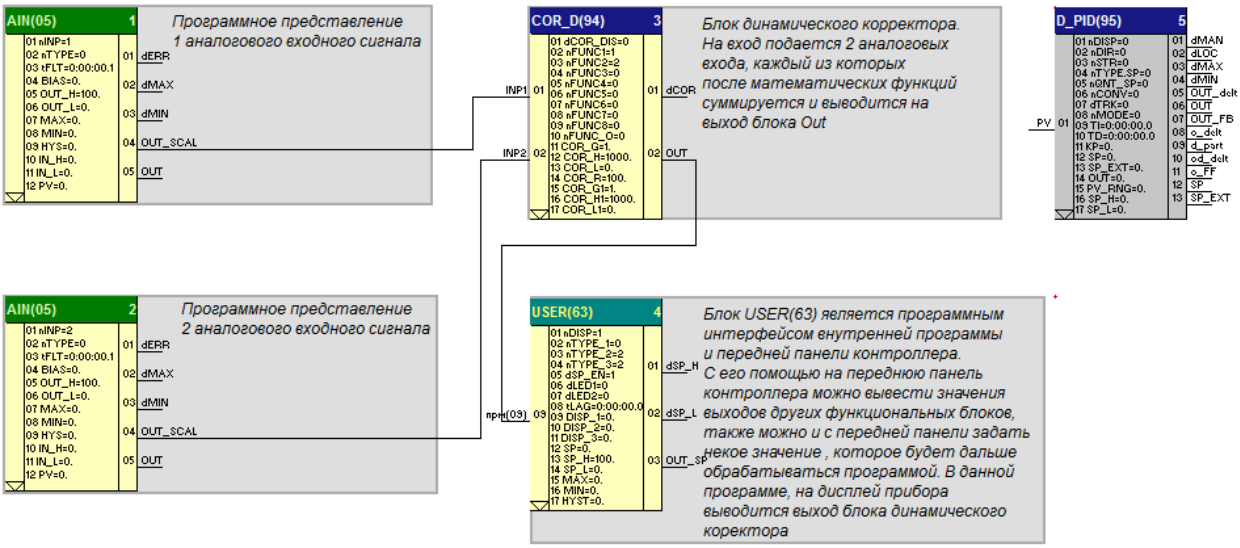


Рисунок 8.94.2 - Приклад роботи блоку COR_D (94)

8.95 D_PID (95) - Дельта-регулятор

Призначення

Функціональний блок (рисунок 8.95.1) призначений для побудови контурів ПІД регулювання з використанням аналогових виконавчих механізмів.

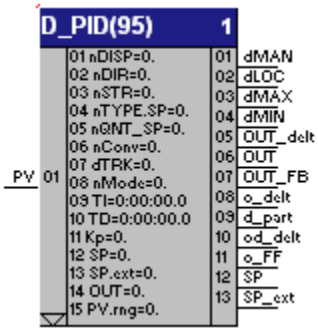


Рисунок 8.95.1 - Функціональний блок D_PID(95)

Функціональний блок D_PID(95) виконує функції настроюваного ПІД-регулятора з додатковими можливостями, такими як:

1. Формування на виході регулятора безпечного впливу зовнішньої команди;
2. 4 режими роботи:
   - ручний – керування з передньої панелі;
   - локальний – керування ПІД-регулятором із внутрішнім завданням;
   - каскадний - керування ПІД-регулятором із зовнішнім завданням або завданням від програмного задавача;
   - стеження - зупинка регулятора з автоматичним стеженням за значенням виходу блоку для подальшого ненаголошеного переходу в інший режим роботи;

3. Функція П регулювання керуючого впливу регулятора;
4. Функція корекції сигналу неузгодженості регулятора.
5. Структура функціонального блоку D_PID(95) дозволяє використовувати кілька блоків, задіяних управління одним контуром. Структуру контуру можна нарощувати як «в довжину» (каскадне та багатокаскадне регулювання), так і «в ширину» (складання паралельних контурів регулювання, коли, наприклад, вимірювальний параметр один, а регулюючих органів – два: в основній лінії та в байпасній) .
6. У структурі регулятора є спеціальний Δ-блок, який за певним законом коригує задану точку, забезпечуючи тим самим ненаголошеність переходів на іншу задану точку будь-якого з регуляторів у каскаді (а не тільки MASTER-регулятора у звичайних схемах) і, крім того, підвищує стійкість системи загалом.
7. Наявність нелінійного негативного ланцюга зворотний зв'язок між регуляторами (FB, FeedBack). Вона забезпечує значне збільшення запасу стійкості системи, а також спрощує її налаштування. Відпрацьовуючи зворотний зв'язок, регулятори самі контролюватимуть у разі виникнення великих значень неузгодженості.
8. Наявність необхідних входів та виходів зворотного зв'язку функціональних блоків дозволяє побудувати на базі кількох D_PID(95) багатозв'язковий регулятор.

Блок здійснює ПІД-алгоритм обробки вхідного сигналу. Компоненти П-, І- та Д-, призначені для обробки вхідного сигналу, можуть бути активізовані або вимкнені в індивідуальному порядку. Це дозволяє конфігурувати П-, ПІ-, ПД- та ПІД-регулятори.

Параметри функціонального блоку

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 8.95.1.

*Таблиця 8.95.*1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	PV			Вхід регулятора
Параметри				
01	nDISP	0 - 9	1	Номер дисплея
02	nDIR	0 / 1	0	Напрямок дії регулятора (0-зворотний, 1-прямий)
03	nSTR	0 / 1	0	Структура регулятора (0-паралельний, 1-мішаний)
04	nTYPE_SP	0 / 1	0	Тип зовнішнього завдання. 0-динамічний, 1-статичний.
05	SP_Q	1, 2	0	1 – внутрішня задана точка; 2 – внутрішня/зовнішня задана точка
06	nCONV	0, 1, 2, 3, 4, 5	0	y=x y=SQRT(X) y=logX y=eX y=x2 y=1/x
07	dTRK	0 / 1	0	Команда установки на виході регулятора безпечного значення дії (параметр 21 TRK_VAL)
08	nMODE	0, 1, 2	0	Режим роботи (0-РУ, 1-ЛУ, 2-КУ)
09	TI	Час	0:02:00:0	Час інтегрування регулятора
10	TD	Час	0:00:00:0	Час диференціювання регулятора
11	KP	Речове	1	Коефіцієнт посилення регулятора
12	SP	Речове	0	Завдання регулятору
13	SP_EXTERN	Речове	0	Зовнішнє завдання регулятора
14	OUT	Речове	0	Вихід регулятора
15	PV_RANGE	Речове	100	Діапазон зміни регульованого параметра
16	SP_H	Речове	100	Обмеження завдання (верхнє)
17	SP_L	Речове	0	Обмеження завдання (нижнє)
18	SP_RATE	Речове	100	Швидкість зміни завдання
19	OUT_H	Речове	100	Обмеження виходу регулятора (верхнє)
20	OUT_L	Речове	0	Обмеження виходу регулятора (нижнє)
21	TRK_VAL	Речове	0	Значення безпечного впливу
22	PV_MAX	Речове	0	Уставки сигналізації відхилення регульованого параметра від заданої точки (девіаційна сигналізація)
23	PV_MIN	Речове	0	

Продовження таблиці 8.95.1

24	PV_HYS	Речове	0	Гістерезис сигналізації параметра
25	FF_VAL	Речове	0	Попередження керуючого впливу регулятора
26	FF_GAIN	Речове	0	Коефіцієнт посилення попередження
27	FF_H	Речове	0	Обмеження попередження (верхнє)
28	FF_L	Речове	0	Обмеження попередження (нижнє)
29	COR_VAL	Речове	0	Вхід ланки корекції регульованого параметра регулятора
30	COR_GAIN	Речове	0	Коефіцієнт посилення сигналу корекції
31	COR_H	Речове	0	Обмеження сигналу корекції (верхнє)
32	COR_L	Речове	0	Обмеження сигналу корекції (нижнє)
33	FB	Речове	0	Зворотній зв'язок
Виходи				
01	dMAN	0 / 1		Стан регулятора
02	dLOC	0 / 1		Використовувана задана точка
03	dMAX	0 / 1		Сигналізація перевищення вхідним параметром уставки MAX
04	dMIN	0 / 1		Сигналізація перевищення вхідним параметром уставки MIN
05	DELTA	Речове		Узгодження регулятора
06	OUT	Речове		Вихід функціонального блоку
07	OUT_FB	Речове		Значення сигналу попередження
08	Old_DELTA	Речове		Попереднє значення неузгодженості регулятора
09	D_part	Речове		Значення диференціальної частини ПІД регулятора
10	Old_DDELTA	Речове		Попереднє значення диференціалу неузгодженості регулятора
11	Old_FF	Речове		Попереднє значення сигналу попередження
12	SP	Речове		Внутрішнє завдання регулятора
13	SP_EXT	Речове		Зовнішнє завдання регулятора

Параметр 01*nDisp* задає номер дисплея регулятора. Максимальна кількість регуляторів, що використовуються в програмі контролера (ПІД - аналогових, ПІД - імпульсних, ПІД - каскадних а також дельта-регуляторів) - 9. Кожен регулятор повинен мати свій унікальний номер, за яким буде проводитися ідентифікація регуляторів на передній панелі контролера (дисплей №) .

Параметр 02 nDIR визначає напрямок дії регулятора. При зворотній дії регулятора (02 nDIR = 0) неузгодженість розраховується за формулою $E = -(\mathrm{PV} - \mathrm{SP})$. Вихід регулятора збільшуватиметься, якщо регульований параметр буде меншим за завдання, і навпаки, зменшуватиметься, якщо регульований параметр буде більшим за завдання (8.95.1):

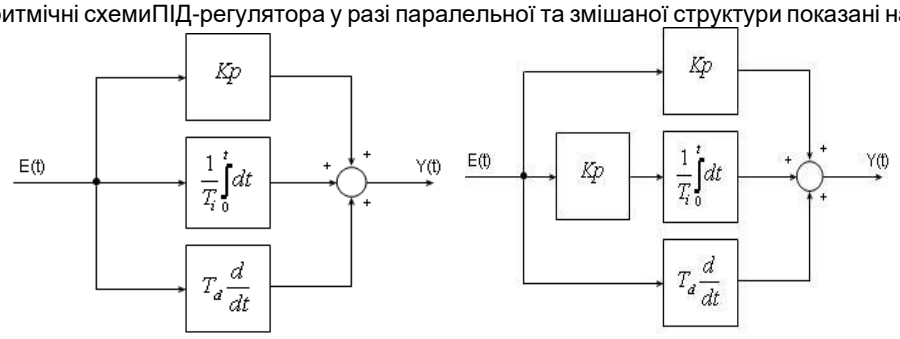
02 nDIR = 0:
$$\begin{aligned} &\mathrm{PV} < \mathrm{SP} \Rightarrow \mathrm{OUT} \uparrow \\ &\mathrm{PV} > \mathrm{SP} \Rightarrow \mathrm{OUT} \downarrow \end{aligned} \qquad (8.95.1)$$

При прямій дії регулятора (*02*nDIR = 1), неузгодженість розраховується за формулою $E = \mathrm{PV} - \mathrm{SP}$. Вихід регулятора збільшуватиметься, якщо регульований параметр буде більшим за завдання, і навпаки, зменшуватиметься, якщо регульований параметр буде меншим за завдання (8.95.2):

02 nDIR = 1:
$$\begin{aligned} &\mathrm{PV} > \mathrm{SP} \Rightarrow \mathrm{OUT} \uparrow \\ &\mathrm{PV} < \mathrm{SP} \Rightarrow \mathrm{OUT} \downarrow \end{aligned} \qquad (8.95.2)$$

Параметр 03 nSTR визначає структуру регулятора:
1. 03 nSTR = 0 – паралельна;
2. 03 nSTR = 1 – змішана.

Алгоритмічні схемиПІД-регулятора у разі паралельної та змішаної структури показані на рисунку 8.95.2.



а) б)

а – паралельна структура ПІД-регулятора; б – змішана структура ПІД-регулятора.
Рисунок 8.95.2 – Структури ПІД-регулятора

Згідно з малюнком 8.95.2 для паралельної структури регулятора передатна функція має вигляд:

$$Y(t) = K_p \cdot E(t) + \frac{1}{T_i}\int_0^t E(t)\mathrm{dt} + T_d\frac{\mathrm{dE}(t)}{\mathrm{dt}}, \quad (8.95.3)$$

для змішаної структури регулятора передатна функція має вигляд:

$$Y(t) = K_p \cdot E(t) + \frac{\mathrm{Kp}}{T_i}\int_0^t E(t)\mathrm{dt} + T_d\frac{\mathrm{dE}(t)}{\mathrm{dt}}, \quad (8.95.4)$$

де: K_p- Коефіцієнт пропорційності регулятора (параметр 11 Kp);
T_i - час інтегрування регулятора (параметр 09 TI);
T_d - час диференціювання регулятора (параметр 10 ТД).

Сумарно: при використанні змішаної структури регулятора порівняно з паралельною вплив інтегральної складової Ti збільшується в Kp раз.

Формули (8.95.3) та (8.95.4) відповідають передатним функціям аналогових ПІД-регуляторів. У регуляторах контролера МІК-51 використовуються наближені формули розрахунку передавальних функцій у зв'язку з тим, що МІК-51 є цифровим пристроєм. Відповідно, розрахунок інтегральної та диференціальної складових виконується числовими методами (з високою точністю) з поправкою на дискретизацію у часі значення неузгодженості. Таким чином, передатна функція ПІД-регулятора для паралельної структури має вигляд (8.95.5):

$$Y_i = K_p \cdot E_i + \frac{1}{T_i}\sum_{i=0}^{n} E_i \cdot \Delta t + \mathrm{Td}\frac{\Delta E_i}{\Delta t}, \quad (8.95.5)$$

для змішаної структури регулятора передатна функція має вигляд (8.95.6):

$$Y_i = K_p \cdot E_i + \frac{K_p}{T_i}\sum_{i=0}^{n} E_i \cdot \Delta t + \mathrm{Td}\frac{\Delta E_i}{\Delta t}, \quad (8.95.6)$$

де: K_p- Коефіцієнт пропорційності регулятора (параметр 11 Kp);
T_i - час інтегрування регулятора (параметр 09 TI);
T_d - час диференціювання регулятора (параметр 10 ТД).
E_i - різницю між завданням регулятора та поточним значенням Ti контрольованої величини;
ΔE_i - Різниця між двома сусідніми значеннямиE_iіE_{i-1};
Δt - час між двома сусідніми вимірамиT_iіT_{i-1};
$\sum_{i=0}^{n} E_i$ -Накопичена інтегральна сума неузгодженостей.

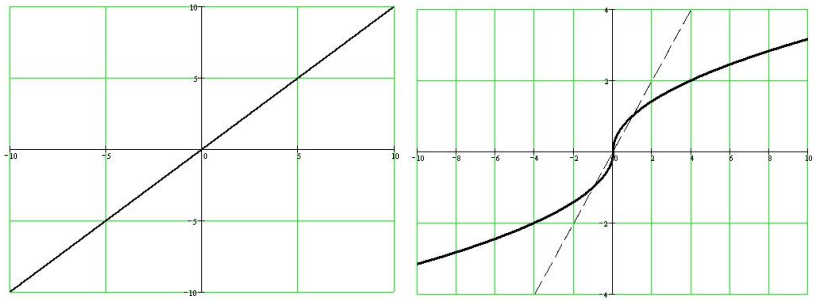
Параметр 04 nTYPE.SP відповідає за функціонування дельта-блоку ПІД-регулятора (0 – увімкнено, 1 – вимкнено). Дельта блок відповідає за корекцію зовнішньої заданої точки. Зовнішнє завдання може надходити на обробку блок регулятора як безпосередньо (параметр 04 nTYPE.SP = 1), так і через дельта-блок (параметр 04 nTYPE.SP = 0), на виході якого формується значення приросту зміни зовнішнього завдання.

Параметр 05 nQnt_SP відповідає за кількість завдань, що використовуються:
1 – внутрішня задана точка;
2 – внутрішня/зовнішня задана точка.
При виборі 05 nQnt_SP = 1, регулятор працюватиме лише у двох режимах: ручний режим – керування виходом вручну з передньої панелі контролера клавішами “більше”-“менше” або з верхнього рівня (ПК) та локальний режим – керування ПІД-регулятором з внутрішнім завданням.
При 05 nQnt_SP = 2 регулятор може працювати ще третьому режимі – КАСКАДНОМУ.

Параметром 06 nConv вибирається один із шести типів математичного перетворення:
1.$E_{\text{вых}} = \mathrm{E}$; (Значення 06 nConv = 0)
2.$E_{\text{вых}} = \sqrt{|\mathrm{E}|}$; (Значення 06 nConv = 1)
3.$E_{\text{вых}} = \log E$; (Значення 06 nConv = 2)
4.$E_{\text{вых}} = e^{E}$; (Значення 06 nConv = 3)

5.$\mathrm{E}_{\text{вых}} = \mathrm{E}^2$; (Значення 06 nConv = 4)
6.$E_{\text{вых}} = \frac{1}{E}$. (Значення 06 nConv = 5)

При виборі параметра 06 nConv = 0 ($E_{\text{вых}} = \mathrm{E}$) сигнал неузгодженості проходить через цей блок без зміни (рисунок 8.95.3). Якщо вибраний параметр 06 nConv = 1, то на виході блоку отримаємо сигнал, представлений на рисунку 8.95.4. У цьому випадку, при малому неузгодженні вихідний сигнал неузгодженості буде більше, ніж вхідний. Таким чином, регулятор швидше реагуватиме при малих значеннях неузгодженості. Але при великих значеннях неузгодженості вихідний сигнал неузгодженості буде значно менше вхідного, тому регулятор буде повільніше реагувати, ніж при лінійному перетворенні. Зворотний закон буде для 06 nConv = 4. При малому неузгодженні вихідний сигнал блоку «тип перетворення» буде меншим від вхідного сигналу, тому регулятор повільніше регулюватиме. Якщо значення неузгодженості буде більшим, наприклад, 1% від діапазону вимірювання,



$E_{вых} = E$ ——-$E_{вых} = \sqrt{|E|}$,------$E_{вых} = E$

(показано для порівняння з функцією $E_{вых} = \sqrt{|E|}$)

Рисунок 8.95.3 – Графік обробки сигналу неузгодженості

Параметр 07 dTRK відповідає за встановлення на виході регулятора безпечної дії. У разі можливих аварійних або позаштатних ситуацій команда 07 dTRK = 1 дозволяє перевести регулятор у режим НАСТУПНОГО керування (СУ). При цьому на виході регулятора встановлюється задане в параметрі 21 TRK.V безпечне положення або відстежується значення цього параметра, якщо він запрограмований як «пов'язаний».

Параметр 08 nMode відповідає за керування режимами роботи регулятора з передньої панелі або по мережі:

1. 08 nMode = 0 - РУЧНИЙ режим;
2. *08 nMode = 1*– АВТОМАТИЧНИЙ режим (ЛОКАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ – ЛУ);
3. *08 nMode = 2*– АВТОМАТИЧНИЙ режим (КАСКАДНЕ керування – КУ).

Після програмування контролер перебуває у тому режимі, що вказано у параметрі 08*nMode*. Перемикання між режимами роботи описано в розділі 6.2.3 посібника ПРМК.421457.005 РЕ1. Також режими роботи можна перемикати зовнішніми сигналами, зробивши параметр 08 nMode "пов'язаним". Тоді на вхід прм(08) подається сигнал із зовнішніх дискретних входів (DIN(06)) або інший сигнал, який використовується у програмі користувача.

Параметр 09 TI відповідає за час інтегрування регулятора.

Параметр 10 TD відповідає за час диференціювання регулятора.

Параметр 11 Kp відповідає за коефіцієнт посилення регулятора.

Параметр12 SP відповідає за завдання регулятора.

Параметр 13 SP.ext відповідає за використання зовнішнього завдання регулятора. У разі використання зовнішнього завдання параметр 13 SP.ext потрібно зробити «пов'язаним». При цьому в блоці з'явиться вхід під назвою прм(13), на який подається сигнал зовнішнього завдання. Зовнішнім завданням може бути сигнал аналогового входу контролера (блоку AIN(05)), програмного задавача (TM_PRG(57)) або будь-який інший аналоговий сигнал, що використовується в програмі користувача.

У параметр 14 OUT записують встановлене значення аналогового виходу регулятора. З цього значення почне змінюватися вихід регулятора під час переходу з ручного режиму до автоматичного. Також цей параметр використовується для керування виходом регулятора з верхнього рівня (наприклад, SCADA-системи).

Параметр 15 PV.rng- Діапазон зміни регульованого параметра. Параметр відповідає за масштабування сигналу за шкалою 0-100% щодо діапазону вхідного сигналу.

У більшості випадків параметр 15 PV.rng задається рівним діапазону вимірювання давача. Наприклад, для вимірювання температури термометром опору ТСМ 50М з граничними межами вимірювання -50,0 ºС... +200,0 ºС, діапазон вимірювання дорівнюватиме 250 ºС, тобто 15 PV.rng = 250. Для такого діапазону вхідного параметра при завданні SP = 50 ºС і параметр PV = 60 ºС неузгодженість становитиме E = 10 ºС, що відповідає 4% від діапазону вимірювання. У деяких випадках, коли діапазон вимірювання давача більший, а діапазон регулювання значно менше, діапазон вхідного сигналу можна задавати менше діапазону вимірювання давача. Для наведеного вище прикладу, якщо діапазон регулювання температури становить 20...120 ºС, то діапазон вимірювання дорівнюватиме 100 ºС, (15 PV.rng = 100). При такому діапазоні вхідного параметра при завданні SP = 50 ºС і параметрі PV = 60 ºС, неузгодженість становитиме ті ж E = 10 ºС, але у відсотковому відношенні це дорівнює 10%. Таким чином, зменшивши діапазон вхідного сигналу, можна досягти кращої чутливості регулятора.

При зменшенні параметра 15 PV.rng слід врахувати, що при цьому збільшується чутливість до коливань вхідного сигналу, яка може виникати від зовнішніх впливів і негативно відбиватися як регулювання, особливо при використанні диференціальної складової або великого коефіцієнта посилення.

Параметр 16 SP.h відповідає за верхнє обмеження завдання регулятора.

Параметр 17 SP.l відповідає за нижнє обмеження завдання регулятора.

При введенні внутрішнього завдання з передньої панелі зміна нижче параметрів 16 SP.h і 17 SP_l заблоковано. Якщо при зміні зовнішнього завдання параметр, значення якого надходить на вхід прм(13), більше (менше) від значення, заданого в параметрі 16 SP.h (17 SP.l), то на суматор надходить значення, що дорівнює значенню 16 SP.h (17 SP.l). Діаграма обмеження завдання представлена на рисунку 8.95.4. Якщо параметр 16 SP.h дорівнює параметру 17 SP.l, завдання буде незмінним і рівним SP = 16 SP.h = 17 SP.l.

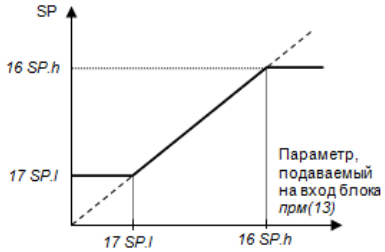


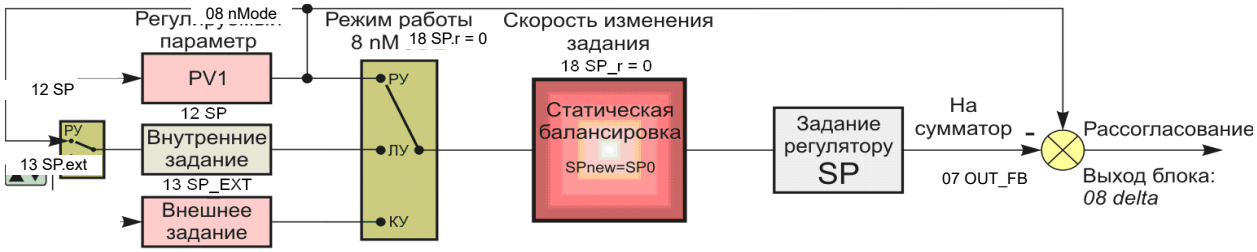
Рисунок 8.95.4 – Діаграма обмеження зовнішнього завдання

Параметр 18 SP.r відповідає за швидкість зміни завдання (тех. одиниць на хвилину). Залежно від значення параметра 18 SP.r, є два режими балансування:

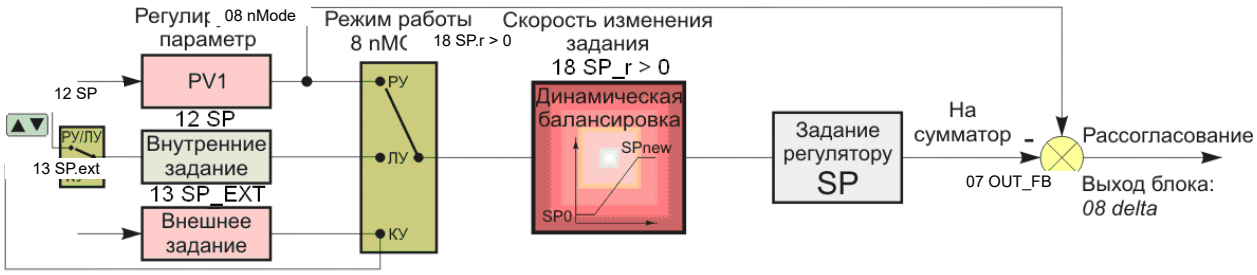
1.*18SP.r*= 0 – статичне балансування,

2. 18 SP.r≠0 – динамічне балансування.

Функціональна схема роботи балансувань показана на рисунку 8.95.5.



а) статичне балансування



б) динамічне балансування

Рисунок 8.95.5 – Функціональна схема балансувань дельта-регулятора блоку D_PID(95)

Примітка. На схемі умовно показано положення перемикачів для ручного режиму регулятора.

При використанні динамічного балансування в каскадному режимі керування (із зовнішнім завданням) слід враховувати, що зміна зовнішнього завдання буде обмежена параметрами 16 SP.h та 17 SP.l, а швидкість зміни - параметром 18 SP.r. На рисунку 8.95.6 штриховою лінією показано зміна зовнішнього завдання, що подається на вхід прм(13), а суцільний лінією – реальна зміна впливу регулятора, що задає. На відрізку АБ швидкість зміни зовнішнього задає впливу менше швидкості зміни завдання, зазначеної в параметрі 18 SP.r, тому завдання дорівнює зовнішньому впливу, що задає. На відрізку БВ зовнішнє вплив, що задає, змінюється з більшою швидкістю, ніж швидкість зміни завдання. На даному графіку швидкість зміни впливу, що задає, представлена кутом нахилу відрізка$\mathrm{tg}(\beta) = \frac{\Delta\text{прм}(13)}{\Delta t}$, а швидкість зміни завдання$\mathrm{tg}(\alpha) = \frac{\Delta \mathrm{SP}}{\Delta t} = 18\ \mathrm{SP}.r$. Отже, при$\mathrm{tg}(\beta) > \mathrm{tg}(\alpha)$Завдання регулятору буде обмежуватися швидкістю зміни завдання, і зміняться - по відрізку БГ, а не БВ-ВГ. Аналогічним буде обмеження швидкості при зменшенні зовнішнього завдання.

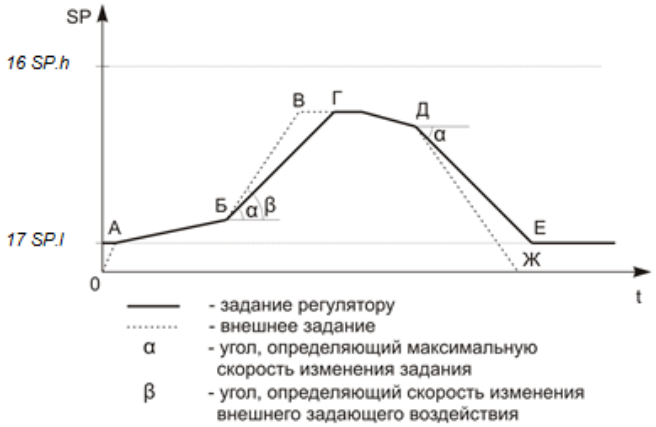


Рисунок 8.95.6 – Діаграмаобмеження швидкості зовнішнього завдання

*Таблиця 8.95.2 – Функції режимів балансувань дельта-регулятора блоку D_*PID(95)

	Статичне балансування	Динамічна балансування
Зміна внутрішньої заданої точки (з передньої панелі або за інтерфейсом)	Внутрішнє завдання стрибкоподібно набуває значення нового завдання **SPOLD ↱ SPNEW**	Внутрішнє завдання починає змінюватися від значення старого завдання до значення введеного нового завдання зі швидкістю зміни завдання*18 SP.r* **SPOLD → SPNEW**
Перемикання режиму роботи **РУ**→ ЛУ	При перемиканні завдання приймає значення параметра, що вимірюється **SP = PV**	Завдання починає змінюватися від значення параметра до значення внутрішнього завдання зі швидкістю зміни завдання*18 SP.r* **PV → SP**
Перемикання режиму роботи **ЛУ**→ РУ	Завдання стрибкоподібно набуває значення вимірюваного параметра **SP ↱ PV**	Завдання не змінюється **SP**
Перемикання режиму роботи **ЛУ**→ КУ	Значення завдання стрибкоподібно змінюється з внутрішнього на зовнішнє **SPВНУТР ↱ SPЗОВНІШ**	Завдання починає змінюватися від значення внутрішнього значення до зовнішнього зі швидкістю зміни завдання*18 SP.r* **SPВНУТР → SPЗОВНІШ**
Перемикання режиму роботи **КУ**→ ЛУ	Внутрішнє завдання набуває значення зовнішнього задавача **SPВНУТР = SPЗОВНІШ**	Внутрішнє завдання набуває значення зовнішнього задавача **SPВНУТР = SPЗОВНІШ**
Перемикання режиму роботи **КУ**→ РУ	Внутрішнє завдання набуває значення зовнішнього задавача **SPВНУТР = SPЗОВНІШ**	Внутрішнє завдання набуває значення зовнішнього задавача **SPВНУТР = SPЗОВНІШ**

Параметр 19 OUT.h відповідає за верхнє обмеження виходу регулятора.

Параметр 20 OUT.l відповідає за нижнє обмеження виходу регулятора.

Параметр 21 TRK.V відповідає за значення безпечного впливу (працює лише разом із параметром 07 dTRK). Цей параметр можна зробити «пов'язаним», використовуючи для різних ситуацій різне значення безпечного впливу.

Якщо регулятор переведено в режим СУ (параметр 07 dTRK = 1), то блок установки безпечного значення керуючого впливу відключить регулюючий сигнал вузла ПІД-регулятора, а на виході встановлює вплив, заданий користувачем параметрі 21 TRK.V.

Параметр 22 MAX відповідає за верхнє значення сигналізації відхилення регульованого параметра від заданої точки. Якщо параметр дорівнює уставці MAX або перевищує її (PV≥SP+MAX), спрацьовує сигналізація MAX. Відповідно, на передній панелі почне світитися світлодіод.▲а на виході dMAX блоку D_PID(95) встановиться логічна одиниця.

Параметр 23 MIN відповідає за нижнє значення уставки сигналізації відхилення регульованого параметра заданої точки. Якщо параметр дорівнює або менше уставки MIN (PV≤SP-MIN), то спрацює сигналізація MIN. На передній панелі світитиметься світлодіод▼а на виході dMIN блоку D_PID(95) встановиться логічна одиниця.

Параметр 24 hys відповідає за гістерезис сигналізації параметра.

Параметр 25 FF.V відповідає за попередження впливу дельта-регулятора. Щоб у блоці регулятора з'явився вхід попередження, параметр 25 FF.V потрібно зробити зв'язаним.

Параметр 26 FF.Gвідповідає за коефіцієнт посилення значення попередження регулятора. Сигнал із входу параметра 25 FF.V посилюється (послаблюється) цим коефіцієнтом.

Параметр 27 FF.h відповідає за верхнє обмеження попередження регулятора.

Параметр 28 *FF.l* відповідає за нижнє обмеження попередження регулятора.

Верхнє та нижнє промежування попередження виставляються з міркувань безпеки. Спочатку коефіцієнт посилення попередженняK_{FF}встановлюється рівний нулю. Тоді налаштовується ПІД-регулятор без попередження. Коли підібрані коефіцієнтиK_p,$\mathrm{T_и}$і$\mathrm{T_д}$необхідно почати збільшувати коефіцієнтK_{FF}до тих пір, поки в системі не виникнуть загасаючі коливання при$K_{\mathrm{FFкр}}$. Коефіцієнт посилення сигналу попередження обчислюється так (8.95.7):

$$K_{\mathrm{FF}} = 0{,}7 \cdot K_{\mathrm{FFкр}}, \qquad (8.95.7)$$

де: K_{FF} - Коефіцієнт посилення попередження;

$K_{\mathrm{FFкр}}$ - Критичний коефіцієнт посилення попередження, при якому в системі виникають затухаючі коливання.

Параметр 29 COR.V відповідає за корекцію сигналу неузгодженості регулятора. Параметр робиться "пов'язаним" і, відповідно, у блоці з'явиться вхід прм(29). На цей вхід подається сигнал корекції з блоку COR_ST(93) або COR_D(94), який є функцією неузгодженості між параметром корекції та точкою корекції (8.95.8):

$$\mathrm{VAL_{COR}} = F(\mathrm{PV2_{COR}} - \mathrm{SP_{COR}}), \qquad (8.95.8)$$

де: $\mathrm{VAL_{COR}}$- значення сигналу корекції (%), що подається на вхід прм(29) блоку PID(60);

$\mathrm{PV2_{COR}}$ - Значення параметра корекції;

$\mathrm{SP_{COR}}$ - Значення точки корекції. Для блоку COR_ST(93) це значення постійне і визначається користувачем, а для блоку COR_D(94) – динамічне, змінюється при кожному перемиканні з режиму РУ в режим ЛУ, і приймає значення параметра корекції в момент перемикання$\mathrm{SP_{COR}} = \mathrm{PV2_{COR}}$;

$F(\mathrm{PV2_{COR}} - \mathrm{SP_{COR}})$ - функція перетворення неузгодженості$\mathrm{PV2_{COR}} - \mathrm{SP_{COR}}$яка задається в блоках COR_ST(93) і COR_D(94).

Параметр 30 COR.G відповідає за коефіцієнт посилення сигналу корекції. Чим більший коефіцієнт посилення, тим більший вплив сигналу корекції на сигнал неузгодженості, і навпаки.

Параметр 31 COR.h відповідає за верхнє обмеження сигналу корекції.

Параметр 32 COR.l відповідає за нижнє обмеження сигналу корекції.

Параметр 33 FB відповідає за зворотний зв'язок. Щоб у блоці дельта-регулятора з'явився вхід зворотного зв'язку, параметр 33 FB потрібно зробити зв'язаним.

Принцип роботи функціонального блоку

Функціональна схема дельта-регулятора представлена на рисунку 8.95.7.

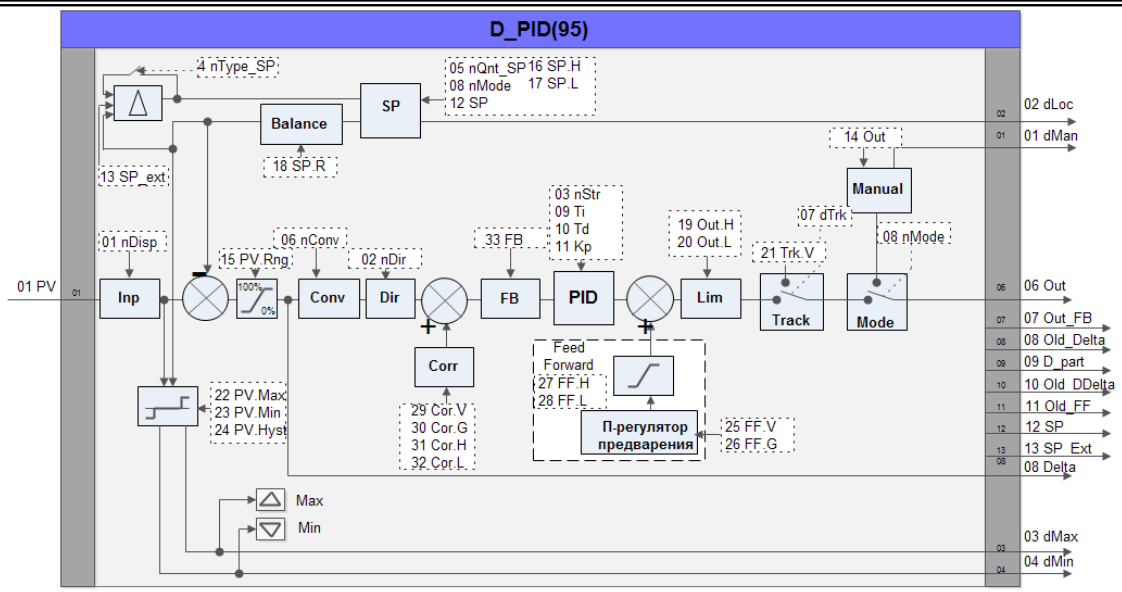


Рисунок 8.95.7 – Функціональна схема блоку дельта-регулятора D_PID(95)

Значення регульованого параметра надходить на вхід 01 PV блоку та відображається на дисплеї ПАРАМЕТР. У параметрі 01*nDISP* задається номер дисплея регулятора. Значення 01 nDISP = 0 робить регулятор невидимим із передньої панелі.

Регульований параметр надходить на вузол INP (1), де спочатку визначається відхилення регульованого параметра заданої точки (девіаційна сигналізація). Даний вузол формує дискретні сигнали dMIN та dMAX, які надходять на виходи 04 та 03 блоку D_PID(95). Крім того, ці сигнали безпосередньо «прив'язані» до відповідних сигнальних світлодіодів на передній панелі контролера біля індикатора ПАРАМЕТР.

Сигнал у вузлі INP (1) надходить у дільник, де, з урахуванням діапазону зміни регульованого параметра (15 PV.rng), перетворюється на безрозмірну величину (0…100%). Далі значення регульованого параметра надходить зі знаком "+" на суматор (5).

Вузол формування завдання складається з кількох блоків. Значення заданої точки регулятора знаходиться у параметрі 12 SP, який, за потреби, можна зробити зв'язаним. При використанні зовнішньої заданої точки (параметр 05 nQNT_SP = 2) її значення необхідно записувати в параметр 13 SP.ext (також зробивши його «пов'язаним»). Зовнішнє завдання може надходити на обробку до блоку регулятора як безпосередньо (параметр 04 nTYPE.SP = 1), так і через ***ДЕЛЬТА-БЛОК (2)***(Параметр 04 nTYPE.SP = 0), на виході якого формується значення приросту зміни зовнішнього завдання. Зовнішнє завдання надходить на вихід 13 SP_ext.

Математичні блоки вузла***SP (3)***з урахуванням значень параметрів 16 SP.h, 17 SP.l та 18 SP.r формують подузол обмеження завдання. З вузла SP (3) сигнал заданої точки надходить на вихід 12 SP, а також у вузол balance (4).

Вузол ***BALANCE(4)*** відповідає заненаголошене (плавне) перемикання чи зміна заданої точки, і навіть містить у собі дільник, де, аналогічно значенню регульованого параметра, значення заданої точки перетворюється на безрозмірну величину (0…100%). Сигнал із вузла balance (4) надходить на СУМАТОР (5) зі знаком “-”.

На виході суматора формується сигнал неузгодженості між регульованим параметром та завданням у одиницях процентної шкали: E = PV-SP. Нормований сигнал неузгодженості можна використовувати у програмі користувача – він подається на вихід 07 OUT_FB блоку D_PID(95).

Нормований сигнал неузгодженості після суматора надходить на вузол CONV (6) математичного перетворення.

Наступний вузол - DIR (7) - визначає напрямок дії регулятора (вибирається параметром 02 nDIR). При зворотній дії регулятора (02 nDIR = 0), неузгодженість розраховується за формулою$E = -(\mathrm{PV} - \mathrm{SP})$.

При прямій дії регулятора (02 nDIR = 1), неузгодженість розраховується за формулою$E = \mathrm{PV} - \mathrm{SP}$.

Також є можливість використання корекції (вузол CORR (8)) сигналу неузгодженості за додатковим параметром. Сигнал неузгодженостіE_{PV}після блоку DIR (7) підсумовується значення корекції (8.95.9):

$$E = E_{\mathrm{PV}} + (\mathrm{COR}.G \cdot \mathrm{VAL}_{\mathrm{COR}})_{\mathrm{COR}.l}^{\mathrm{COR}.h}. \qquad (8.95.9)$$

З формули видно, що вплив на неузгодженість, а відповідно і на регулювання залежить від коефіцієнта посилення 30 COR.G. Чим більший коефіцієнт посилення, тим більший вплив сигналу корекції на сигнал неузгодженості, і навпаки.

Далі сигнал проходить через вузол FB (10), який відповідає за відпрацювання зворотного зв'язку. Щоб у блоці дельта-регулятора з'явився вхід зворотного зв'язку, параметр 33 FB потрібно зробити зв'язаним. На виході вузла FB (10) сигнал неузгодженості набуде наступного вигляду (8.95.10):

$$E = E \cdot (100 - FB). \qquad (8.95.10)$$

Наступним кроком сигнал неузгодженості потрапляє на блок ПІД-регулювання ***PID (11)***. ПІД-регулятор побудований таким чином, що в процесі роботи в кожен момент часу t на виході регулятора формуватиметься

вплив Y(t) залежно від вхідного сигналу регулятора E(t) (узгодження між вхідним параметром PV та завданням регулятора SP).

Залежність між вхідним сигналом регулятора E(t) та вихідним Y(t) визначає передатна функція регулятора. Алгоритм перетворення регулятора містить три складові регулятора: пропорційна (П-складова), інтегральна (І-складова) та диференціальна (Д-складова).

З виходу блоку сигнал надходить на СУМАТОР (13). К|до| суматор також підходить сигнал попередження з вузла FEED FORWARD (12). Щоб у блоці ПІД-регулятора з'явився вхід попередження, параметр 25 FF.V потрібно зробити зв'язаним. Сигнал з цього входу посилюється/послаблюється коефіцієнтом посилення попередженняK_{FF}, заданим у параметрі 26 FF.G, обмежується уставками, заданими у параметрах 27 FF.h та 28 FF.l і подається на суматор. Іншими словами, вихідний сигнал з ПІД-регулятора підсумовується вихідним сигналом П-регулятора каналу попередження (рисунок 8.95.8).

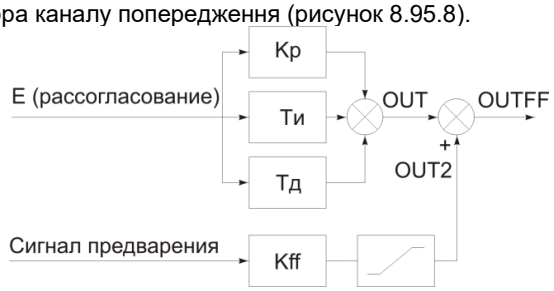


Рисунок 8.95.8 – Функціональна схема формування виходу вузла ПІД-регулятора із попередженням

Вихідний сигнал П-регулятора каналу попередження подається на вихід 11 o_FF блоку D_PID(95). Надалі сигнал надходить на вузол обмеження LIM (14) згідно з параметрами 19 OUT.h і 20 OUT.l.

Далі регулюючий сигнал проходить через блок установки на виході регулятора безпечного значення дії (вузол TRACK (15)). Якщо команда на встановлення безпечного положення відсутня, регулюючий сигнал проходить через цей блок без змін. Сигнал команди на встановлення безпечного положення заводиться на вхід прм(07), для чого параметр 07 dTRK потрібно зробити "пов'язаним".

Потім сигнал проходить через блок вибору режиму роботи регулятора MODE (17) (РУЧНИЙ/АВТОМАТ). Вибір режиму роботи здійснюється з передньої панелі контролера або визначається в параметрі 08 nMODE. В автоматичному режимі роботи регулюючий сигнал дельта-регулятора спрямовується на вихід 06 OUT, а в ручному режимі - керування здійснюється з передньої панелі приладу або за інтерфейсом. Якщо керування здійснюється за інтерфейсом, значення переміщення ІМ записується в параметр 14 OUT.

Виходи*08 o_delt, 09 d_parti10 old_delt*блоки дельта-регулятора є службовими.У зв'язку з постійною роботою над удосконаленням програмного забезпечення контролера та можливою зміною призначень даних виходів, використовувати їх у програмах користувача не рекомендується.

Приклад застосування

Якщо потрібна висока точність підтримання регульованого параметра на заданому значенні, виникає необхідність використання паралельних контурів регулювання. Типовим прикладом паралельного контуру є система, яка має вимірювальний параметр один, а регулюючих органів – два: в основній лінії та в байпасній (рисунок 8.95.9).

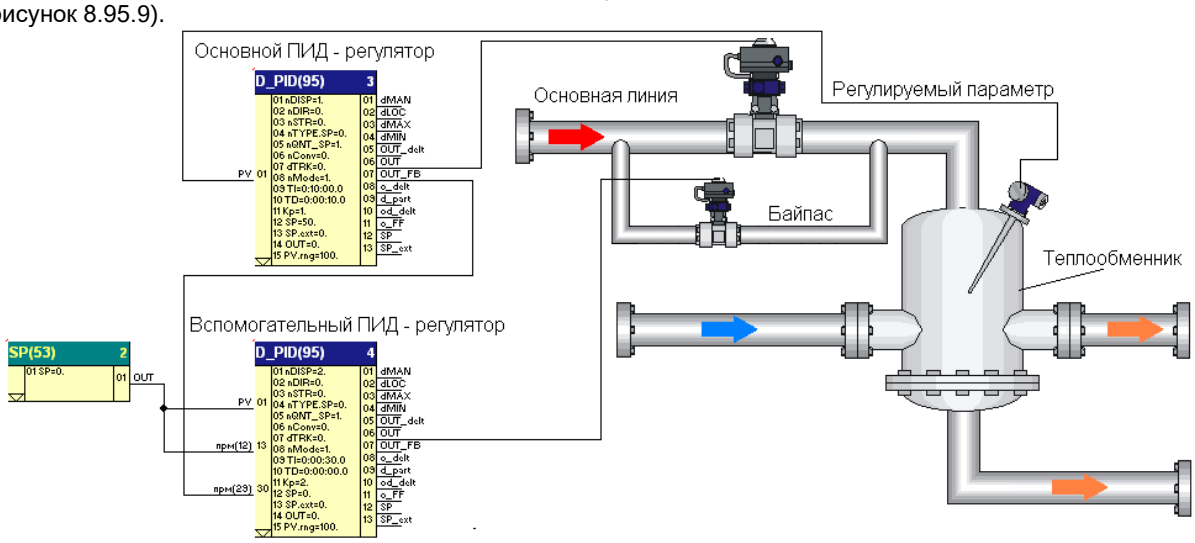


Рисунок 8.95.9 - Застосування дельта-регуляторів

На рисунку 8.95.10 зображено реалізацію прикладу на основі функціонального блоку D_PID(95) контролера МІК-51. Значення властивостей блоків цієї програми наведено на рисунках 8.95.11 – 8.95.16. FBD-файл прикладу програми доступний для завантаження з офіційного сайту підприємства МІКРОЛ (Analog_D_PID.zip).

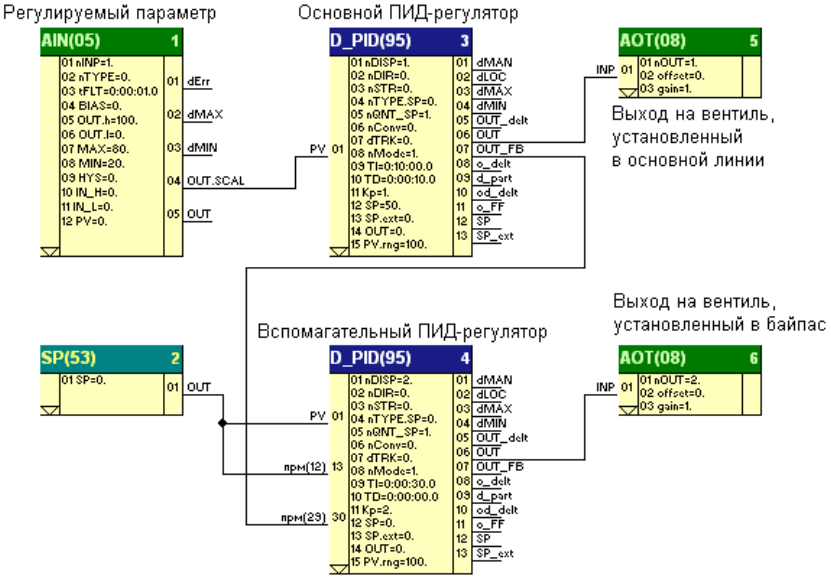
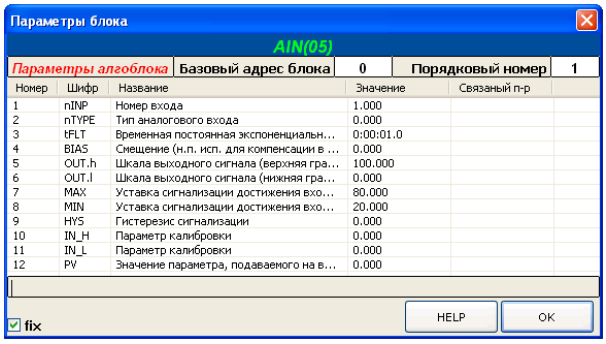


Рисунок 8.95.10 – Реалізація прикладу у редакторі АЛЬФА



Параметры блока

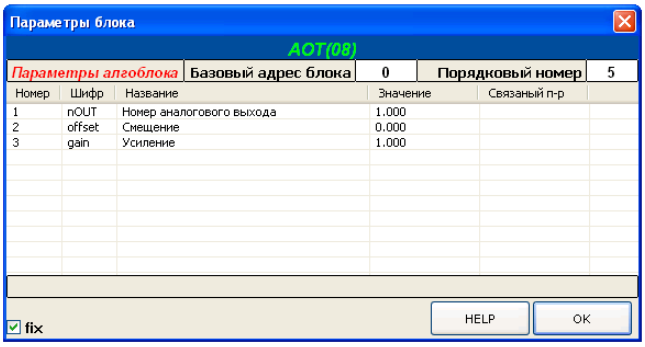
AIN(05)

Параметры алгоблока | Базовый адрес блока 0 | Порядковый номер 1

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	nINP	Номер входа	1.000	
2	nTYPE	Тип аналогового входа	0.000	
3	tFLT	Временная постоянная экспоненциальн...	0:00:01.0	
4	BIAS	Смещение (н.п. исп. для компенсации в ...	0.000	
5	OUT.h	Шкала выходного сигнала (верхняя гра...	100.000	
6	OUT.l	Шкала выходного сигнала (нижняя гра...	0.000	
7	MAX	Уставка сигнализации достижения вхо...	80.000	
8	MIN	Уставка сигнализации достижения вхо...	20.000	
9	HYS	Гистерезис сигнализации	0.000	
10	IN_H	Параметр калибровки	0.000	
11	IN_L	Параметр калибровки	0.000	
12	PV	Значение параметра, подаваемого на в...	0.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.95.11 - Параметри блоку AIN(05)



Параметры блока

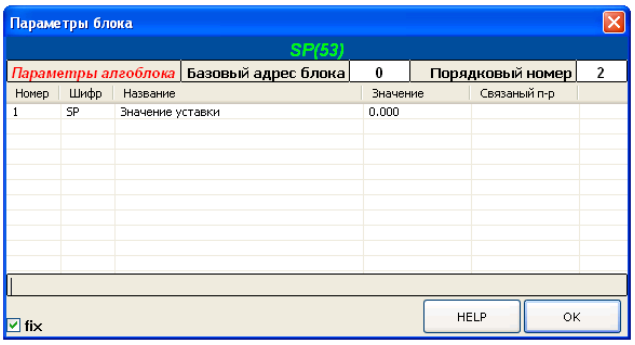
AOT(08)

Параметры алгоблока | Базовый адрес блока 0 | Порядковый номер 5

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	nOUT	Номер аналогового выхода	1.000	
2	offset	Смещение	0.000	
3	gain	Усиление	1.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.95.12 - Параметри блоку AOT(08)



Параметры блока

SP(53)

Параметры алгоблока | Базовый адрес блока 0 | Порядковый номер 2

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	SP	Значение уставки	0.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.95.13 – Параметри блоку SP(53)

Параметры блока

D_PID(95)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	13	Порядковый номер	3

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	nDISP	Номер дисплея	1.000	
2	nDIR	Направление действия регулятора	0.000	
3	nSTR	Структура регулятора (параельный,по...	0.000	
4	nTYP...	0-динамический 1-статический	0.000	
5	nQN...	1-внутреняя заданая точка;2-внутреня...	1.000	
6	nConv	Тип преобразования	0.000	
7	dTRK	Сигнал установки на выходе регулятор...	0.000	
8	nMode	Режим работы	1.000	
9	TI	Время интегрирования	0:10:00.0	
10	TD	Время дифференцирования	0:00:10.0	
11	Kp	Коэффициент усиления	1.000	
12	SP	Задание	50.000	
13	SP.ext	Внешнее задание	0.000	
14	OUT	Выход регулятора	0.000	
15	PV.rng	Диапазон	100.000	
16	SP.h	Верхнее ограничение задания	100.000	
17	SP.l	Нижнее ограничение задания	0.000	
18	SP.r	Скорость изменения задания 0-статиче...	60.000	
19	OUT.h	Верхнее ограничение выхода	100.000	
20	OUT.l	Нижнее ограничение выхода	0.000	
21	TRK.V	Значение безопасного воздействия	0.000	
22	MAX	Гистерезис сигнализации	100.000	
23	MIN		0.000	
24	HYS		0.000	
25	FF.V		0.000	
26	FF.G		0.000	
27	FF.h		0.000	
28	FF.l		0.000	
29	COR.V		0.000	
30	COR.G		0.000	
31	COR.h		0.000	
32	COR.l		0.000	
33	FB		0.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.95.14 - Параметри блоку D_PID(95)

Параметры блока

AOT(08)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	0	Порядковый номер	6

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	nOUT	Номер аналогового выхода	2.000	
2	offset	Смещение	0.000	
3	gain	Усиление	1.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.95.15 - Параметри блоку AOT(08)

Параметры блока

D_PID(95)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	46	Порядковый номер	4

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	nDISP	Номер дисплея	2.000	
2	nDIR	Направление действия регулятора	0.000	
3	nSTR	Структура регулятора (параельный,по...	0.000	
4	nTYP...	0-динамический 1-статический	0.000	
5	nQN...	1-внутреняя заданая точка;2-внутреня...	1.000	
6	nConv	Тип преобразования	0.000	
7	dTRK	Сигнал установки на выходе регулятор...	0.000	
8	nMode	Режим работы	1.000	
9	TI	Время интегрирования	0:00:30.0	
10	TD	Время дифференцирования	0:00:00.0	
11	Kp	Коэффициент усиления	2.000	
12	SP	Задание	0.000	связаный п-р
13	SP.ext	Внешнее задание	0.000	
14	OUT	Выход регулятора	0.000	
15	PV.rng	Диапазон	100.000	
16	SP.h	Верхнее ограничение задания	100.000	
17	SP.l	Нижнее ограничение задания	0.000	
18	SP.r	Скорость изменения задания 0-статиче...	60.000	
19	OUT.h	Верхнее ограничение выхода	100.000	
20	OUT.l	Нижнее ограничение выхода	0.000	
21	TRK.V	Значение безопасного воздействия	0.000	
22	MAX	Гистерезис сигнализации	100.000	
23	MIN		0.000	
24	HYS		0.000	
25	FF.V		0.000	
26	FF.G		0.000	
27	FF.h		0.000	
28	FF.l		0.000	
29	COR.V		0.000	связаный п-р
30	COR.G		-1.000	
31	COR.h		100.000	
32	COR.l		0.000	
33	FB		0.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.95.16 - Параметри блоку D_PID(95)

8.96 D_PID_I (96) - Дельта-регулятор імпульсний

Призначення

Функціональний блок (рисунок 8.96.1) призначений для побудови контурів ПІД регулювання з використанням імпульсних виконавчих механізмів.

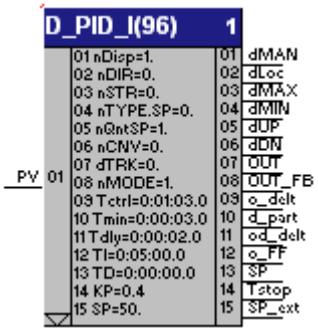


Рисунок 8.96.1 - Функціональний блок D_PID_I(96)

Функціональний блок D_PID_I(96) виконує функції настроюваного ПІД-імпульсного регулятора з додатковими можливостями, такими як:

1.Внутрішній зворотний зв'язок;

2.Формування на виході регулятора безпечного впливу (відкрито/закрито) із зовнішньої команди;

3.4 режими роботи:

- ручний – керування з передньої панелі;
- локальний – керування ПІД-регулятором із внутрішнім завданням;
- каскадний - керування ПІД-регулятором із зовнішнім завданням або завданням від програмного задавача;
- стеження – зупинка регулятора з автоматичним стеженням за положенням виконавчого механізму лінії зворотного зв'язку;

4.Функція п регулювання керуючого впливу регулятора;

5.Функція корекції сигналу неузгодженості регулятора.

6.Структура функціонального блоку D_PID_I(96) дозволяє використовувати кілька блоків, задіяних керувати одним контуром. Структуру контуру можна нарощувати як «в довжину» (каскадне та багатокаскадне регулювання), так і «в ширину» (складання паралельних контурів регулювання, коли, наприклад, вимірювальний параметр один, а регулюючих органів – два: в основній лінії та в байпасній) .

7. У структурі регулятора є спеціальний Δ-блок, який за певним законом коригує задану точку, забезпечуючи тим самим ненаголошеність переходів на іншу задану точку будь-якого з регуляторів у каскаді (а не тільки MASTER-регулятора у звичайних схемах) і, крім того, підвищує стійкість системи загалом.

8.Наявність нелінійного негативного ланцюга зворотного зв'язку між регуляторами (FB, FeedBack). Вона забезпечує значне збільшення запасу стійкості системи, а також спрощує її налаштування. Відпрацьовуючи зворотний зв'язок, регулятори самі контролюватимуть у разі виникнення великих значень неузгодженості.

9. Наявність необхідних входів та виходів зворотного зв'язку функціональних блоків дозволяє побудувати на базі декількох D_PID_I(96) багатозв'язковий регулятор.

Блок здійснює ПІД-алгоритм обробки вхідного сигналу. Компоненти П-, І- та Д-, призначені для обробки вхідного сигналу, можуть бути активізовані або вимкнені в індивідуальному порядку. Це дозволяє конфігурувати П-, ПІ-, ПД- та ПІД-регулятори.

Параметри функціонального блоку

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 8.96.1.

Таблиця 8.96.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Входи				
01	PV			Вхід регулятора
Параметри				
01	nDISP	0 - 9	1	Номер дисплея
02	nDIR	0 / 1	0	Напрямок дії регулятора (0-зворотний, 1-прямий)
03	nSTR	0 / 1	0	Структура регулятора (0-паралельний, 1-мішаний)

Продовження таблиці 8.96.1

04	nTYPE_SP	0 / 1	0	Тип зовнішнього завдання. 0-динамічний, 1-статичний.
05	SP_Q	1, 2	0	1 – внутрішня задана точка; 2 – внутрішня/зовнішня задана точка
06	nCONV	0, 1, 2, 3, 4, 5	0	y=x y=SQRT(X) y=logX y=eX y=x2 y=1/x
07	dTRK	0 / 1	0	Команда установки на виході регулятора безпечного значення дії (параметр 21 TRK_VAL)
08	nMODE	0, 1, 3	0	Режим роботи (0-РУ, 1-ЛУ, 2-КУ)
09	tCTRL	Час	0:01:03:0	Час механізму
10	tMIN	Час	0:00:00:1	Мінімальна тривалість імпульсу
11	tDELAY	Час	0:00:00:1	Затримка між включеннями (dUP-dDN, dDN-dUP)
12	TI	Час	0:02:00:0	Час інтегрування регулятора
13	TD	Час	0:00:00:0	Час диференціювання регулятора
14	KP	Речове	1	Коефіцієнт посилення регулятора
15	SP	Речове	0	Завдання регулятору
16	SP_EXTERN	Речове	0	Зовнішнє завдання регулятора
17	OUT	Речове	0	Вихід регулятора
18	PV_RANGE	Речове	100	Діапазон зміни регульованого параметра
19	SP_H	Речове	100	Обмеження завдання (верхнє)
20	SP_L	Речове	0	Обмеження завдання (нижнє)
21	SP_RATE	Речове	100	Швидкість зміни завдання
22	POZ	Речове	0	Положення механізму
23	TRK_VAL	Речове	0	Значення безпечного впливу
24	PV_MAX	Речове	0	Уставки сигналізації відхилення регульованого параметра від заданої точки (девіаційна сигналізація)
25	PV_MIN	Речове	0	
26	PV_HYS	Речове	0	Гістерезис сигналізації параметра
27	FF_VAL	Речове	0	Попередження керуючого впливу регулятора
28	FF_GAIN	Речове	0	Коефіцієнт посилення попередження
29	FF_H	Речове	0	Обмеження попередження (верхнє)
30	FF_L	Речове	0	Обмеження попередження (нижнє)
31	COR_VAL	Речове	0	Вхід ланки корекції регульованого параметра регулятора
32	COR_GAIN	Речове	0	Коефіцієнт посилення сигналу корекції
33	COR_H	Речове	0	Обмеження сигналу корекції (верхнє)
34	COR_L	Речове	0	Обмеження сигналу корекції (нижнє)
35	FB	Речове	0	Зворотній зв'язок
Виходи				
01	dMAN	0 / 1		Стан регулятора
02	dLOC	0 / 1		Використовувана задана точка
03	dMAX	0 / 1		Сигналізація перевищення вхідним параметром уставки MAX
04	dMIN	0 / 1		Сигналізація перевищення вхідним параметром уставки MIN
05	dUP	0 / 1		Вихід регулювальника. Сигнал «БІЛЬШЕ»
06	dDN	0 / 1		Вихід регулювальника. Сигнал «МЕНШЕ»
07	OUT	Речове		Вихід функціонального блоку
08	DELTA	Речове		Узгодження регулятора
09	Old_DELTA	Речове		Попереднє значення неузгодженості регулятора
10	D_part	Речове		Значення диференціальної частини ПІД регулятора
11	Old_DDELTA	Речове		Попереднє значення диференціалу неузгодженості регулятора
12	Old_FF	Речове		Попереднє значення сигналу попередження
13	SP	Речове		Внутрішнє завдання регулятора
14	tSTOP			Час відпрацювання попереднього такту
15	SP_EXT	Речове		Зовнішнє завдання регулятора

Параметр 01*nDisp* задає номер дисплея регулятора. Максимальна кількість регуляторів, що використовуються в програмі контролера (ПІД - аналогових, ПІД - імпульсних, ПІД - каскадних а також дельта-регуляторів) - 9. Кожен регулятор повинен мати свій унікальний номер, за яким буде проводитися ідентифікація регуляторів на передній панелі контролера (дисплей №) .

Параметр 02 nDIR визначає напрямок дії регулятора. При зворотній дії регулятора (02 nDIR = 0) неузгодженість розраховується за формулою$E = -(\mathrm{PV} - \mathrm{SP})$. Вихід регулятора збільшуватиметься (включення дискретного виходу БІЛЬШЕ), якщо регульований параметр буде меншим за завдання, і навпаки, зменшуватиметься (включення дискретного виходу МЕНШЕ), якщо регульований параметр буде більшим за завдання (8.96.1):

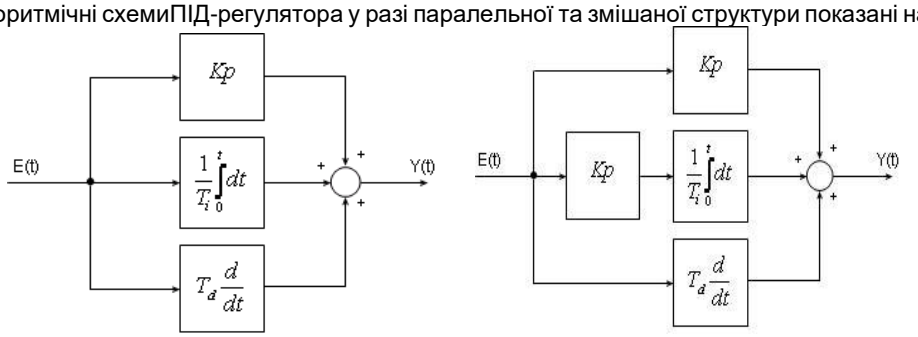
02 nDIR = 0:
$$\begin{array}{c}\mathrm{PV} < \mathrm{SP} \Rightarrow \mathrm{OUT} \uparrow (\text{дискр.вых.Б}) \\ \mathrm{PV} > \mathrm{SP} \Rightarrow \mathrm{OUT} \downarrow (\text{дискр.вых.М})\end{array}. \quad (8.96.1)$$

При прямій дії регулятора (*02nDIR = 1*), неузгодженість розраховується за формулою$E = \mathrm{PV} - \mathrm{SP}$. Вихід регулятора збільшуватиметься (включення дискретного виходу БІЛЬШЕ), якщо регульований параметр буде більшим за завдання, і навпаки, зменшуватиметься (включення дискретного виходу МЕНШЕ), якщо регульований параметр буде меншим за завдання (8.96.2):

02 nDIR = 1:
$$\begin{array}{c}\mathrm{PV} > \mathrm{SP} \Rightarrow \mathrm{OUT} \uparrow (\text{дискр.вых.Б}) \\ \mathrm{PV} < \mathrm{SP} \Rightarrow \mathrm{OUT} \downarrow (\text{дискр.вых.М})\end{array} \quad (8.96.2)$$

Параметр 03 nSTR визначає структуру регулятора:
1. 03 nSTR = 0 – паралельна;
2. 03 nSTR = 1 – змішана.

Алгоритмічні схемиПІД-регулятора у разі паралельної та змішаної структури показані на рисунку 8.96.2.



а) б)

а – паралельна структура ПІД-регулятора; б – змішана структура ПІД-регулятора.
Рисунок 8.96.2 – Структури ПІД-регулятора

Згідно з рисунком 8.96.2, для паралельної структури регулятора передатна функція має вигляд:
$$Y(t) = K_p \cdot E(t) + \frac{1}{T_i}\int_0^t E(t)\mathrm{dt} + T_d \frac{\mathrm{dE}(t)}{\mathrm{dt}}, \quad (8.96.3)$$

для змішаної структури регулятора передатна функція має вигляд:
$$Y(t) = K_p \cdot E(t) + \frac{\mathrm{Kp}}{T_i}\int_0^t E(t)\mathrm{dt} + T_d \frac{\mathrm{dE}(t)}{\mathrm{dt}}, \quad (8.96.4)$$

де: K_p- Коефіцієнт пропорційності регулятора (параметр 14 KP);
T_i - час інтегрування регулятора (параметр 12 TI);
T_d - час диференціювання регулятора (параметр 13 ТД).

Сумарно: при використанні змішаної структури регулятора порівняно з паралельною вплив інтегральної складової Ti збільшується в Kp раз.

Формули (8.96.3) та (8.96.4) відповідають передатним функціям аналогових ПІД-регуляторів. У регуляторах контролера МІК-51 використовуються наближені формули розрахунку передавальних функцій у зв'язку з тим, що МІК-51 є цифровим пристроєм. Відповідно, розрахунок інтегральної та диференціальної складових виконується числовими методами (з високою точністю) з поправкою на дискретизацію у часі значення неузгодженості. Таким чином, передатна функція ПІД-регулятора для паралельної структури має вигляд (8.96.5):
$$Y_i = K_p \cdot E_i + \frac{1}{T_i}\sum_{i=0}^{n} E_i \cdot \Delta t + \mathrm{Td}\frac{\Delta E_i}{\Delta t}, \quad (8.96.5)$$

для змішаної структури регулятора передатна функція має вигляд (8.96.6):
$$Y_i = K_p \cdot E_i + \frac{K_p}{T_i}\sum_{i=0}^{n} E_i \cdot \Delta t + \mathrm{Td}\frac{\Delta E_i}{\Delta t}, \quad (8.96.6)$$

де: K_p- Коефіцієнт пропорційності регулятора (параметр 14 KP);
T_i - час інтегрування регулятора (параметр 12 TI);
T_d - час диференціювання регулятора (параметр 13 ТД).
E_i - різницю між завданням регулятора та поточним значенням Ti контрольованої величини;
ΔE_i - Різниця між двома сусідніми значеннямиE_iіE_{i-1};
Δt - час між двома сусідніми вимірамиT_iіT_{i-1};

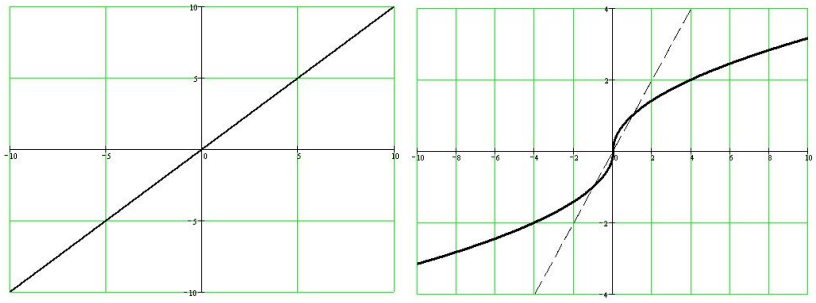
$\sum_{i=0}^{n} E_i$ -Накопичена інтегральна сума неузгодженостей.

Параметр 04 nTYPE.SP відповідає за функціонування дельта-блоку ПІД-регулятора (0 – увімкнено, 1 – вимкнено). Дельта блок відповідає за корекцію зовнішньої заданої точки. Зовнішнє завдання може надходити на обробку блок регулятора як безпосередньо (параметр 04 nTYPE.SP = 1), так і через дельта-блок (параметр 04 nTYPE.SP = 0), на виході якого формується значення приросту зміни зовнішнього завдання.

Параметр 05 nQntSP відповідає за кількість завдань, що використовуються:
1 – внутрішня задана точка;
2 – внутрішня/зовнішня задана точка.
При виборі 05 nQntSP = 1, контролер працюватиме лише у двох режимах: ручний режим – керування виходом вручну з передньої панелі контролера клавішами “більше”-“менше” або з верхнього рівня (ПК) та локальний режим – керування ПІД-регулятором з внутрішнім завданням.
При 05 nQntSP = 2 регулятор може працювати ще третьому режимі – КАСКАДНОМУ.

Параметром 06 nCNV вибирається один із шести типів математичного перетворення:
1.$E_{\text{вых}} = \mathrm{E}$; (Значення 06 nCNV = 0)
2.$E_{\text{вых}} = \sqrt{|\mathrm{E}|}$; (Значення 06 nCNV = 1)
3.$E_{\text{вых}} = \log E$; (Значення 06 nCNV = 2)
4.$E_{\text{вых}} = e^{E}$; (Значення 06 nCNV = 3)
5.$\mathrm{E}_{\text{вых}} = \mathrm{E}^2$; (Значення 06 nCNV = 4)
6.$E_{\text{вых}} = \frac{1}{E}$. (Значення 06 nCNV = 5)

При виборі параметра 06 nCNV = 0 ($E_{\text{вых}} = \mathrm{E}$) сигнал неузгодженості проходить через цей блок без зміни (рисунок 8.96.3). Якщо вибраний параметр 06 nCNV = 1, то на виході блоку отримаємо сигнал, представлений на рисунку 8.96.4. У цьому випадку, при малому неузгодженні вихідний сигнал неузгодженості буде більше, ніж вхідний. Таким чином, регулятор швидше реагуватиме при малих значеннях неузгодженості. Але при великих значеннях неузгодженості вихідний сигнал неузгодженості буде значно менше вхідного, тому регулятор буде повільніше реагувати, ніж при лінійному перетворенні. Зворотний закон буде для 06 nCNV = 4. При малому неузгодженні вихідний сигнал блоку «тип перетворення» буде меншим від вхідного сигналу, тому регулятор повільніше регулюватиме. Якщо значення неузгодженості буде більшим, наприклад, 1% від діапазону вимірювання,



$E_{\text{вых}} = E$ ——-$E_{\text{вых}} = \sqrt{|E|}$,------$E_{\text{вых}} = E$
(показано для порівняння з функцією $E_{\text{вых}} = \sqrt{|E|}$)

Рисунок 8.96.3 – Графік обробки сигналу неузгодженості

Параметр 07 dTRK відповідає за встановлення на виході регулятора безпечної дії. У разі можливих аварійних або позаштатних ситуацій команда 07 dTRK = 1 дозволяє перевести регулятор у режим НАСТУПНОГО керування (СУ). При цьому на виході регулятора встановлюється задане у параметрі 23 TRK_V безпечне положення або відслідковується значення цього параметра, якщо він запрограмований як «пов'язаний».

Параметр 08 nMODE відповідає за керування режимами роботи регулятора з передньої панелі або по мережі:
1. 08 nMODE = 0 – РУЧНИЙ режим;
2.*08 nMODE = 1*– АВТОМАТИЧНИЙ режим (ЛОКАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ – ЛУ);
3.*08 nMODE = 2*– АВТОМАТИЧНИЙ режим (КАСКАДНЕ керування – КУ).
Після програмування контролер перебуває у тому режимі, що вказано у параметрі 08*nMODE*. Перемикання між режимами роботи описано в розділі 6.2.3 посібника ПРМК.421457.005 РЕ1. Також режими роботи можна перемикати зовнішніми сигналами, зробивши параметр 08 nMODE «пов'язаним». Тоді на вхід прм(08) подається сигнал із зовнішніх дискретних входів (DIN(06)) або інший сигнал, який використовується у програмі користувача.

Параметр 09 Tctrl відповідає за час механізму, тобто час, за який імпульсний виконавчий механізм зі стану «повністю ЗАКРИТИЙ» переходить у стан «повністю ВІДКРИТИЙ» при подачі на нього сигналу «БІЛЬШЕ», і навпаки, зі стану «повністю ВІДКРИТИЙ» у стан «повністю ЗАКРИТИЙ» » при подачі на нього сигналу «МЕНШЕ».

Значення часу механізму вказується у паспорті на імпульсний виконавчий механізм. Параметр "час механізму" використовується для масштабування виходу ПІД-імпульсного регулятора. Наприклад, якщо час механізму 63 с, і він знаходиться в положенні 40% відкрито, то щоб закрити його на 10%, потрібно щоб дискретний вихід МЕНШЕ включився на (8.96.7):

$$M = \frac{T_м}{100\%\Delta_{\%}} = \frac{63с}{100\%10\%} = 6{,}3с. \qquad (8.96.7)$$

Щоб відкрити на 25%, потрібно дискретний вихід «БІЛЬШЕ» включити на (8.96.8):

$$M = \frac{T_м}{100\%\Delta_{\%}} = \frac{63с}{100\%25\%} = 15{,}75с. \qquad (8.96.8)$$

Діаграма позиціонування показано рисунку 8.96.5.

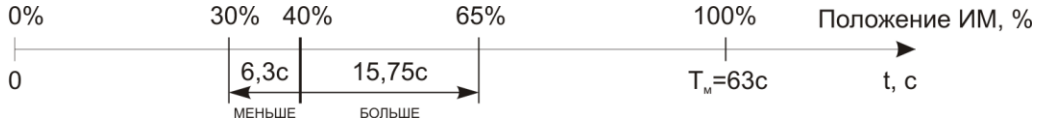


Рисунок 8.96.4 – Діаграма позиціонування виконавчого механізму при керуванні імпульсним дельта-регулятором

Параметр 10 Tmin відповідає за мінімальну тривалість спрацьовування імпульсу. Спрацьовування та відключення дискретного виходу здійснюється згідно з діаграмою, показаною на рисунку 8.96.5.

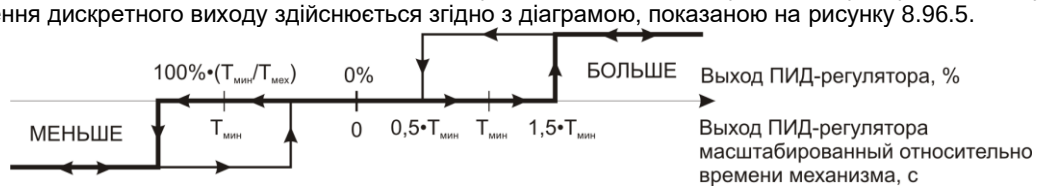


Рисунок 8.96.5 – Діаграма спрацьовування та відключення дискретних виходів при заданій мінімальній тривалості імпульсу

Значення мінімальної тривалості імпульсу вибирається, виходячи з точності регулювання, яку необхідно забезпечити. Чим менша мінімальна тривалість імпульсу, тим точніше буде регулювання. З іншого боку, при цьому збільшується кількість спрацьовуваньдискретних виходів, що у свою чергу призводить до прискореного зносу пускового пристрою та виконавчого механізму.

Формула, за якою можна обчислити мінімальну тривалість імпульсу в залежності від мінімально допустимого значення зміни параметра, має такий вигляд (8.96.9):

$$T_{мин} = \frac{\Delta PV_{мин} \cdot T_{мех}}{K \cdot PV_{RANGE}} = T_{мех} \cdot \frac{\Delta PV_{мин}}{\Delta PV} \cdot \frac{\Delta_{вых}}{100\%}, \qquad (8.96.9)$$

де: $T_{мин}$ -мінімальна тривалість імпульсу;

$\Delta PV_{мин}$ - мінімальна зміна параметра, яка допустима за якістю регулювання;

$T_{мех}$ - Час механізму;

K - передавальний коефіцієнт об'єкта регулювання;

PV_{RANGE} - Діапазон вхідного сигналу;

ΔPV - Зміна параметра при зміні виходу на$\Delta_{вых}$%.

Наприклад, для діапазону вимірювання температури -50…200 ºС, при допустимому відхиленні від завдання ±4 ºС мінімальне значення зміни параметра$\Delta PV_{мин}$можна вибрати рівним 2ºС. Час механізму складає 63 с. Якщо закриття/відкриття клапана на$\Delta_{вых} = 10\%$параметр змінюється на$\Delta PV = 30\,°C$, то значення мінімальної тривалості імпульсу дорівнюватиме:

$$T_{мин} = 63 \cdot \frac{2}{30} \cdot \frac{10}{100\%} = 0.42c.$$

Параметр 11 Tdly відповідає за час затримки між включеннями виходу «БІЛЬШЕ» та виходу «МЕНШЕ». Цей параметр використовується для унеможливлення одночасної подачі сигналів «БІЛЬШЕ» - «МЕНШЕ», що могло б призвести до короткого замикання. Значення цього параметра вибирається в залежності від потужності пускового пристрою виконавчого механізму і становить від 0,1 до 4 с.

Параметр 12 TI відповідає за час інтегрування регулятора.

Параметр 13 TD відповідає за час диференціювання регулятора.

Параметр 14 KP відповідає за коефіцієнт посилення регулятора.

Параметр15 SP відповідає за завдання регулятора.

Параметр 16 SP_EXT відповідає за використання зовнішнього завдання регулятора. У разі використання зовнішнього завдання параметр 16 SP_EXT потрібно зробити «пов'язаним». При цьому в блоці з'явиться вхід під назвою прм(16), на який подається сигнал зовнішнього завдання. Зовнішнім завданням може бути сигнал аналогового входу контролера (блоку AIN(05)), програмного задавача (TM_PRG(57)) або будь-який інший аналоговий сигнал, що використовується в програмі користувача.

Параметр 17 OUT використовується для керування дискретними виходами імпульсного регулятора з верхнього рівня (наприклад, SCADA-системи). У ручному режимі роботи регулятора, запис у цей параметр за інтерфейсом числа у відсотковій шкалі (0…100%) в залежності від знака числа призведе до переміщення виконавчого механізму на відкриття або закриті регулюючого органу на задане значення у відсотках. Після зупинки виконавчого механізму значення параметра 17 OUT автоматично обнулиться.

Параметр 18 PV_r- Діапазон зміни регульованого параметра. Параметр відповідає за масштабування сигналу за шкалою 0-100% щодо діапазону вхідного сигналу.

У більшості випадків параметр 18 PV_r задається рівним діапазону вимірювання давача. Наприклад, для вимірювання температури термометром опору ТСМ 50М з граничними межами вимірювання -50,0 ºС... +200,0 ºС, діапазон вимірювання дорівнюватиме 250 ºС, тобто 18 PV_r = 250. Для такого діапазону вхідного параметра при завданні SP = 50 ºС та параметр PV = 60 ºС неузгодженість становитиме E = 10 ºС, що відповідає 4% від діапазону вимірювання. У деяких випадках, коли діапазон вимірювання давача більший, а діапазон регулювання значно менше, діапазон вхідного сигналу можна задавати менше діапазону вимірювання давача. Для наведеного вище прикладу, якщо діапазон регулювання температури становить 20...120 ºС, то діапазон вимірювання дорівнюватиме 100 ºС, (18 PV_r = 100). При такому діапазоні вхідного параметра при завданні SP = 50 ºС і параметрі PV = 60 ºС, неузгодженість становитиме ті ж E = 10 ºС, але у відсотковому відношенні це дорівнює 10%. Таким чином, зменшивши діапазон вхідного сигналу, можна досягти кращої чутливості регулятора.

При зменшенні параметра 18 PV_r слід врахувати, що при цьому збільшується чутливість до коливань вхідного сигналу, яка може виникати від зовнішніх впливів і негативно відбиватися як регулювання, особливо при використанні диференціальної складової або великого коефіцієнта посилення.

Параметр 19 SP_h відповідає за верхнє обмеження завдання регулятора.

Параметр 20 SP_l відповідає за нижнє обмеження завдання регулятора.

При введенні внутрішнього завдання з передньої панелі зміна нижче параметрів 19 SP_h і 20 SP_l заблоковано. Якщо при зміні зовнішнього завдання параметр, значення якого надходить на вхід прм(16), більше (менше) від значення заданого в параметрі 19 SP_h (20 SP_l), то на суматор надходить значення, що дорівнює значенню 19 SP_h (20 SP_l). Діаграма обмеження завдання представлена на рисунку 8.96.6.

Якщо параметр*19SP_h*дорівнює параметру 20 SP_l, то завдання буде постійним і рівним SP = 19 SP_h = 20 SP_l.

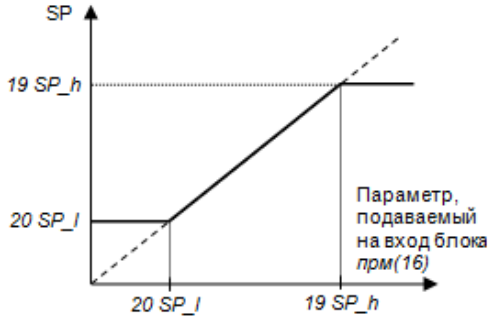


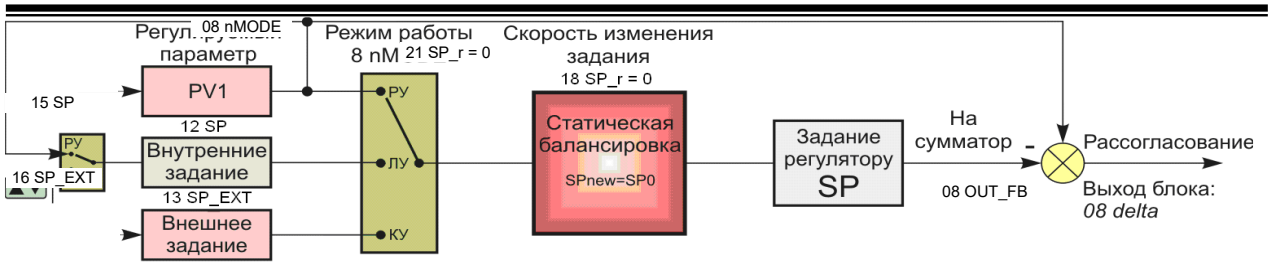
Рисунок 8.96.6 – Діаграмаобмеження зовнішнього завдання

Параметр 21 SP_r відповідає за швидкість зміни завдання (тех. одиниць на хвилину). Залежно від значення параметра 21 SP_r, є два режими балансування:

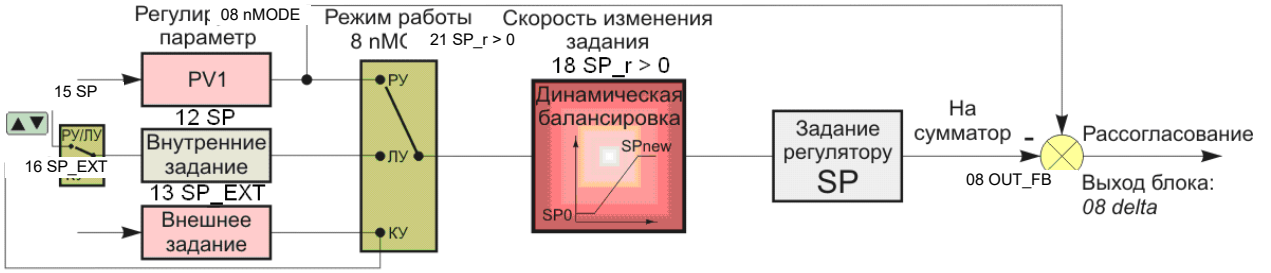
1.*21SP_r*= 0 – статичне балансування,

2. 21 SP_r≠0 – динамічне балансування.

Функціональна схема роботи балансувань показана рисунку 8.96.7.



а) статичне балансування



б) динамічне балансування

Рисунок 8.96.7 – Функціональна схема балансувань ПІД-регулятора блоку D_PID_I(96)

Примітка. На схемі умовно показано положення перемикачів для ручного режиму регулятора.

При використанні динамічного балансування в каскадному режимі керування (із зовнішнім завданням) слід враховувати, що зміна зовнішнього завдання буде обмежена параметрами 19 SP_h та 20 SP_l, а швидкість зміни - параметром 21 SP_r. На рисунку 8.96.8 штриховий лінією показано зміна зовнішнього завдання, поданого на вхід прм(16), а суцільний лінією – реальна зміна впливу регулятора, що задає. На відрізку АБ швидкість зміни зовнішнього задає впливу менше швидкості зміни завдання, зазначеної в параметрі 21 SP_r, тому завдання дорівнює зовнішньому впливу, що задає. На відрізку БВ зовнішнє вплив, що задає, змінюється з більшою швидкістю, ніж швидкість зміни завдання. На даному графіку швидкість зміни впливу, що задає, представлена кутом нахилу відрізка$\mathrm{tg}(\beta) = \frac{\Delta\text{прм}(16)}{\Delta t}$, а швидкість зміни завдання$\mathrm{tg}(\alpha) = \frac{\Delta \mathrm{SP}}{\Delta t} = 21\ \mathrm{SP_r}$. Отже, при$\mathrm{tg}(\beta) > \mathrm{tg}(\alpha)$Завдання регулятору буде обмежуватися швидкістю зміни завдання, і зміняться - по відрізку БГ, а не БВ-ВГ. Аналогічним буде обмеження швидкості при зменшенні зовнішнього завдання.

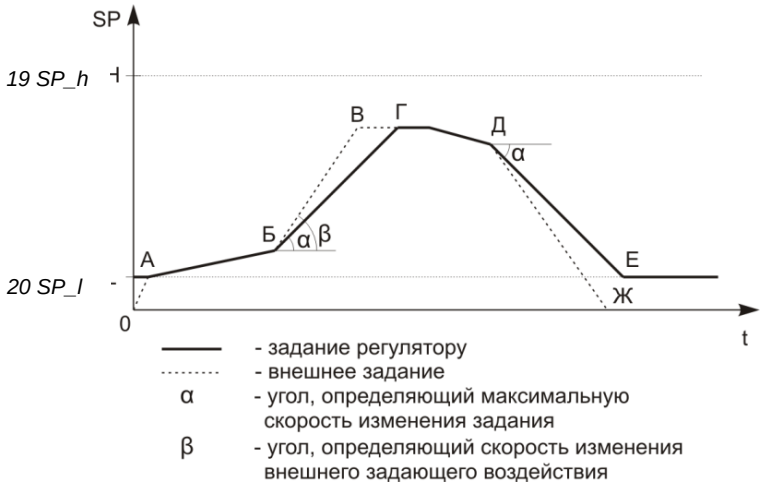


Рисунок 8.96.8 – Діаграмаобмеження швидкості зовнішнього завдання

Таблиця 8.96.2 – Функції режимів балансувань імпульсного дельта-регулятора блоку D_PID_I(96)

	Статичне балансування	Динамічна балансування
Зміна внутрішньої заданої точки (з	Внутрішнє завдання стрибкоподібно набуває значення нового завдання SPOLD → SPNEW	Внутрішнє завдання починає змінюватися від значення старого завдання до значення

передньої панелі або за інтерфейсом)		введеного нового завдання зі швидкістю зміни завдання*21 SP_r* **SPOLD→SPNEW**
Перемикання режиму роботи **РУ**→ ЛУ	При перемиканні завдання приймає значення параметра, що вимірюється **SP = PV**	Завдання починає змінюватися від значення параметра до значення внутрішнього завдання зі швидкістю зміни завдання*21 SP_r* **PV→SP**
Перемикання режиму роботи **ЛУ**→ РУ	Завдання стрибкоподібно набуває значення вимірюваного параметра **SP PV**	Завдання не змінюється **SP**
Перемикання режиму роботи **ЛУ**→ КУ	Значення завдання стрибкоподібно змінюється з внутрішнього на зовнішнє **SPВНУТР SPЗОВНІШ**	Завдання починає змінюватися від значення внутрішнього значення до зовнішнього зі швидкістю зміни завдання*21 SP_r* **SPВНУТР→SPЗОВНІШ**
Перемикання режиму роботи **КУ**→ ЛУ	Внутрішнє завдання набуває значення зовнішнього задавача **SPВНУТР = SPЗОВНІШ**	Внутрішнє завдання набуває значення зовнішнього задавача **SPВНУТР = SPЗОВНІШ**
Перемикання режиму роботи **КУ**→ РУ	Внутрішнє завдання набуває значення зовнішнього задавача **SPВНУТР = SPЗОВНІШ**	Внутрішнє завдання набуває значення зовнішнього задавача **SPВНУТР = SPЗОВНІШ**

Параметр 22 POZ-становище виконавчого механізму. Якщо використовується зовнішній зворотний зв'язок, параметр 22 POZ потрібно зробити «пов'язаним» і на вхід прм(22) подати сигнал від давача положення виконавчого механізму. При цьому на дисплеї ВІХІД індикуватиметься реальне значення положення виконавчого механізму.

Параметр 23 TRK_V відповідає за значення безпечного впливу (працює лише разом із параметром 07 dTRK). Цей параметр можна зробити «пов'язаним», використовуючи для різних ситуацій різне значення безпечного впливу.

Якщо регулятор переведений в режим СУ (параметр 07 dTRK = 1), то блок установки безпечного значення керуючого впливу відключить регулюючий сигнал ПІД-регулятора, а на виході встановлює вплив, заданий користувачем параметрі 23 TRK_V, причому можливі три варіанти:

1. 23 TRK_V = 0 - дискретний вихід регулятора «МЕНШЕ» буде постійно увімкнено, закриваючи виконавчий механізм.
2. 0 < 23 TRK_V < 100 – стан дискретних виходів визначено. У зв'язку з постійною роботою над удосконаленням програмного забезпечення контролера, використовувати таке значення безпечного впливу в програмах користувача не рекомендується.
3. 23 TRK_V = 100 - дискретний вихід регулятора «БІЛЬШЕ» буде постійно включений, відкриваючи виконавчий механізм.

Параметр 24 MAX відповідає за верхнє значення сигналізації відхилення регульованого параметра від заданої точки. Якщо параметр дорівнює уставці MAX або перевищує її (PV≥SP+MAX), спрацьовує сигналізація MAX. Відповідно, на передній панелі почне світитися світлодіод.▲а на виході dMAX блоку D_PID_I(96) встановиться логічна одиниця.

Параметр 25 MIN відповідає за нижнє значення уставки сигналізації відхилення регульованого параметра заданої точки. Якщо параметр дорівнює або менше уставки MIN (PV≤SP-MIN), то спрацює сигналізація MIN. На передній панелі світитиметься світлодіод▼а на виході dMIN блоку D_PID_I(96) встановиться логічна одиниця.

Параметр 26 HYS відповідає за гістерезис сигналізації параметра.

Параметр 27 FF_V відповідає за попередження керуючого впливу регулятора. Щоб у блоці ПІД-регулятора з'явився вхід попередження, параметр 27 FF_V потрібно зробити зв'язаним.

Параметр 28 FF_G відповідає за коефіцієнт посилення значення попередження регулятора. Сигнал із входу параметра 27 FF_V посилюється (послаблюється) цим коефіцієнтом.

Параметр 29 FF_h відповідає за верхнє обмеження попередження регулятора.

Параметр 30FF_l відповідає нижнє обмеження попередження регулятора.

Верхнє та нижнє промежування попередження виставляються з міркувань безпеки. Спочатку коефіцієнт посилення попередження K_{FF} встановлюється рівний нулю. Тоді налаштовується ПІД-регулятор без попередження. Коли підібрані коефіцієнти K_p, $T_и$ і $T_д$ необхідно почати збільшувати коефіцієнт K_{FF} до тих пір, поки в системі не виникнуть загасаючі коливання при $K_{FFкр}$. Коефіцієнт посилення сигналу попередження обчислюється так (8.96.10):

$$K_{FF} = 0{,}7 \cdot K_{FFкр}, \qquad (8.96.10)$$

де: K_{FF} - Коефіцієнт посилення попередження;

$K_{FFкр}$ - Критичний коефіцієнт посилення попередження, при якому в системі виникають затухаючі коливання.

Параметр 31 COR_V відповідає за корекцію сигналу неузгодженості регулятора. Параметр робиться "пов'язаним" і, відповідно, у блоці з'явиться вхід прм(31). На цей вхід подається сигнал корекції з блоку COR_ST(93) або COR_D(94), який є функцією неузгодженості між параметром корекції та точкою корекції (8.96.11):

$$\mathrm{VAL_{COR}} = F(\mathrm{PV2_{COR}} - \mathrm{SP_{COR}}), \qquad (8.96.11)$$

де, $\mathrm{VAL_{COR}}$ - значення сигналу корекції (%), що подається на вхід прм(31) блоку PID_IMP(62);

$\mathrm{PV2_{COR}}$ - Значення параметра корекції;

$\mathrm{SP_{COR}}$ - Значення точки корекції. Для блоку COR_ST(93) це значення постійне і визначається користувачем, а для блоку COR_D(94) – динамічне, змінюється при кожному перемиканні з режиму РУ в режим ЛУ, і приймає значення параметра корекції в момент перемикання $\mathrm{SP_{COR}} = \mathrm{PV2_{COR}}$;

$F(\mathrm{PV2_{COR}} - \mathrm{SP_{COR}})$ - функція перетворення неузгодженості $\mathrm{PV2_{COR}} - \mathrm{SP_{COR}}$ яка задається в блоках COR_ST(93) і COR_D(94).

Параметр 32 COR_G відповідає за коефіцієнт посилення сигналу корекції. Чим більший коефіцієнт посилення, тим більший вплив сигналу корекції на сигнал неузгодженості, і навпаки.

Параметр 33 COR_h відповідає за верхнє обмеження сигналу корекції.

Параметр 34 COR_l відповідає за нижнє обмеження сигналу корекції.

Параметр 35 FB відповідає за зворотний зв'язок. Щоб у блоці дельта-регулятора з'явився вхід зворотного зв'язку, параметр 35 FB потрібно зробити зв'язаним.

Принцип роботи функціонального блоку

Функціональна структура імпульсного дельта-регулятора представлена на рисунку 8.96.9.

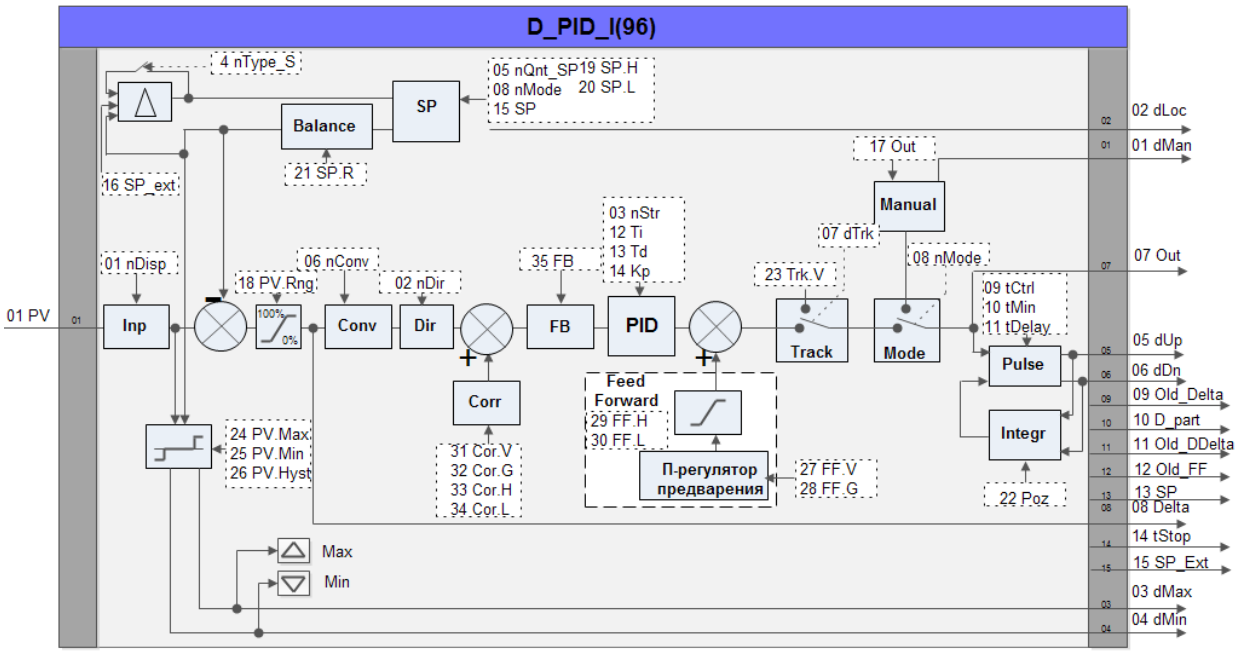


Рисунок 8.96.9 - Функціональна схема блоку дельта-регулятора імпульсного D_PID_I(96)

Значення регульованого параметра надходить на вхід 01 PV блоку та відображається на дисплеї ПАРАМЕТР. У параметрі 01*nDISP* задається номер дисплея регулятора. Значення 01 nDISP = 0 робить регулятор невидимим із передньої панелі.

Регульований параметр надходить на вузол Сигналізація (5), де визначається відхилення регульованого параметра від заданої точки (девіаційна сигналізація). Даний вузол формує дискретні сигнали dMIN та dMAX, які надходять на виходи 04 та 03 блоку D_PID_I(96). Крім того, ці сигнали безпосередньо «прив'язані» до відповідних сигнальних світлодіодів на передній панелі контролера біля індикатора ПАРАМЕТР.

Регульований параметр масштабується за шкалою 0 – 100% (вузол МАСШТАБУВАННЯ (6)) щодо діапазону зміни PV, що задається у параметрі 18 PV_r. Далі значення регульованого параметра надходить зі знаком "+" на суматор (7).

Вузол формування завдання складається з кількох блоків. Значення заданої точки регулятора знаходиться у параметрі 15 SP, який, за потреби, можна зробити зв'язаним. При використанні зовнішньої заданої точки (параметр 05 nQntSp = 2) її значення необхідно записувати в параметр 16 SP.ext (також зробивши його «пов'язаним»). Зовнішнє завдання може надходити на обробку до блоку регулятора як безпосередньо (параметр 04 nTYPE.SP = 1), так і через ***ДЕЛЬТА-БЛОК (2)***(Параметр 04 nTYPE.SP = 0), на виході якого формується значення приросту зміни зовнішнього завдання. Зовнішнє завдання також надходить вихід 15 SP_ext.

Математичні блоки вузла***SP (3)***з урахуванням значень параметрів 19 SP_h, 20 SP_l та 21 SP_r формують подузол обмеження завдання. З вузла SP (3) сигнал заданої точки надходить на вихід 13 SP, а також у вузол balance (4).

Вузол ***BALANCE(4)*** відповідає заненаголошене (плавне) перемикання або зміна заданої точки, а також містить у собі дільник, де, аналогічно значенню регульованого параметра, значення заданої точки перетворюється на безрозмірну величину (0…100%).. Сигнал з вузла balance (4) надходить на СУМАТОР (7) зі знаком “-”.

На виході суматора формується сигнал неузгодженості між регульованим параметром та завданням у одиницях процентної шкали: E. = PV-SP. Нормований сигнал неузгодженості можна використовувати у програмі користувача – він подається на вихід 08 OUT_FB блоку D_PID_I(96).

Нормований сигнал неузгодженості після суматора надходить на вузол CONV (8) математичного перетворення.

Наступний вузол – DIR (9) – визначає напрямок дії регулятора (вибирається параметром 02 nDIR). При зворотній дії регулятора (02 nDIR = 0), неузгодженість розраховується за формулою$E = -(\mathrm{PV} - \mathrm{SP})$.

При прямій дії регулятора (02 nDIR = 1), неузгодженість розраховується за формулою$E = \mathrm{PV} - \mathrm{SP}$.

Також є можливість використання корекції (вузол CORR (10)) сигналу неузгодженості за додатковим параметром. Сигнал неузгодженостіE_{PV}після блоку DIR (9) підсумовується значення корекції (8.96.12):

$$E = E_{\mathrm{PV}} + (\mathrm{COR_G} \cdot \mathrm{VAL}_{\mathrm{COR}})_{\mathrm{COR_l}}^{\mathrm{COR_h}}. \qquad (8.96.12)$$

З формули видно, що вплив на неузгодженість, а відповідно і на регулювання залежить від коефіцієнта посилення 32 COR_G. Чим більший коефіцієнт посилення, тим більший вплив сигналу корекції на сигнал неузгодженості, і навпаки.

Далі сигнал проходить через вузол FB (12), який відповідає за відпрацювання зворотного зв'язку. Щоб у блоці дельта-регулятора з'явився вхід зворотного зв'язку, параметр 35 FB потрібно зробити зв'язаним. На виході вузла FB (12) сигнал неузгодженості набуде наступного вигляду:

$$E = E \cdot (100 - FB). \qquad (8.96.13)$$

Наступним кроком сигнал неузгодженості потрапляє на блок ПІД-регулювання***PID (13)***. ПІД-регулятор побудований таким чином, що в процесі роботи в кожен момент часу t на виході регулятора формуватиметься вплив Y(t) залежно від вхідного сигналу регулятора E(t) (узгодження між вхідним параметром PV та завданням регулятора SP).

Залежність між вхідним сигналом регулятора E(t) та вихідним Y(t) визначає передатна функція регулятора. Алгоритм перетворення регулятора містить три складові регулятора: пропорційна (П-складова), інтегральна (І-складова) та диференціальна (Д-складова).

З виходу блоку сигнал надходить на СУМАТОР (15). К|до| суматор також підходить сигнал попередження з вузла FEED FORWARD (14). Щоб у блоці імпульсного дельта-регулятора з'явився вхід попередження, параметр 27 FF_V потрібно зробити зв'язаним. Сигнал з цього входу посилюється/послаблюється коефіцієнтом посилення попередженняK_{FF}, заданим у параметрі 28 FF_G, обмежується уставками, заданими у параметрах 29 FF_h та 30 FF_l та подається на суматор. Іншими словами, вихідний сигнал з ПІД-регулятора підсумовується вихідним сигналом П-регулятора каналу попередження (рисунок 8.96.10).

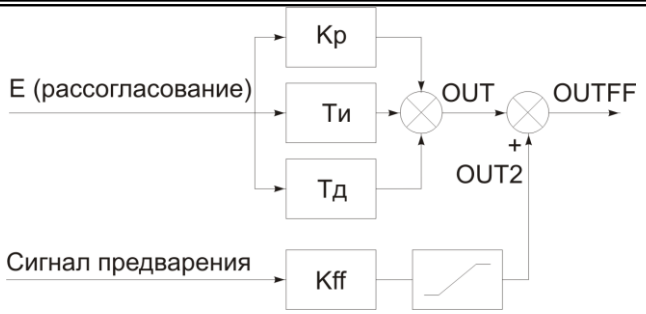


Рисунок 8.96.10 – Функціональна схема формування виходу вузла ПІД-регулятора із попередженням

Вихідний сигнал П-регулятора каналу попередження подається на вихід 12 o_FF блоку D_PID_I(96).

Далі регулюючий сигнал проходить через блок установки на виході регулятора безпечного значення дії (TRACK (16)). Якщо команда на встановлення безпечного положення відсутня, регулюючий сигнал проходить через цей блок без змін. Сигнал команди на встановлення безпечного положення заводиться на вхід прм(07), для чого параметр 07 dTRK потрібно зробити "пов'язаним".

Потім сигнал проходить через блок вибору режиму роботи регулятора MODE (18) (РУЧНИЙ/АВТОМАТ). Вибір режиму роботи здійснюється з передньої панелі контролера або визначається в параметрі 08 nMODE. В автоматичному режимі роботи регулюючий сигнал дельта-регулятора імпульсного керує дискретними сигналами, а в ручному режимі управління здійснюється з передньої панелі приладу або за інтерфейсом. Якщо керування здійснюється за інтерфейсом, значення переміщення ІМ записується в параметр 17 OUT.

Останньою ланкою імпульсного дельта-регулятора є імпульсний перетворювач PULSE (19), який після виходу ПІД-регулятора формує імпульсні сигнали «БІЛЬШЕ» - «МЕНШЕ».

Сигнали «БІЛЬШЕ» - «МЕНШЕ» йдуть на виходи блоку 05 dUP та 06 dDN, а також надходять на внутрішній інтегратор INTEGR (20), який формує інтегроване (розраховане) значення положення виконавчого механізму. Це значення виводиться на передній панелі на дисплеї ВИХІД, а також може бути використане на верхньому рівні з параметра 22 POZ. Якщо використовується зовнішній зворотний зв'язок, параметр 22 POZ потрібно зробити «пов'язаним» і на вхід прм(22) подати сигнал від давача положення виконавчого механізму. При цьому на дисплеї ВІХІД індикуватиметься реальне значення положення виконавчого механізму.

Виходи*09 o_delt, 10 d_part, 11 old_delti14 Tstop* блоки імпульсного дельта-регулятора є службовими.У зв'язку з постійною роботою над удосконаленням програмного забезпечення контролера та можливою зміною призначень даних виходів, використовувати їх у програмах користувача не рекомендується.

Приклад застосування

Якщо потрібна висока точність підтримання регульованого параметра на заданому значенні, виникає необхідність використання паралельних контурів регулювання. Типовим прикладом паралельного контуру є система, яка має вимірювальний параметр один, а регулюючих органів – два: в основній лінії та в байпасній (рисунок 8.96.12).

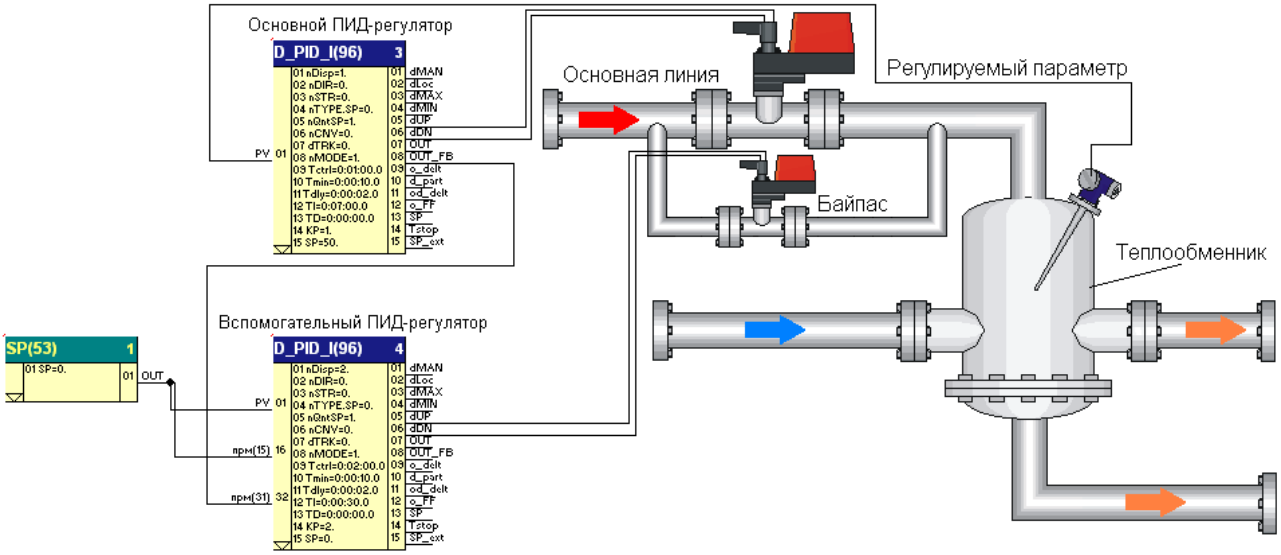


Рисунок 8.96.11 - Застосування імпульсних дельта-регуляторів

На рисунку 8.96.12 зображено реалізацію прикладу на основі функціонального блоку D_PID_I(96) контролера МІК-51. Значення властивостей блоків цієї програми наведено на рисунках 8.96.13 – 8.96.17. FBD-файл прикладу програми доступний для завантаження з офіційного сайту підприємства МІКРОЛ (Impuls_D_PID.zip).

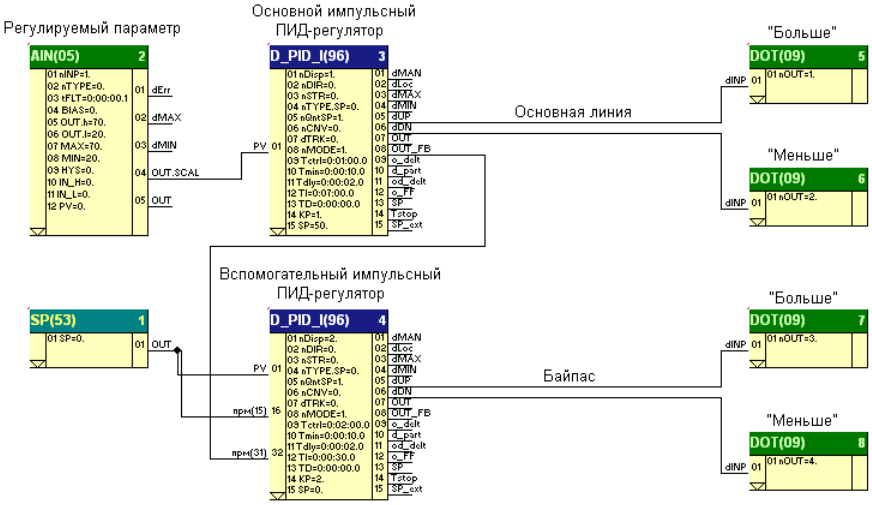
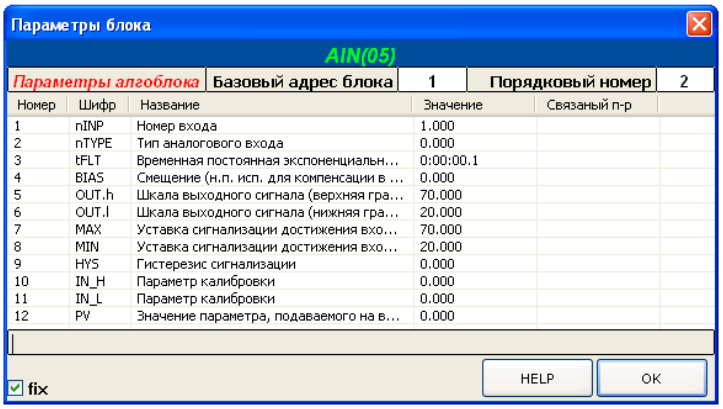


Рисунок 8.96.12 – Реалізація прикладу у редакторі АЛЬФА



Параметры блока

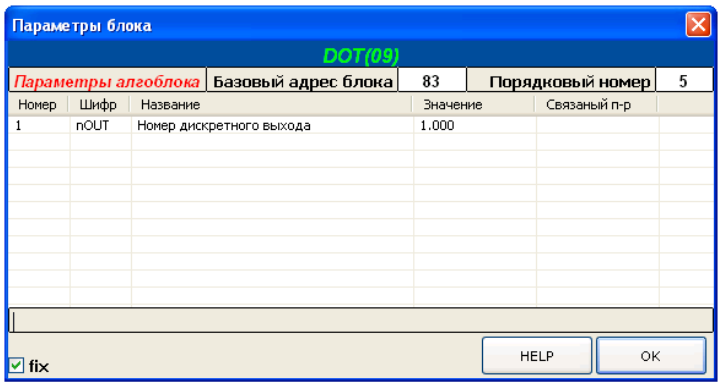
AIN(05)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	1	Порядковый номер	2

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	nINP	Номер входа	1.000	
2	nTYPE	Тип аналогового входа	0.000	
3	tFLT	Временная постоянная экспоненциальн...	0:00:00.1	
4	BIAS	Смещение (н.п. исп. для компенсации в ...	0.000	
5	OUT.h	Шкала выходного сигнала (верхняя гра...	70.000	
6	OUT.l	Шкала выходного сигнала (нижняя гра...	20.000	
7	MAX	Уставка сигнализации достижения вхо...	70.000	
8	MIN	Уставка сигнализации достижения вхо...	20.000	
9	HYS	Гистерезис сигнализации	0.000	
10	IN_H	Параметр калибровки	0.000	
11	IN_L	Параметр калибровки	0.000	
12	PV	Значение параметра, подаваемого на в...	0.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.96.13 – Параметри блоку AIN(05)



Параметры блока

DOT(09)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	83	Порядковый номер	5

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	nOUT	Номер дискретного выхода	1.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.96.14 - Параметри блоку DOT(09)

Параметры блока

D_PID_I(96)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	13	Порядковый номер	3

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	nDisp	Номер дисплея	1.000	
2	nDIR	Направление действия регулятора	0.000	
3	nSTR	Структура регулятора (парадедьный,п...	0.000	
4	nTYP...	0-динамический 1-статический	0.000	
5	nQntSP	Количество используемых заданий (1-в...	1.000	
6	nCNV	Тип преобразования	0.000	
7	dTRK	Команда установки на выходе регулят...	0.000	
8	nMODE	Режим работы	1.000	
9	Tctrl	Время механизма	0:01:00.0	
10	Tmin	Минимальная длительность импульса	0:00:10.0	
11	Tdly	Задержка между включениями	0:00:02.0	
12	TI	Время интегрирования	0:07:00.0	
13	TD	Время диференцирования	0:00:00.0	
14	KP	Коэффициент усиления	1.000	
15	SP	Задание	50.000	
16	SP_EXT	Внешнее задание	0.000	
17	OUT	Выход регулятора	21.183	
18	PV_r	Диапазон входного сигнала	100.000	
19	SP_h	Верхнее ограничение задания	100.000	
20	SP_l	Нижнее ограничение задания	0.000	
21	SP_r	Скорость изменения задания 0-статиче...	70.000	
22	POZ	Положение механизма	23.433	
23	TRK_V	Значение безопасного воздействия	0.000	
24	MAX	Сигнализация MAX параметра	100.000	
25	MIN	Сигнализация MIN параметра	0.000	
26	HYS	Гистерезис сигнализации параметра	0.000	
27	FF_V	Вход блока предварения	0.000	
28	FF_G	Усиление канала предварения	0.000	
29	FF_h	Верхнее ограничение предварения	0.000	
30	FF_l	Нижнее ограничение предварения	0.000	
31	COR_V	Вход канала коррекции	0.000	
32	COR_G	Усиление канала коррекции	0.000	
33	COR_h	Верхнее ограничение канала коррекции	0.000	
34	COR_l	Нижнее ограничение канала коррекции	0.000	
35	FB	Обратная связь	0.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.96.15 - Параметри блоку D_PID_I(96)

Параметры блока

SP(53)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	0	Порядковый номер	1

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	SP	Значение уставки	0.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.96.16 - Параметри блоку SP(53)

Параметры блока

D_PID_I(96)

Параметры алгоблока	Базовый адрес блока	48	Порядковый номер	4

Номер	Шифр	Название	Значение	Связаный п-р
1	nDisp	Номер дисплея	2.000	
2	nDIR	Направление действия регулятора	0.000	
3	nSTR	Структура регулятора (парадедьный,п...	0.000	
4	nTYP...	0-динамический 1-статический	0.000	
5	nQntSP	Количество используемых заданий (1-в...	1.000	
6	nCNV	Тип преобразования	0.000	
7	dTRK	Команда установки на выходе регулят...	0.000	
8	nMODE	Режим работы	1.000	
9	Tctrl	Время механизма	0:02:00.0	
10	Tmin	Минимальная длительность импульса	0:00:10.0	
11	Tdly	Задержка между включениями	0:00:02.0	
12	TI	Время интегрирования	0:00:30.0	
13	TD	Время диференцирования	0:00:00.0	
14	KP	Коэффициент усиления	2.000	
15	SP	Задание	0.000	связаный п-р
16	SP_EXT	Внешнее задание	0.000	
17	OUT	Выход регулятора	24.833	
18	PV_r	Диапазон входного сигнала	100.000	
19	SP_h	Верхнее ограничение задания	100.000	
20	SP_l	Нижнее ограничение задания	0.000	
21	SP_r	Скорость изменения задания 0-статиче...	0.000	
22	POZ	Положение механизма	8.667	
23	TRK_V	Значение безопасного воздействия	0.000	
24	MAX	Сигнализация MAX параметра	100.000	
25	MIN	Сигнализация MIN параметра	0.000	
26	HYS	Гистерезис сигнализации параметра	0.000	
27	FF_V	Вход блока предварения	0.000	
28	FF_G	Усиление канала предварения	0.000	
29	FF_h	Верхнее ограничение предварения	0.000	
30	FF_l	Нижнее ограничение предварения	0.000	
31	COR_V	Вход канала коррекции	-50.000	связаный п-р
32	COR_G	Усиление канала коррекции	-1.000	
33	COR_h	Верхнее ограничение канала коррекции	100.000	
34	COR_l	Нижнее ограничение канала коррекции	0.000	
35	FB	Обратная связь	0.000	

fix HELP OK

Рисунок 8.96.17 - Параметри блоку D_PID_I(96)

9 Функціональні блоки керування станом

9.80 IF (80) - Якщо

Призначення
Функціональний блок застосовується для побудови умовних залежностей (переходів).

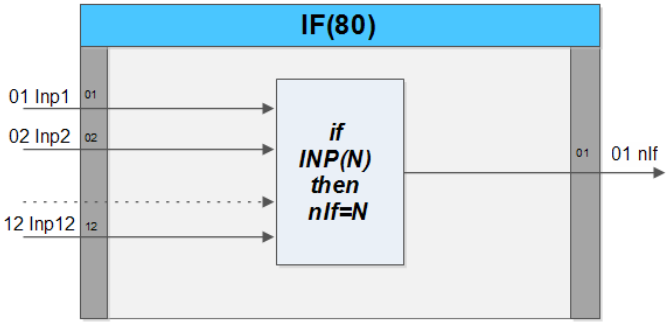


Рисунок 9.80.1 – Функціональна схема блоку «якщо» IF(80)

Опис функціонального блоку
Функціональний блок формує на виході 01 nIF ціле число, яке відповідає номеру першого порядку входу, на який подано “1”, тобто. виконалася умова INP(N)=1. Якщо ця умова не виконалася для жодного входу, то вихід блоку приймає значення “0”.
Цей функціональний блок можна використовувати з блоком «Тоді» (THEN(81)) та блоками порівняння (наприклад, блоком порівняння CMP(35)).

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 9.80.1.

*Таблиця 9.80.*1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Входи				
01	INP1	Речове		Вхід 1
02	INP2	Речове		Вхід 2
m	INPm	Речове		Вхід m (m<12)
Вихід				
01	nIF	Ціле		Номер першого за порядком входу, на який подано «1»

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_80_81.fbx)
Постановка задачі: Необхідно передати номер виходу, що спрацював, функціонального блоку аналогового входу (помилка вхідного сигналу, вихід за межі сигналізації мінімуму або максимуму).
Рішення:

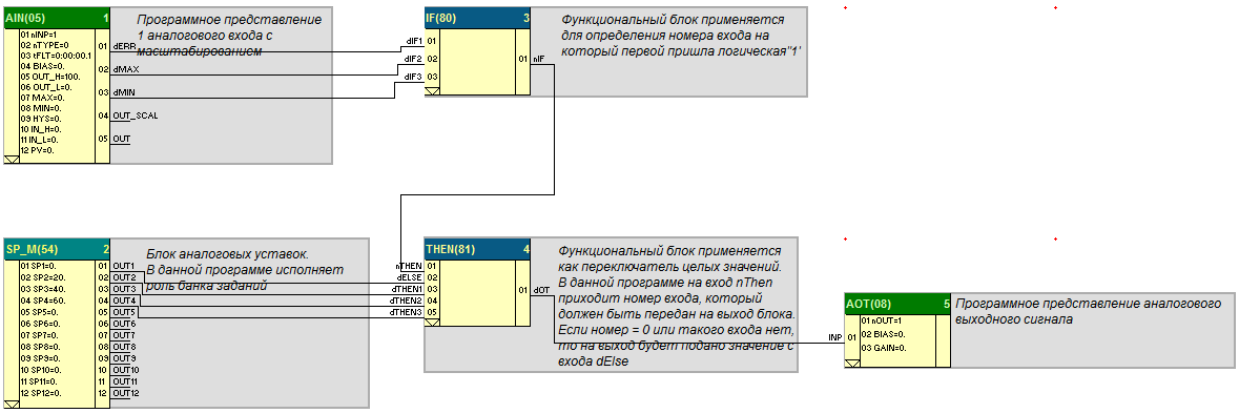


Рисунок 9.80.2 – Приклад роботи блоку IF (80)

Примітка: функціональний блок доданий з версії прошивки 51.44.

9.81 THEN (81) - Тоді

Призначення
Функціональний блок застосовується до виконання умов.

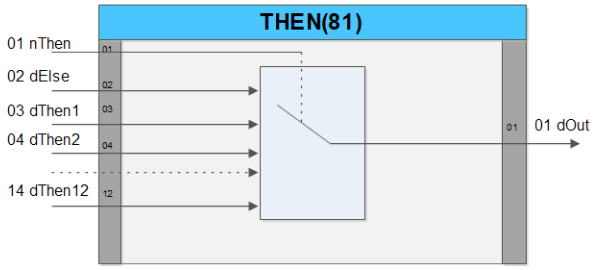


Рисунок 9.81.1 – Функціональна схема блоку «тоді» THEN(81)

Опис функціонального блоку
Функціональний блок формує на виході dOUT дискретне значення:

dOUT = dTHEN(nTHEN)

яке формується (вибирається) залежно від вхідного сигналу nTHEN. Вхід dTHEN, dELSE служать для формування масиву станів, які будуть подані на вихід блоку в залежності від nTHEN. Якщо nTHEN=0 тоді dOUT=dELSE; якщо nTHEN=1 тоді dOUT=nTHEN1 і т.д.
Цей функціональний блок можна використовувати із блоком «Якщо» (IF(80)).

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 9.81.1.

Таблиця 9.81.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Входи				
01	nTHEN	Речове		Вхід уведення умови
02	dELSE	0 / 1		Вхід «інакше»
03	dTHEN1	0 / 1		Вхід «тоді» №1
m+2	dTHENm	0 / 1		Вхід «тоді» №m, m≤10
Вихід				
01	dOUT	0 / 1		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_80_81.fbx)
Постановка задачі: Необхідно, залежно від виходу блоку IF(80) на аналоговий вихід подати значення 20, 40, 60, у разі коли на вхід блоку прийде свідомо неправильне значення, на аналоговий вихід подати значення 0.

Рішення:

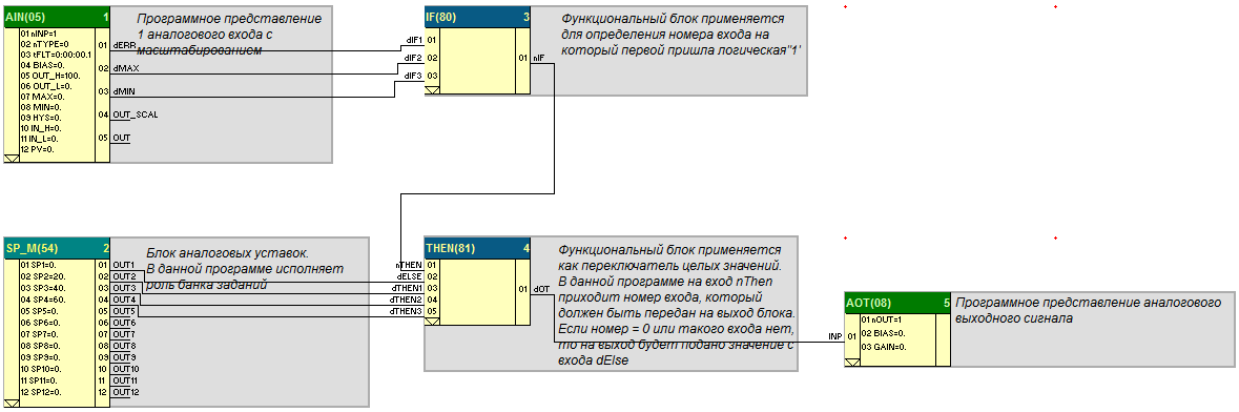


Рисунок 9.81.2 – Приклад роботи блоку THEN (81)

Примітка: функціональний блок доданий з версії прошивки 51.44.

9.82 STATE (82) – Блок станів

Призначення
Функціональний блок застосовується на формування масиву дискретних станів.

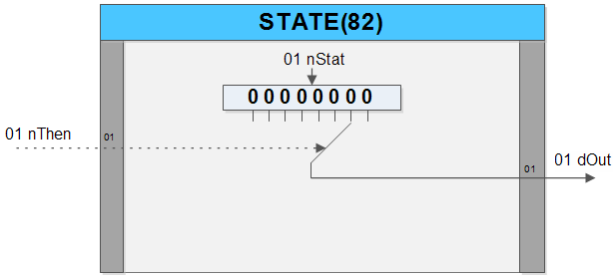


Рисунок 9.82.1 – Функціональна схема блоку «блок станів» STATE(82)

Опис функціонального блоку
Функціональний блок формує на виході dOUT дискретне значення, яке відповідає значенню біта за номером nTHEN у параметрі nSTAT. Параметр nSTAT служить формування масиву станів, які будуть подані вихід блоку залежно від значення nTHEN.
Цей функціональний блок можна використовувати з блоком Якщо (IF(80)).

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 9.82.1.

*Таблиця 9.82.*1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Вхід				
01	NTHEN	Речове		Вхід (вхід умови)
Параметр				
01	NSTAT	Ціле	0	Ціла кількість, що формує масив станів
Вихід				
01	DOUT	0 / 1		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_82.fbx)
Постановка задачі: Організувати маску передачі на передню панель контролера логічної одиниці.

Рішення:

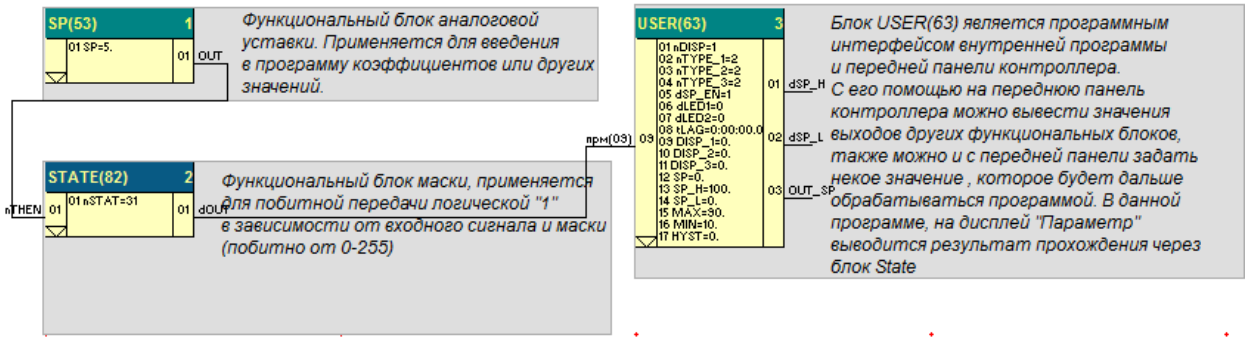


Рисунок 9.82.2 - Приклад роботи блоку STATE (82)

Примітка: функціональний блок доданий з версії прошивки 51.44.

9.83 dSET (83) - Уставка дискретна

Призначення
Функціональний блок застосовується на формування сигналу зовнішнього дискретного завдання.

Рисунок 9.83.1 - Функціональна схема блоку «дискретна уставка» DSET(83)

Опис функціонального блоку
На виході (01 OUT) блоку формується дискретне значення, яке відповідає параметру 01 dSET.

Входи, параметри та виходу блоку представлені в таблиці 9.83.1.

Таблиця 9.83.1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Параметр				
01	dSET	0 / 1	0	Значення дискретної уставки
Вихід				
01	dOUT	0 / 1		Вихід блоку

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_83.fbx)
Постановка задачі: Створити можливість з верхнього рівня керувати дискретним виходом шляхом запису до функціонального блоку логічного «1».

Рішення:

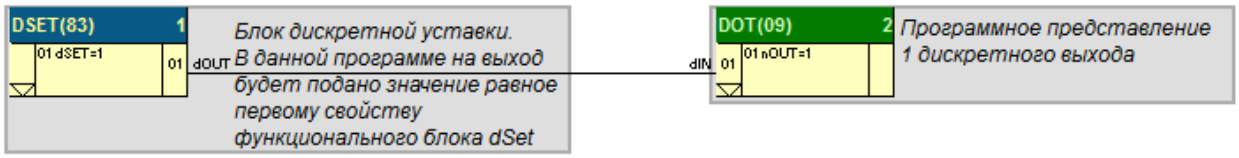


Рисунок 9.83.2 - Приклад роботи блоку DSET (83)

Примітка: функціональний блок доданий з версії прошивки 51.44.

9.84 CASE (84)- Вибір із безлічі

Призначення

Функціональний блок використовується для перемикання дискретного сигналу.

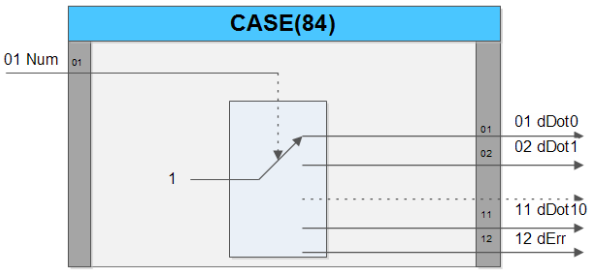


Рисунок 9.84.1 - Функціональна схема блоку «вибір із множини» CASE(84)

Опис функціонального блоку

Перемикач має 10 положень. На вхід NUM подається число, що визначає номер виходу, на який буде подано сигнал «1». dOT(n) спрацює (видасть сигнал «1») якщо на вхід NUM надійде ціле число n, н.п., якщо на вхід NUM надійшло число 6, то вихід 7 dOT6=1, а решта виходів дорівнює 0. Вихід 12 dERR =1 якщо на вхід блоку подано значення, що виходить за діапазон 0 ≤ NUM ≤ 10.

Робота перемикача описується таблицею:

Таблиця 9.84.1

NUM<0	NUM = 0	NUM = 1	NUM =2	....	NUM >10
dERR=1 dOT0.. dOT10=0	dOT0=1 dOT1.. dOT10=0 dERR=0	dOT1=1 dOT0, dOT2.. dOT10=0 dERR=0	dOT2=1 dOT0, dOT1, dOT3.. dOT10=0 dERR=0	...	dERR=1 dOT0.. dOT10=0

Входи, параметри та виходи блоку представлені в таблиці 9.84.2

Таблиця 9.84.2

Входи – параметри – виходи				**Призначення**
No	**Позначення**	**Діапазон значень**	**Значення за замовчуванням**	
Вхід				
01	NUM	Ціле		Номер входу блоку, що подається на вихід
Виходи				
01	dOT0	0 / 1		Вихід блоку
02	dOT1	0 / 1		Вихід блоку
….	…….			
10	dOT9	0 / 1		Вихід блоку
11	dOT10	0 / 1		Вихід блоку
12	dERR	0 / 1		Помилка вхідного сигналу

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_84.fbx)

Постановка задачі: Залежно від вхідного сигналу, що подається, подати на один з 5 дискретних виходів логічну «1»

Рішення:

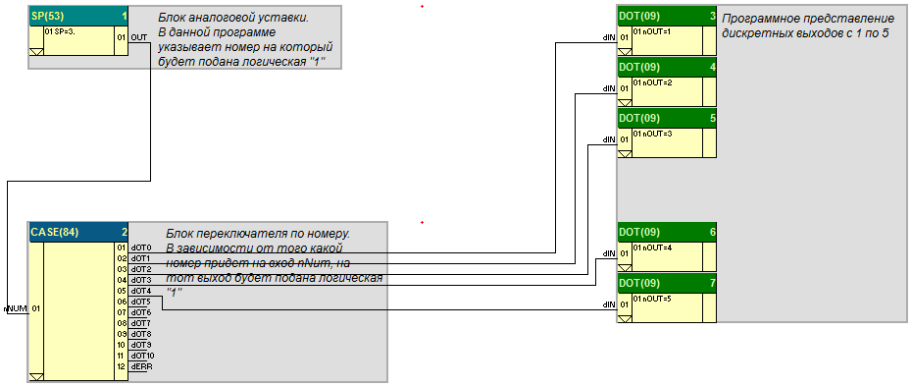


Рисунок 9.84.2 - Приклад роботи блоку CASE (84)

Примітка: функціональний блок доданий з версії прошивки 51.44.

9.86DETECT (86) - Детектор увімкнення живлення або запуску програми користувача

Призначення

Функціональний блок застосовується длявизначення подачі живлення чи запуску програми контролера. Тобто для можливості запуску програми при виключенні з початку, а не з значень параметрів, що запам'ятовуються контролером.

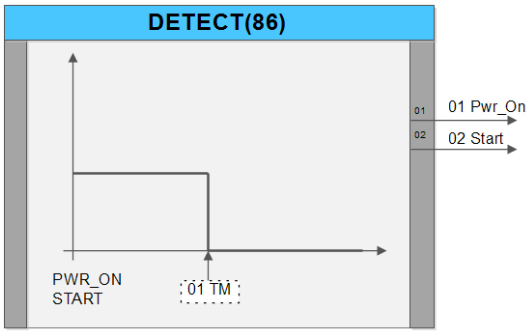


Рисунок 9.86.1 – Функціональна схема блоку «детектор» DETECT(86)

Опис функціонального блоку

У разі увімкнення живлення на виході формується імпульсний сигнал PWR_ON.

У разі запуску програми користувача (перехід з режиму програмування до режиму роботи) на виході формується імпульсний сигнал START.

TM-тривалість імпульсу на виходах блоку.

Входи, параметри та виходи блоку представлені в таблиці 9.86.1

*Таблиця 9.86.*1

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Параметр				
01	TM	Час	0:00:01:0	тривалість імпульсу на виході блоку
Виходи				
01	PWR_ON	0 / 1		
02	START	0 / 1		

Приклад застосування(%\Microl\Alfa 2.0\examples\fbd_86.fbx)

Постановка завдання: Якщо живлення приладу пропадало або запис програми користувача, необхідно увімкнути дискретний вихід на 5 секунд.

Рішення:

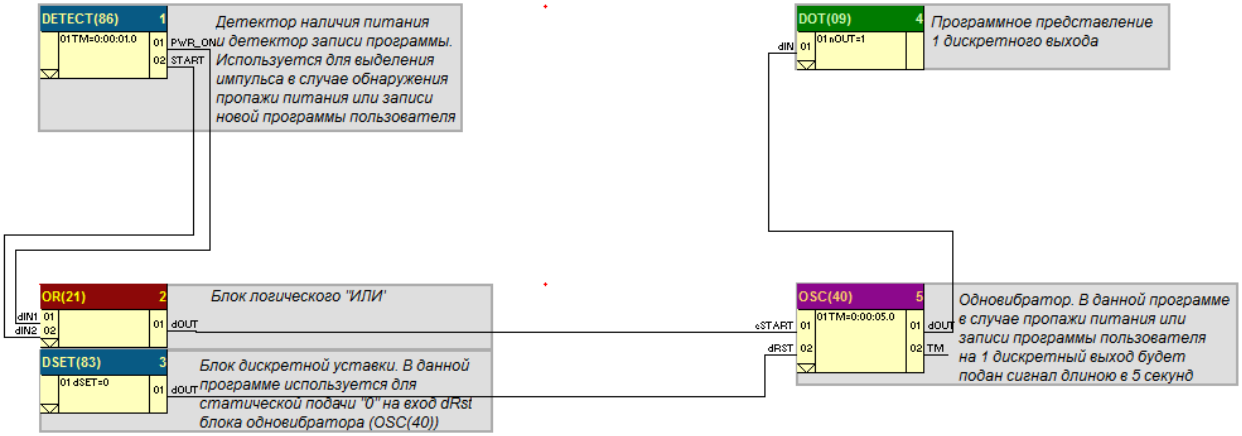


Рисунок 9.86.2 - Приклад роботи блоку DETECT (86)

Примітка: функціональний блок доданий з версії прошивки 51.52.

Додаток 1. Приклад побудови простого контуру аналогового регулювання

Опис роботи

Дана схема може застосовуватися для регулювання будь-якого параметра (температура, тиск, рівень, витрата тощо). На рисунку П.1.1 зображено програму для МІК-51 у графічному вигляді за допомогою функціональних блоків AIN(5), PID(60), AOT(8).

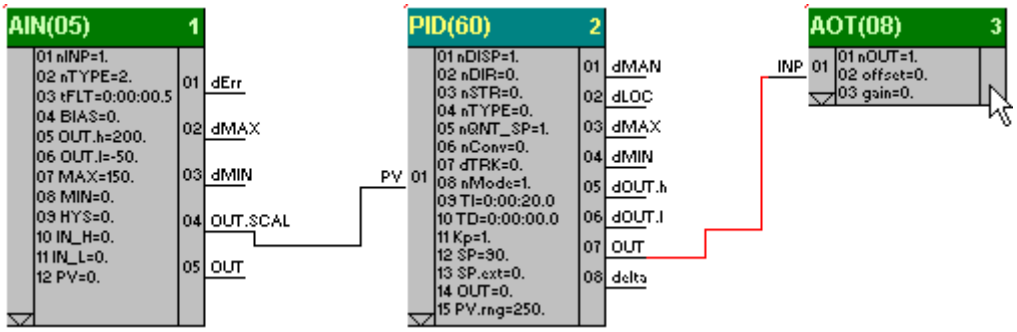


Рисунок П.1.1 – Програма ПІД регулятора

У функціональному блоці AIN обов'язково вказується номер аналогового фізичного входу, тип давача, діапазон вимірювання давача.

У функціональному блоці PID обов'язково вказується номер (№) дисплея індикації панелі регулятора. Далі необхідно вказати (змінити) потрібні нам параметри, такі як структура, напрямок дії, режим роботи, ПІД коефіцієнти регулятора, діапазон зміни параметра, що регулюється, обмеження завдання, обмеження виходу регулятора.

У функціональному блоці AOT обов'язково вказується номер фізичного аналогового виходу.

Цю програму слід записати в табличному вигляді (табл.П.1.1) для введення її з передньої панелі контролера. Потрібно перейти в режим програмування, кількість використаних блоків (у нашому прикладі – 3), кількість програмних задавачів, панелей користувача (0; 0) та кількість панелей регулювання (у нашому прикладі – 1). Після введення функціональних блоків, параметрів та зв'язків потрібно записати програму в енергонезалежну пам'ять.

*Таб*особи П.1.1 - Табличний вид запису програми

Алгоритми					Конфігурація					Налаштування		
№ бл	шифр	№	Баз. адр.	Мод.	№ бл	№ вх	№ бл	№ вих	Ім'я входу	№ параметра	Ім'я параметра	Значення
01	AIN	05	0000	01						01	nINP	1
										02	nTYPE	2
										03	tFLT	0:00:00.5
										04	BIAS	0.000
										05	OUT_H	200.0
										06	OUT_L	-50.00
										07	MAX	150.0
										08	MIN	0.000
										09	HYS	0.000
										10	IN_H	xxxx
										11	IN_L	xxxx
										12	PV	0.000
02	PID	60	0012	01	02	01	01	04	PV	01	nDISP	1
										02	nDIR	0
										03	nSTR	0
										04	nTYPE	0
										05	SP_Q	1
										06	nCONV	0
										07	dTRK	0
										08	nMODE	1
										09	TI	0:00:20.0
										10	TD	0:00:00.0
										11	KP	1.000
										12	SP	90.00
										13	SP_EXTERN	0.000

Продовження таблиці П.1.1

Алгоритми					Конфігурація					Налаштування		
№ бл	шифр	№	Баз. адр.	Мод.	№ бл	№ вх	№ бл	№ вих	Ім'я входу	№ параметра	Ім'я параметра	Значить ня
										14	OUT	0.000
										15	PV_RANGE	250.0
										16	SP_H	150.0
										17	SP_L	0.000
										18	SP_RATE	5.000
										19	OUT_H	100.0
										20	OUT_L	0.000
										21	TRK_VAL	0.000
										22	PV_MAX	120.0
										23	PV_MIN	0.000
										24	PV_HYS	0.000
										25	FF_VAL	0.000
										26	FF_GAIN	0.000
										27	FF_H	0.000
										28	FF_L	0.000
										29	COR_VAL	0.000
										30	COR_GAIN	0.000
										31	COR_H	0.000
										32	COR_L	0.000
										33	FB	0.000
03	AOT	08	0045	01	03	01	02	07	INP	01	nOUT	1
										02	-	0.000
										03	-	0.000

Далі необхідно провести калібрування вхідного та вихідного аналогового сигналу (див. PE1), і підключити вхідні та вихідні сигнали до контролера (давач та виконавчий механізм). Для аналогового входу тип давача вказаний у параметрі nTYPE блоку AIN повинен збігатися зі встановленим за допомогою перемичок типом входу на платі процесора та клемно-блоковому з'єднанні.

Після проведення вищезазначених дій контролер потрібно перевести в режим роботи, перейти на панель відображення регуляторів.

Додаток 2. Приклад побудови логічних схем управління

Опис роботи

Функціональні схеми, наведені на малюнках П.2.1 та П.2.2, працюють за такою логікою:

Якщо Di1=1 (включено) тоді DO1=1
Якщо dMAX=1 тоді DO1=1
Інакше DO1 = 0.

Тобто якщо спрацював зовнішній дискретний давач або параметр аналогового входу перевищив уставку MAX, тоді включити дискретний вихід 1, інакше дискретний вихід 1 відключити. Цю логіку роботи можна здійснити за допомогою логічних функціональних блоків, як показано на рисунку П.2.2. Вибирати потрібно ту структуру побудови, яка буде простішою для розуміння та налагодження.

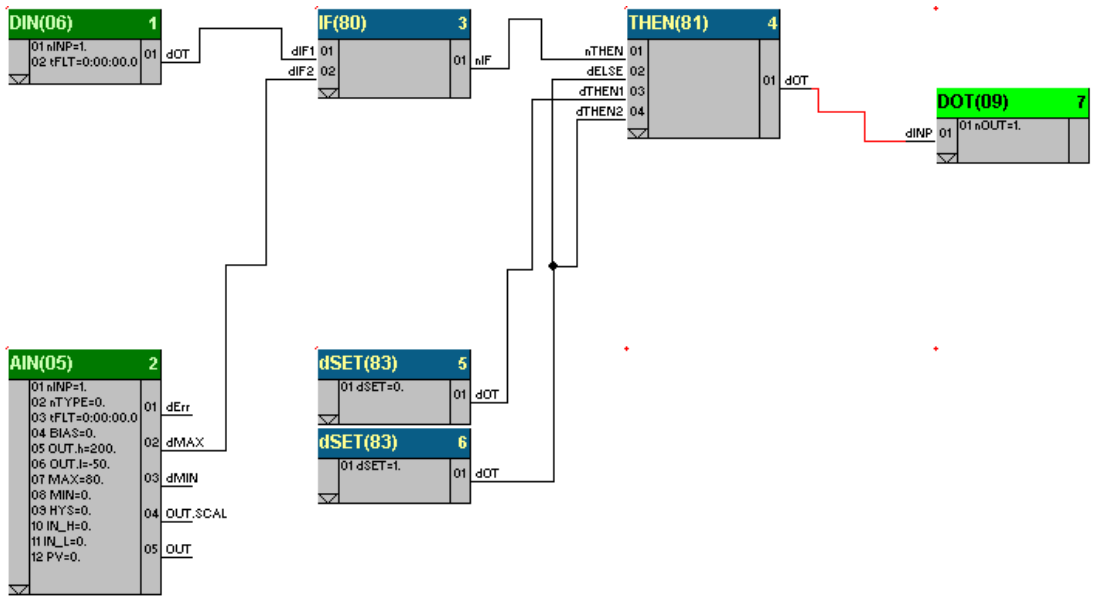


Рисунок П.2.1 – Побудова логічних схем управління з використанням функціональних блоків ЯКЩО – ТОДИ (IF(80) – THEN(81))

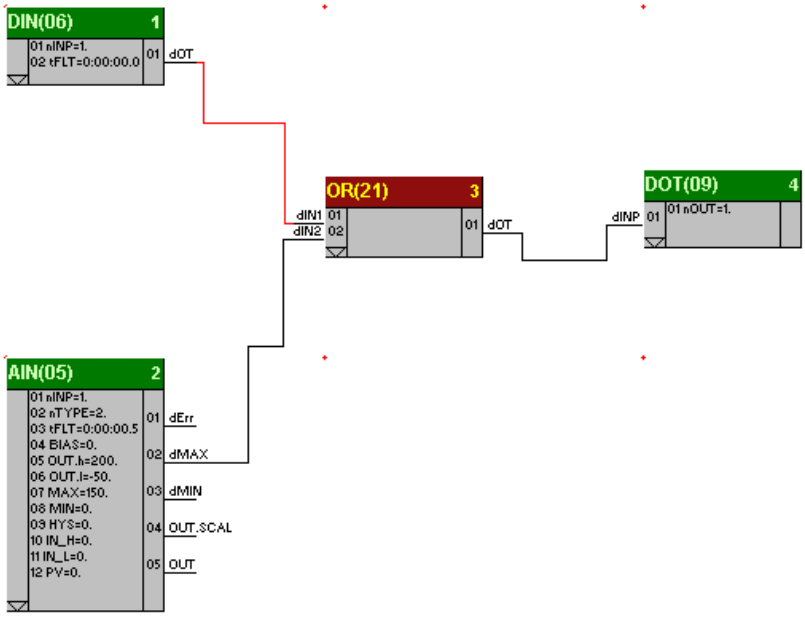


Рисунок П.2.2 – Приклад побудови логічної схеми управління з використанням функціонального блоку АБО (OR(21))

Наведені схеми (рис.П.2.1 та рис.П.2.1) можуть бути використані спільно зі схемою, зазначеною в додатку 1, як додаткова логіка роботи регулятора (тоді потрібно змінити порядкові номери та базові адреси блоків).

Лист реєстрації змін

Змін.	Номери листів (сторінок)			Усього листів у документі	№ документа	Вхідний № супроводжуючого документа та дата	Підп.	Дата
	Змінених	Замінених	Нових					
1.20	4, 7, 20	73-111	112-199	199		Розширені описи блоків PID(60), PID_CAS(61), PID_IMP(62), D_PID(95) та D_PID_I(96). Додано описи блоків PID_R(90) та PID_I_R(91). В описі блоку DIN_CTU(7) виправлено кількість лічильних входів контролера. Додано лист реєстрації змін.	Д.В.В.	16.08.2010
2.01				213		1. Змінено вигляд функціональних схем блоків 2. Додані приклади використання 3. Виправлено невідповідності 4. Функціональні блоки посортовані згідно з програмним пакетом «ALFA»	Лукащук Р. О	10.04.2013
2.02				182		Додано контролер МІК-53Н, додано блоки DIN_GR(77), DOT_GR(78)	Марікот Д.Я.	12.10.2015
2.03				182		До структури документа додано МІК-50, МІК-127.	Марікот Д.Я.	17.12.2015
2.04				181		Вилучено блок DIN2_FRQ(67). Змінено опис блоку DIN_FRQ(02)	Марікот Д.Я.	30.08.2018