

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

Реалізація контурів регулювання з імпульсним вихідним сигналом

Тривалість: 2 акад. години

Мета: ознайомитися з основами побудови контурів регулювання з використанням виконавчих механізмів типу серводвигун, на базі бібліотечних блоків сімейства ControlLIB (регуляторів та блоку SERVO).

Завдання для виконання роботи

Загальна постановка завдання. Необхідно створити проект в UNITY PRO для реалізації поставленої задачі (рис.7.1 та рис.7.2) з використанням FFB бібліотеки ControlLIB. Відлагодження проекту зробити з використанням готового програмного імітатора об'єкту та операторського екрану.

Опис об'єкта 1. Технологічна установка являє собою теплообмінник для підігріву рідкого продукту (рис.7.1) за допомогою гарячої води. Температура продукту на виході вимірюється датчиком температури TT1 (0-100 °C, вхід ПЛК %IW0.1.2) який вмонтований на трубопроводі на відстані кількох метрів від підігрівника, а регулюється витратою гарячої води на виході підігрівника з використанням клапану TV1 і приводом типу МЕО (вихід ПЛК %Q0.3.16 – "більше", %Q0.3.17 – "менше"). Додатково вимірюється також температура води в трубопроводі безпосередньо на виході підігрівника за допомогою датчика TT1a (0-100°C, вхід ПЛК %IW0.1.3).

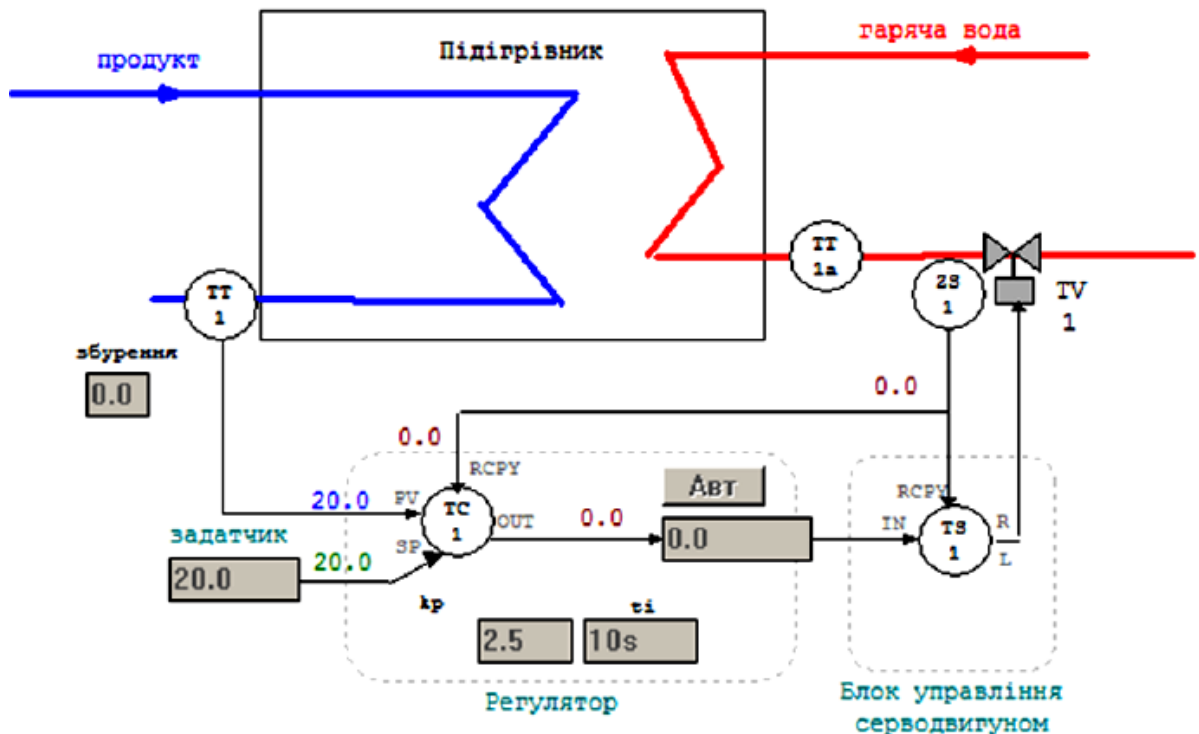


Рис.7.1. Операторський екран для контролю та управління процесом нагрівання в підігрівнику 1

Виконавчий механізм TV1 має показчик положення регулюючого органу (0-100%, вхід ПЛК %IW0.1.4). Час повного відкриття клапану – 10с, мінімальний імпульс – 250 мс.

Опис об'єкта 2. Аналогічно як до першого об'єкту, технологічна установка являє собою теплообмінник для підігріву рідкого продукту (рис.7.2) за допомогою гарячої води. Температура продукту на виході вимірюється датчиком температури ТТ2 (0-100°C, вхід ПЛК %IW0.1.6), а регулюється витратою гарячої води на виході підігрівника з використанням клапану TV2 з приводом типу МЕО (вихід ПЛК %Q0.3.18 – "більше", %Q0.3.19 – "менше"). Додатково вимірюється також температура води в трубопроводі безпосередньо на виході підігрівника за допомогою датчика ТТ2а (0-100°C, вхід ПЛК %IW0.1.7).

Виконавчий механізм TV2 має датчики кінцевого положення регулюючого органу: "повністю відкритий" - вхід ПЛК %I0.3.0, "повністю закритий" - вхід ПЛК %I0.3.1. Час повного відкриття клапану – 10с, мінімальний імпульс – 250 мс.

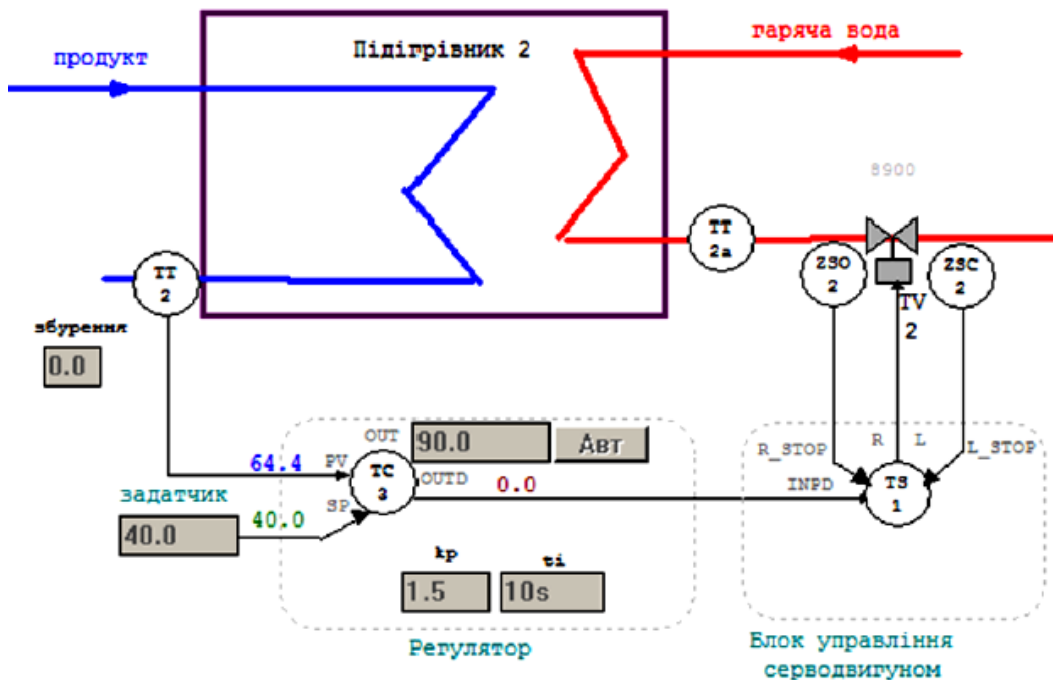


Рис.7.2. Операторський екран для контролю та управління процесом нагрівання в підігрівнику 2

Опис функцій. Система управління повинна забезпечити регулювання температури TT1 та TT2 з підтримкою наступних функцій:

- 1) стабілізація температур на виходах підігрівників на заданому оператором значенні, з використанням ПІ регуляторів та блоків управління серводвигунами;
- 2) можливість настройки коефіцієнтів K_p та T_i з операторського екрану;
- 3) можливість ручного управління виконавчими механізмами TV1 та TV2 з операторського екрану при переключенні в ручний режим з забезпеченням безударності переходу.

Лабораторна установка

Апаратне забезпечення: ПК.

Програмне забезпечення: UNITY PRO V \geq 4.0.

Порядок виконання роботи. Заходи безпеки.

Необхідно дотримуватись стандартних заходів безпеки при роботі з ПК.

Перед виконанням лабораторної роботи ознайомтесь з додатком 7.

1) Запустити на виконання UNITY PRO. Створити новий проект з ПЛК M340.

2) Імпортувати файл апаратної конфігурації:

Project Browser -> контекстне меню Configuration -> Import "Робочий стіл\тека Лаб_ППК\lab7_Servo_HW.XHW".

3) Подивитися конфігурацію обладнання для даної задачі.

4) Імпортувати файл з секцією імітатора об'єкту управління:

Project Browser -> Program-> Tasks -> Mast -> контекстне меню Sections -> Import "Робочий стіл\тека Лаб_ППК\LAB7_Servo_simul.XBD";

5) Імпортувати змінні:

Project Browser -> Variables & FB Instances -> Import "Робочий стіл\тека Лаб_ППК\lab7_Servo_vars.XSY"

Враховуючи що деякі змінні на момент імпорту в проєкті вже існують, в діалоговому вікні (рис.6.4) виберіть "Replace All", після чого "Ok".

6) Після імпорту змінних, ознайомтесь з їх призначенням (Рис.7.3)

7) Імпортувати операторські екрани:

Project Browser -> контекстне меню OperatorScreens-> Import-> "Робочий стіл\тека Лаб_ППК\ lab7_Servo_Screen.XCR".

8) Активуйте можливість використання динамічних масивів

Меню Tools->Project Settings-> Variableless->виставити опцію "Allow Dynamic Arrays"

9) Перевірте проєкт на наявність помилок. Якщо помилки є повторіть пункти 1-9 знову.

10) Створіть DFB тип *aligRCPY* відповідно до рис.Д.7.5. (У редакторі даних Data Editor-> DFB Types).

Після створення інтерфейсу та програми перевірте правильність: меню Build->Analyze

11) Створіть екземпляр з іменем "TY1_RCPY" типу *aligRCPY*.

12) Створіть програму для реалізації обробки входів та виходів. Можна використати варіант секцій "INPUTS" та "OUTPUTS" запропонований в додатку 7.

Увага! Використовуйте вже існуючі (імпортовані) змінні та екземпляри функціональних блоків, інакше операторські екрани не будуть функціонувати!

13) Створіть програму для реалізації управління першим підігрівником. Можна використати варіант секції CTRL1 запропонований в додатку 7.

14) Скомпілюйте проєкт і завантажте його в симулятор ПЛК.

Variables | DDT Types | Function Blocks | DFB Types

Filter
Name =

Name	Type	Val...	Comment
smInit	BOOL		Ініціалізація імітаційної моделі
TC1_AUTO	BOOL		1 - включити автоматичний режим роботи контуру TC1
TC2_AUTO	BOOL		1 - включити автоматичний режим роботи контуру TC2
TV1_CLS	BOOL		1 - команда на закриття Кл1
TV1_OPN	BOOL		1 - команда на відкриття Кл1
TV2_CLS	BOOL		1 - команда на закриття Кл2
TV2_OPN	BOOL		1 - команда на відкриття Кл2
ZSC2	BOOL		1 - спрацював датчик повного закриття
ZSO2	BOOL		1 - спрацював датчик повного відкриття
smZ1	REAL		збурення для ТТ1
smZ2	REAL		збурення для ТТ2
TC1_OUT	REAL		Вихід регулятора TC1
TC1_SP	REAL	20.0	Уставка регулятора TC1
TC2_OUT	REAL		Вихід регулятора TC2
TC2_OUTD	REAL		Інкрементальний вихід регулятора TC2
TC2_SP	REAL	20.0	Уставка регулятора TC1
TT1	REAL		Т продукту на виході підігрівача 1
TT1a	REAL		Т гарячої води на виході підігрівача 1
TT2	REAL		Т продукту на виході підігрівача 2
TT2a	REAL		Т гарячої води на виході підігрівача 2
ZS1	REAL		показник положення регулюючого органу Кл1

Variables | DDT Types | Function Blocks | DFB Types

Filter
Name =

Name	Type	Value	Comment
TC1_PARA	Para_PI_B		Параметри регулятора
id	UINT		
pv_inf	REAL	0.0	
pv_sup	REAL	100.0	
out_inf	REAL	0.0	
out_sup	REAL	100.0	
rev_dir	BOOL		
en_rcpy	BOOL	1	
kp	REAL	2.5	
ti	TIME	t#10s	
dband	REAL	0.2	
outbias	REAL		
TC2_PARA	Para_PI_B		Параметри регулятора
TS1_PARA	Para_SERVO		Параметри блоку управління серводвигуном
en_rcpy	BOOL	1	
rcpy_rev	BOOL		
t_motor	TIME	t#10s	
t_mini	TIME	t#250ms	
TS2_PARA	Para_SERVO		Параметри блоку управління серводвигуном
en_rcpy	BOOL	0	
rcpy_rev	BOOL		
t_motor	TIME	t#10s	
t_mini	TIME	t#250ms	

Variables | DDT Types | Function Blocks | DFB Types

Filter
Name <> sm*

Name	n...	Type	Comment
TC1		PI_B	Регулятор контуру 1
TC2		PI_B	Регулятор контуру 2
TS1		SERVO	Блок управління серводвигуном контуру 1
TS2		SERVO	Блок управління серводвигуном контуру 2

Рис.7.3. Змінні проекту

15) Змініть завдання до значення 40%, переключіть регулятор в автоматичний режим. Зверніть увагу на входи та виходи регулятору та блоку управління серводвигуном. Намагайтеся визначити причину такої поведінки. Зверніть увагу на тренди: нижні два показують активність виходів "більше" (зелений) та "менше"(жовтий). Дочекайтесь закінчення перехідного процесу.

16) Переведіть регулятор в ручний режим. Виставте значення на виконавчий механізм рівним 50%. Зверніть увагу на входи та виходи блоку управління серводвигуном. Дочекайтесь поки виконавчий механізм дійде до усталеного значення.

17) Повторіть пункт 16 для уставки 100%, після чого переведіть регулятор в автоматичний режим.

18) Створіть програму для реалізації управління другим підігрівником. Можна використати варіант секції CTRL2 запропонований в додатку 7.

19) Скомпілюйте проект і завантажте його в симулятор ПЛК.

20) Змініть завдання до значення 40%, переключіть регулятор в автоматичний режим. Зверніть увагу на входи та виходи регулятору та блоку управління серводвигуном. Намагайтеся визначити причину такої поведінки. Дочекайтесь закінчення перехідного процесу.

21) Переведіть регулятор в ручний режим. Виставте значення на виконавчий механізм рівним 50%. Зверніть увагу на входи та виходи блоку управління серводвигуном. Дочекайтесь поки виконавчий механізм дійде до усталеного значення.

22) Повторіть пункт 21 для уставки 100%, після чого переведіть регулятор в автоматичний режим.

Аналіз одержаних результатів

Викладачем перевіряється виконання поставленого завдання. Студент повинен пояснити виконання програми та призначення кожного пункту виконаного завдання. *Додатково оцінюється створення власного варіанту рішення задачі або модифікація існуючого.*

Запитання для самоперевірки

1. Розкажіть про призначення блоку управління серводвигунами SERVO.

2. Чим відрізняються принципи управління серводвигунами для першого та другого підігрівника?

3. Яким чином блоки управління серводвигунами можуть визначати положення регулюючого органу?

4. Як контролюється блоком управління серводвигунами досягнення регулюючим органом крайніх положень? Як при цьому веде себе блок?

5. Які особливості обробки серводвигунів в автоматичному та ручному режимах? Розкажіть про призначення входу SEN.

6. Розкажіть про роботу блоку управління серводвигуном в режимі активації RCPY? Як при цьому правильно з'єднувати SERVO та регулятор? Що необхідно передбачити в програмі в ручному режимі?

7. Розкажіть про роботу блоку управління серводвигуном в режимі без RCPY? Як при цьому правильно з'єднувати SERVO та регулятор? Що необхідно передбачити в програмі в ручному режимі?

8. Навіщо задаються в блоці управління серводвигунами параметри t_{motor} та t_{mini} ?

ДОДАТОК 7. Опис варіантів функціональних схем контурів регулювання та програми для їх реалізації в UNITY PRO.

Д7.1. Загальні принципи роботи контуру управління температурю в підігрівнику 1. Функціональна схема контуру регулювання температури продукту показана на операторському екрані (рис.7.1).

Контур включає:

- канали вимірювання ($TT1$, $TT1a$);
- регулятор $TC1$ (ПІ закон), який на основі сформованого завдання (вхід SP) та вимірювального значення ($TT1$ на вхід PV), формує сигнал управління (вихід OUT), що подається на блок управління серводвигуном $TS1$; на вхід $RCPY$ регулятора заводиться сигнал зворотного зв'язку по положенню регулюючого органу $ZS1$; для регулятора налаштовуються Kp та Ti ; регулятор може працювати в автоматичному або ручному режимі (вмикається/вимикається кнопка "АВТ"); в ручному режимі вихід OUT задається безпосередньо оператором;
- блок управління серводвигуном $TS1$, який перетворює числовий сигнал що поступає на вхід IN в діапазоні 0-100% у дискретні сигнали відповідної тривалості типу "більше" (вихід R) та "менше" (вихід L); на вхід $RCPY$ блоку заводиться сигнал зворотного зв'язку по положенню регулюючого органу $ZS1$;

- канал управління, який окрім клапану з виконавчим механізмом TV1 включає показник положення регулюючого органу (ZS1);

Д7.2. Структура програми. Для реалізації даної задачі використовуються 5-ть секцій (рис.Д7.1): секція "INPUTS" – для обробки вхідних каналів вимірювання; секція "OUTPUTS" – для обробки вихідних каналів управління; секція "CTRL1" та "CTRL2" – для реалізації контурів управління температурою відповідно в підігрівнику 1 та підігрівнику 2. Секція "Simulation" призначена тільки для імітації об'єкта.

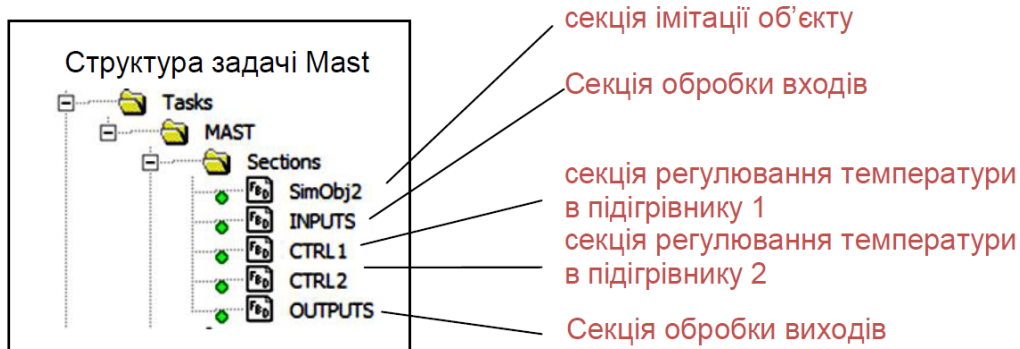


Рис.Д.7.1. Структура задачі MAST

У секції "INPUTS" (рис.Д.7.2) оцифровані значення аналогових входів масштабуються шляхом множення на коефіцієнт (діапазон 0-10000 в 0-100°C). До входів контуру з підігрівачем 1 належить також показник положення ZS1 (діапазон 0-10000 в 0-100 %XPO). До входів контуру з підігрівачем 2 належать також датчики кінцевого положення типу "відкрито" - ZSO2, та "закрито" - ZSC2.

У секції "OUTPUTS" (рис.Д.7.3) для кожного виконавчого механізму на виходи ПЛК подаються сигнали "більше" (TV1_OPN, TV2_OPN) та "менше" (TV1_CLS, TV2_CLS).

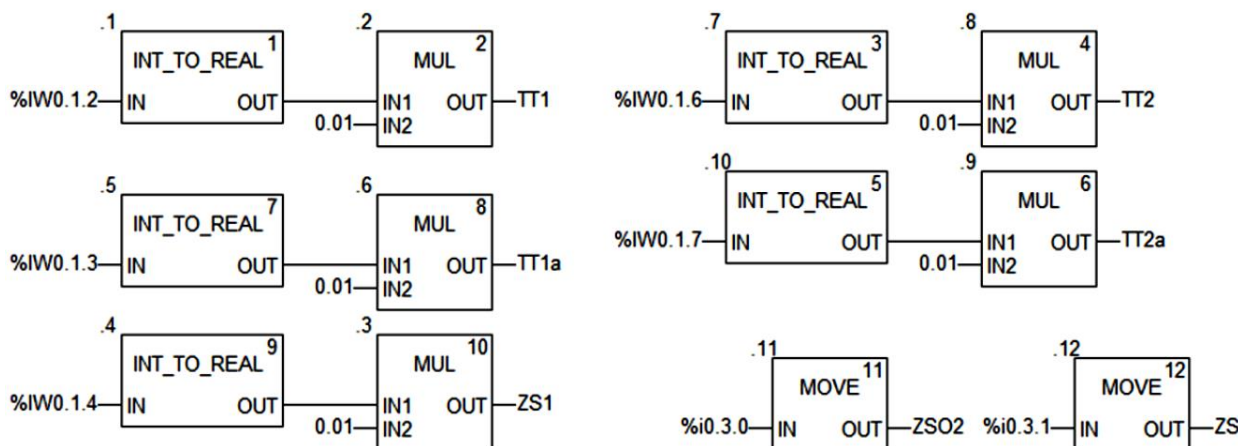


Рис.Д.7.2. Секція обробки входів

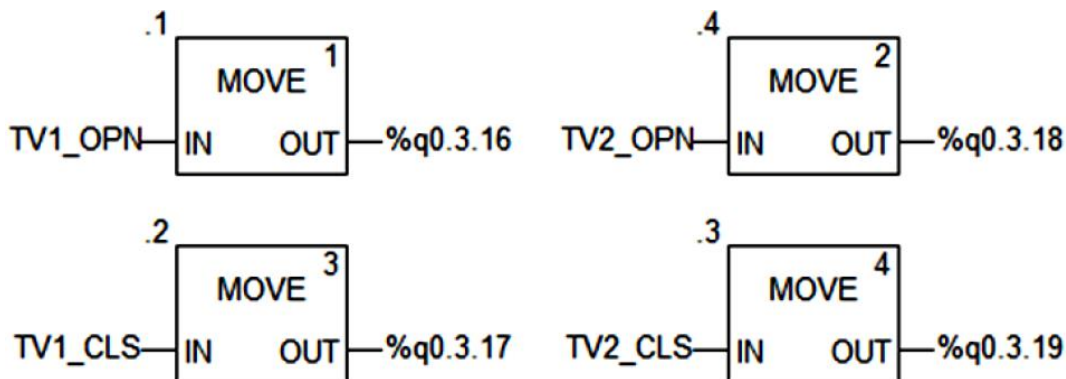


Рис.Д.7.3. Секція обробки виходів

Д7.3.Опис роботи програми реалізації контуру управління температурою в підігрівнику 1. Програма секції "CTRL1" наведена на рис.Д.7.4. Для UNITY PRO V<6.0 вхід/вихід *TC1.OUT* треба розірвати від *TS1* та *SERVO*, а зв'язок реалізувати через змінну *TC1_OUT*.

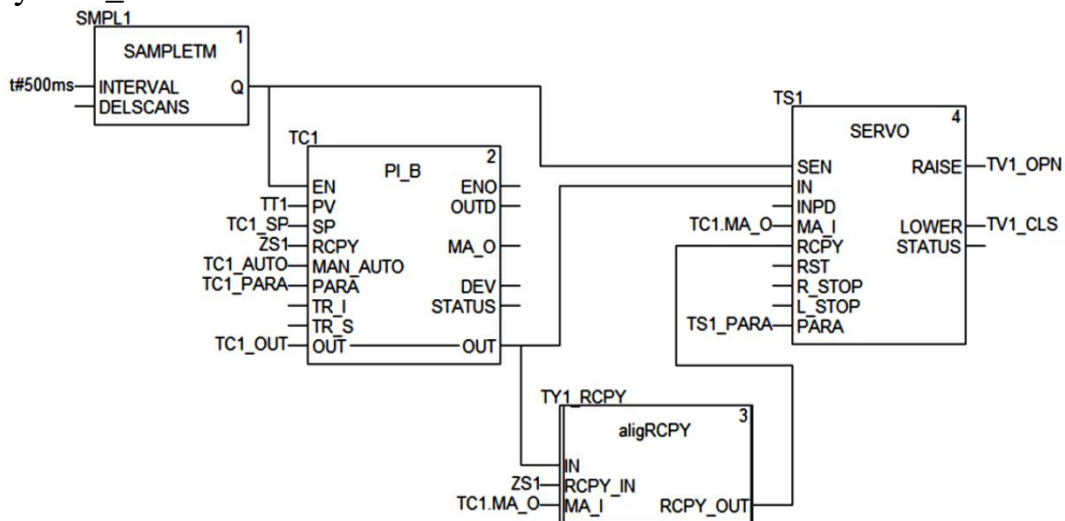


Рис.Д.7.4. Секція CTRL1 35

Оснoву контуру складає ІІІ-регулятор *TC1*, який на оснoві плинної температури *TT1* та завдання *TC1_SP* формує на виході *OUT* (прив'язаний до *TC1_OUT*) числове значення, яке подається на блок управління серводвигуном *TS1* для формування імпульсів "більше" та "менше". Регулятор *TC1* працює в режимі використання входу *RCPY* (*TC1_PARA.en_rcpy=TRUE*). Це значить, що нове значення виходу *OUT* регулятор буде розраховувати на базі значення входу *RCPY*, на який подається значення покажчика положення *ZS1*.

Блок управління серводвигуном *TS1* теж працює в режимі використання входу *RCPY* (*TS1_PARA.en_rcpy=TRUE*). Це значить, що він буде перетворювати значення різниці *IN-RCPY* у дискретний сигнал *RAISE* або *LOWER* відповідної тривалості. Значення параметрів блоку дорівнюють *TS1_PARA.t_motor=t#10s* та *TS1_PARA.t_mini=t#250ms* відповідно до умов задачі.

Алгоритм роботи блоку *SERVO* працює таким чином, що у ручному режимі він буде видавати сигнали "більше" та "менше" до тих пір, поки *IN* та *RCPY* не будуть рівними. Для того, щоб блок управління серводвигуном в ручному режимі припиняв управління в зоні наближеній до положення *RCPY*, можна створити та використати блок вирівнювання (рис.Д.7.5). Принцип роботи алгоритму заключається в прирівнюванні виходу *RCPY_OUT=IN* в тому випадку, коли в ручному режимі (*MA_I=TRUE*) вхід *IN* буде в зоні наближення до *RCPY*. Величина зони наближення визначається параметром *deadb*, збільшення значення якого зменшує кількість рухів однак збільшує похибку позиціонування.

Variables DDT Types Function Blocks DFB Types				
Filter Name =				
Name	no.	.	V...	Comment
aligRCPY		<DFB>		
<inputs>				
IN	1	REAL		управляющий вихід на виконавчий механізм
RCPY_IN	2	REAL		положення виконавчого механізму
MA_I	3	BOOL		стан РУЧ/АВТ регулятора
<outputs>				
RCPY_OUT	3	REAL		вирівняне положення виконавчого механізму
<inputs/outputs>				
<public>				
deadb		REAL	0.25	зона нечутливості
<private>				
<sections>				
aligRCPY				

```

if ABS(IN-RCPY_IN)<deadb and NOT MA_I then
    RCPY_OUT:=IN;
ELSE
    RCPY_OUT:=RCPY_IN;
end_if;

```

Рис.Д.7.5. Структура і програма DFB типу aligRCPY.

Блок вирівнювання *TY1_RCPY* включається в схему між *TC1.OUT* та *SERVO.RCPY*. Тобто, коли *ZS1* знаходиться в зоні *TC1_OUT*, на вхід *TS1.RCPY* буде подаватися значення *TC1_OUT* а не *ZS1*, що приведе до відключення виходів LOWER та RAISE. 36

Д7.4.Опис роботи програми реалізації контуру управління температурою в підігрівнику 2. Програма секції "CTRL2" наведена на

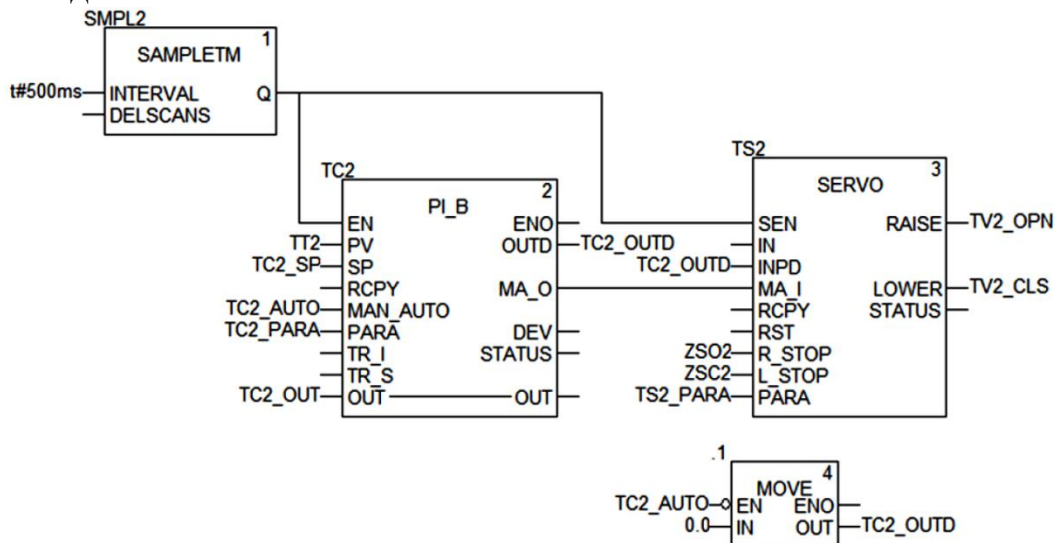


Рис.Д.7.6. Секція CTRL2

Оснoву контуру складає ПІ-регулятор *TC2*, який на основі плинної температури *TT2* та завдання *TC2_SP* формує на інкрементальному виході *OUTD* (прив'язаний до *TC2_OUTD*) числове значення, яке подається на блок управління серводвигуном *TS2* для формування імпульсів "більше" та "менше". Регулятор *TC2* працює в режимі без використання входу *RCPY* (*TC1_PARA.en_rcpy=FALSE*), саме тому використовується зв'язка інкрементального виходу *TC2.OUTD* та *TS2.INPD*. Це значить, що на кожному циклі блок *TC2* буде розраховувати нове інкрементальне значення виходу *OUTD*, а абсолютне значення *OUT* використовуватися не буде.

Блок управління серводвигуном *TS2* теж працює в режимі без використання входу *RCPY* (*TS1_PARA.en_rcpy=FALSE*). Це значить, що він буде перетворювати значення входу *INPD* у дискретний сигнал *RAISE* або *LOWER* відповідної тривалості. Значення параметрів блоку дорівнюють *TS1_PARA.t_motor=t#10s* та *TS1_PARA.t_mini=t#250ms* відповідно до умов задачі.

Алгоритм роботи блоку *SERVO* працює таким чином, що у ручному режимі він буде видавати сигнали "більше" та "менше" відповідно до значення входу *INPD* на кожному циклі. Враховуючи що змінна *TC2_OUTD* оновлюється з періодичністю виклику *TC2* (500 мс), а блок *TS2* з кожним циклом, протягом 500 мс блок *TS2* буде формувати нові імпульси. Для того щоб уникнути

цього ефекту, в ручному режимі (*TC2_AUTO=FALSE*) змінна *TC2_OUTD* обнуляється після обробки контуру.

Рекомендована література

1. Ніколаєнко А.М., Пупена О.М., Ельперін І.В. Програмування промислових контролерів. Конспект лекцій. Для студентів спеціальності 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" денної та заочної форм навчання.
2. Пупена, О.М. Програмування промислових контролерів у середовищі
3. Unity Pro : навч. посіб. / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К. : вид-во «Ліра-К», 2013. – 376 с.
4. www.schneider-electric.com.ua