

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**



**РОЗРОБЛЕННЯ ППЗ
ДЛЯ ПРОМИСЛОВИХ КОНТРОЛЕРІВ VІРА
У СЕРЕДОВИЩІ WINPLC7**

**ХАРКІВ
2023**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

**РОЗРОБЛЕННЯ ППЗ
ДЛЯ ПРОМИСЛОВИХ КОНТРОЛЕРІВ VІРА
У СЕРЕДОВИЩІ WINPLC7**

Методичні вказівки

для проведення комп'ютерного практикуму з навчальної дисципліни
«Програмне забезпечення промислових контролерів»
для студентів спеціальності 174
«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол №1 від 01.02.2023 р.

Харків
НТУ «ХП»
2023

Розроблення ППЗ для промислових контролерів VIPA у середовищі WinPLC7: Методичні вказівки для проведення комп'ютерного практикуму з навчальної дисципліни «Програмне забезпечення промислових контролерів» для студентів спеціальності 174 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» усіх форм навчання / Уклад.: Лисаченко І. Г., Бабіченко А. К., Дзевочко А. І. – НТУ «ХП», 2023. – 62 с.

Укладачі: І. Г. Лисаченко
А. К. Бабіченко
А. І. Дзевочко

Рецензент М.О. Подустов, проф.

Кафедра автоматизації технологічних систем
та екологічного моніторингу

ВСТУП

Методичні вказівки розроблені для проведення комп'ютерного практикуму з навчальної дисципліни «Програмне забезпечення промислових контролерів» зі студентами спеціальності 174 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Вони вміщують необхідні теоретичні відомості для розроблення прикладного програмного забезпечення (ППЗ) для промислових контролерів *VIPA* у середовищі *WinPLC7 V4/V5/V6*.

Для розроблення та завантаження ППЗ до складу програмно-технічного комплексу (ПТК) входить ПК зі встановленим спеціальним програмним забезпеченням (СПЗ) – середовищем *WinPLC7*, який розроблений компанією *VIPA GmbH* (Німеччина) [1, 2]. Опис основних принципів роботи з контролерами *VIPA* наведено в [3, 4], а технічну підтримку можна одержати за адресою в *Internet* [1]. Апаратною складовою ПТК є промислові контролери *VIPA* серій *System100V*, *System200V* та *System300S* [5, 6, 7, 8, 9]. Середовище *WinPLC* повністю відповідає вимогам стандарту щодо технологічного програмування промислових контролерів IEC 61131-3 [10].

Лабораторні роботи у вигляді комп'ютерного практикуму проводяться на стендах, які мають у своєму складі програмований логічний контролер (ПЛК), об'єкт управління (модель теплообмінника) та дискретні і аналогові датчики. Модель теплообмінника складається із нагрівача (нагрівальний резистор) та охолоджувача (вентилятор обдування). Контрольованим параметром є температура повітря всередині теплообмінника, яка вимірюється за допомогою або термометра опору, або термоелектричного перетворювача – термопари. Для іміту-

вання сигналів керування та дискретних датчиків до ПЛК підключений емулятор дискретних сигналів із перемикачами типу «сухий контакт».

Завдання для практикуму розроблені за принципом поступового ускладнення: від звичайного логічного керування до реалізації законів регулювання (ПД- або двопозиційного законів регулювання), які здійснює ПЛК. Також в процесі виконання лабораторних робіт вивчається спосіб аналогового керування дискретним вихідним елементом, так звана широтно-імпульсна модуляція (ШІМ). При цьому для налагодження та перевірки роботи ППЗ може використовуватися як реальний контролер, так і емулятор ПЛК, який може бути запущений на ПК користувача. Тобто, можливе дистанційне вивчення основ програмування промислових контролерів без їхньої фізичної наявності.

В практикумі розглянуті основи взаємодії ПЛК та операторських панелей (ОП) з використанням послідовного інтерфейсу та протоколу *MPI*.

Лабораторна робота 1

ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ПРОГРАМУВАННЯ КОНТРОЛЕРІВ VIPA У СЕРЕДОВИЩІ WINPLC7

1.1. Мета лабораторної роботи

- ознайомлення з обладнанням станда з контролером *VIPA* серії *System 100 V*, вивчення його принципової та структурної схем;
- закріплення теоретичних знань щодо побудови та використання контролерів *VIPA* серії *System 100 V*;
- ознайомлення з інтерфейсом користувача програмного середовища *WinPLC*;
- отримання практичних навичок та прийомів роботи у середовищі *WinPLC* у процесі створення ППЗ для ПЛК: створення проекту, конфігурування апаратних ресурсів контролера, складання програми користувача, компіляція та емуляція роботи програми користувача, підключення до ПЛК та завантаження коду проекту до нього.

1.2. Опис станда

Загальний вигляд лабораторного станда зображено на рис. 1.1.

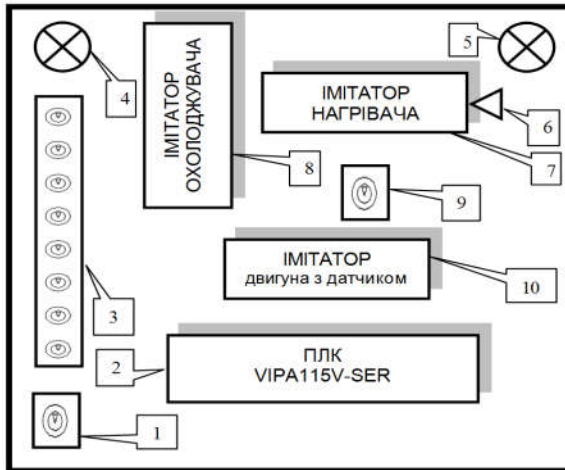


Рис. 1.1. Загальний вигляд станда *VIPA System 100V*

На рис. 1.1 цифрами позначені елементи стенда:

1 – перемикач вмикання/вимикання загального живлення стенда;

2 – контролер *VIPA* серії *System 100V* модель *CPU115DIO32SER* (115-6BL32) із зовнішнім джерелом живлення *VIPA* типу *PS207* (207-1BA00). Контролер є моноблоком, що поєднує в одному корпусі модуль центрального процесора (*CPU*) та субмодулі дискретних каналів введення/виведення;

3 – імітатори дискретних вхідних сигналів, вісім перемикачів типу «сухий контакт»;

4, 5 – індикатори (можуть виконувати роль ламп сигналізації та аварій імітаторів нагрівача та охолоджувача або індикації режимів роботи установки);

6 – дискретні датчики температури з *NO* та *NC* контактами, які спрацьовують при температурі 40°C всередині моделі теплового об'єкту;

7 – імітатор нагрівача, дрововий опір в керамічному корпусі типу *ПЕВ-100* номіналом 750 Ом;

8 – імітатор охолоджувача, вентилятор постійного струму для обдування повітрям нагрівача, живлення 5VDC;

9, 10 – кнопка вмикання двигуна постійного струму з безконтактним датчиком індуктивності для обчислення кількості обертів або інтервалів часу.

Схема електричних з'єднань каналів введення/виведення субмодулів ПЛК *VIPA System V115* із датчиками та вихідними пристроями подана у табл. 1.1. У таблиці також вказані абсолютні адреси дискретних входів та виходів, до яких підключені датчики, нагрівач, охолоджувач та індикатори.

1.3. Етапи виконання лабораторної роботи

Виконання лабораторної роботи складається з таких етапів:

1) Ознайомлення з технологічною схемою об'єкта – установкою водопостачання, структурою системи управління та алгоритмом роботи системи управління водопостачанням. Розроблення ППЗ для системи дискретного управління установкою водопостачання.

2) Ознайомлення з технологічною схемою об'єкта – установкою гарячого водопостачання, структурою системи управління установкою гарячого водопо-

стачання та алгоритмом роботи системи управління гарячим водопостачанням. Розроблення ППЗ для системи дискретного управління установкою гарячого водопостачання.

Таблиця 1.1 – Електричні з’єднання каналів введення/виведення субмодулів ПЛК з датчиками та вихідними пристроями

СУБМОДУЛІ ПЛК VIPA МОДЕЛІ CPU115DIO32SER							
X3 DI		X4 DI		X5 DIO		X6 DO	
Абс. адреса	Датч.	Абс. адреса	Датч.	Абс. адреса	Датч. / Вих. пр.	Абс. адреса	Вих. пр.
I0.0	–	I1.0	SV1	I2/Q0.0	–	Q1.0	–
I0.1	–	I1.1	SV2	I2/Q0.1	–	Q1.1	–
I0.2	–	I1.2	SV3	I2/Q0.2	–	Q1.2	–
I0.3	–	I1.3	SV4	I2/Q0.3	–	Q1.3	–
I0.4	Prox.S	I1.4	SV5	I2.4	–	Q1.4	–
I0.5	–	I1.5	SV6	I2.5	–	Q1.5	–
I0.6	NC T/S	I1.6	SV7	I2.6	Cooler	Q1.6	Ind1
I0.7	NO T/S	I1.7	SV8	I2.7	Heater	Q1.7	Ind2

1.4. Порядок виконання завдань лабораторної роботи

1.4.1. Розроблення програми користувача, яка реалізує алгоритм дискретного керування установкою водопостачання

На рис. 1.2 наведено схему установки водопостачання.

Опис схеми установки водопостачання

Об’єктом керування є ємність для накопичення води, яка наповнюється із свердловини за допомогою насоса (nasos), який встановлений на вхідному трубопроводі. Вода витрачається для поливу городини. В ємності встановлено два контактних датчика, які визначають мінімальний (min_l) та максимальний рівні (max_l). Датчики рівня поплавкового типу підключені за схемою NC, тобто нормально-замкнений контакт. Це означає, якщо ємність порожня, то вони у за-

мкненому стані, але якщо рівень води в ємності поступово збільшується, вони по черзі розмикаються, спочатку датчик мінімального рівня, далі – датчик максимального рівня. У вихідному трубопроводі встановлений електромагнітний клапан (klapan) типу *NC*. Тобто, за відсутності живлення клапан зачинений.

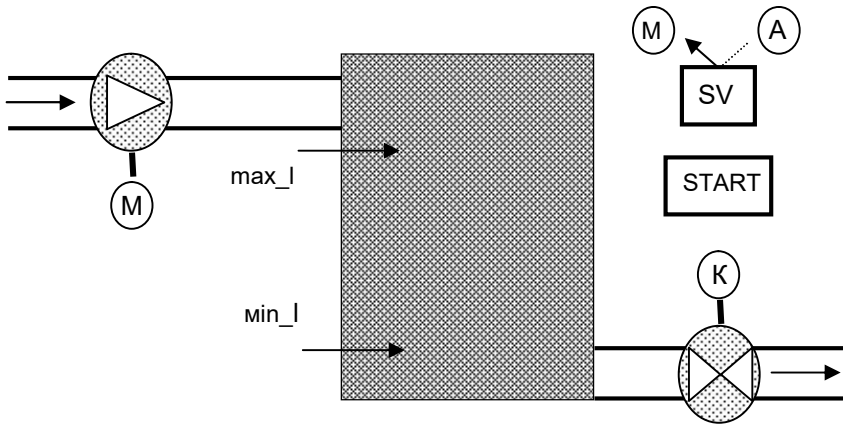


Рис. 1.2. Схема установки водопостачання

Алгоритм роботи системи керування установкою водопостачання

Система керування може працювати у двох режимах: ручному або автоматичному.

1. Перемикач *sv* визначає режим роботи установки. Якщо його контакти розімкнуті, то установка працює у ручному режимі. У протилежному випадку – режим автоматичний.

2. У *ручному* режимі, якщо контакти кнопки *start* у розімкненому стані, то установка не працює. У протилежному випадку – установка працює. У цьому режимі враховуються сигнали від датчиків рівня для перемикання живлення насоса та клапана.

3. У *автоматичному* режимі, якщо контакти датчика *min_l* та *max_l* замкнені, то ємність порожня. Автоматично вмикається насос та вимикається клапан. Якщо контакти датчика *min_l* та *max_l* розімкнуті, то ємність заповнена: автоматично вимикається насос, та вмикається клапан. Якщо контакти датчика

max_l розімкнені, контакти датчика min_l замкнені (рівень в ємності середній), то клапан залишається включеним, тобто відкритим, а насос – не вмикається.

Перший крок програми користувача – це аналіз стану датчиків рівня, які встановлені на ємності. На рис.1.3 показана умова аналізу стану датчиків. Стан датчиків рівня відображається змінною flag_l.

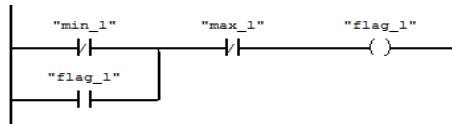


Рис. 1.3. Ланцюг аналізу стану дискретних датчиків рівня

Наступний ланцюг призначений для керування станом насоса залежно від стану датчиків рівня та обраних режимів роботи установки. Він зображений на рис. 1.4.

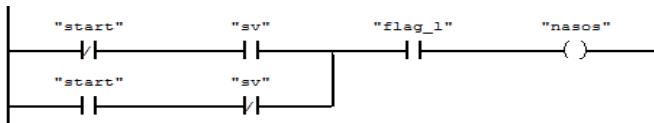


Рис. 1.4. Ланцюг керування насосом

Третій ланцюг, який зображений на рис. 1.5, керує станом клапана, залежно від стану датчиків рівня та обраних режимів роботи установки. Але флаг (flag_l) стану датчиків необхідно використати у інверсному значенні.

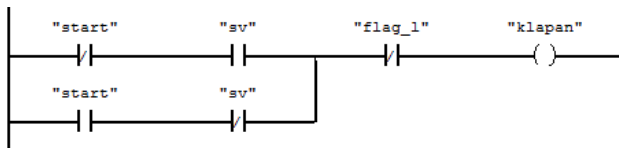


Рис. 1.5. Ланцюг керування клапаном

Далі можна використати або симулятор або реальний контролер для завантаження програми користувача та перевірки роботи системи керування. Спочатку перевірте програму користувача на симуляторі.

Фрагмент вікна з програмою користувача у режимі моніторингу, яка запущена на симуляторі, зображений на рис. 1.6.

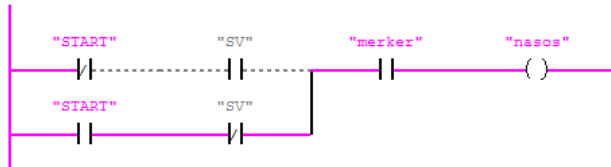


Рис. 1.6. Ланцюг у режимі *Monitoring*

Завантажить код проекту до реального контролера та спостерігайте за станом вихідних пристроїв під час зміни стану датчиків (перемикачів).

1.4.2. Розроблення програми користувача, яка реалізує алгоритм дискретного керування установкою гарячого водопостачання

Розроблення ППЗ для системи дискретного управління водонагрівачем почнемо з розгляду схеми установки та умов завдання. Схема установки гарячого водопостачання зображена на рис. 1.7.

Опис системи керування установкою гарячого водопостачання.

Установка гарячого водопостачання схожа на попередню установку водопостачання (див. рис. 1.3), але є деякі відмінності. Це наявність електричного нагрівача та термодатчиків дискретної дії. Крім того, електромагнітний клапан (*klapan*) встановлений на вхідному трубопроводі, стан якого залежить від стану контактних датчиків рівня (як у попередньому прикладі). Датчики визначають мінімальний (*min_l*) та максимальний рівні (*max_l*). Електричний нагрівач вмикається та вимикається в залежності від стану контактних датчиків температури (при наявності води в ємності). Датчики визначають мінімальне (*min_t*) та максимальне значення температури (*max_t*). Якщо температура води нижче 40 °С, то датчик з контактами типу *NO* замкнеться, а з контактами *NC* – розімкнеться. Якщо температура вище 40 °С, то датчик з контактами типу *NO* розімкнеться, а з контактами *NC* – замкнеться. Аналіз стану датчиків дозволяє визначити в якому стані повинен бути нагрівач. Для керування установкою в системі передбачені перемикач режимів (*sv*) та кнопка ручного вмикання нагрівача (*start*). Перемикач на два положення режимів встановлює ручний або автоматичний режим роботи. У ручному режимі вмикання та вимикання нагрівача здійснюється за допомогою кнопки із фіксуванням.

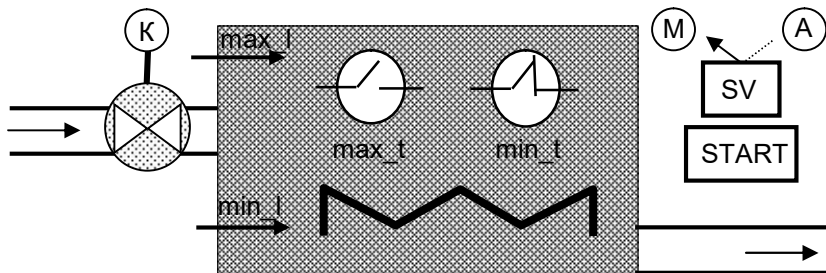


Рис. 1.7. Схема установки горячего водоснабжения

Алгоритм роботи системи керування гарячим водопостачанням.

1. Перемикач sv визначає режим роботи установки. Якщо його контакти розімкнуті, то установка працює у ручному режимі. У протилежному випадку – режим автоматичний.

2. У ручному режимі, якщо контакти кнопки start у розімкненому стані, то нагрівач не працює. У протилежному випадку – нагрівач працює. У цьому режимі враховуються сигнали від датчиків рівня та від датчиків температури для керування живленням нагрівача та клапана.

3. В автоматичному режимі, якщо контакти датчика min_l та max_l замкнені, то ємність порожня. Автоматично вмикається клапан. Якщо контакти датчика min_l та max_l розімкнуті, то ємність заповнена: автоматично вимикається клапан. Якщо контакти датчика max_l розімкнені, контакти датчика min_l замкнені (рівень в ємності середній), то клапан залишається відкритим, нагрівач активований.

4. В автоматичному режимі, якщо контакти датчика min_t розімкнені та max_t замкнені, то температура води менше 40 °С. Нагрівач вмикається. Якщо контакти датчика min_t замкнені та max_t розімкнені, то температура води більше 40 °С і нагрівач вимикається. Якщо контакти датчиків max_t та min_t, або одночасно розімкнені, або замкнені (температура води 40 °С), то нагрівач не змінює свого стану.

Символьна таблиця змінних зображена на рис. 1.8, а програма користувача – на рис. 1.9.

...	Symbol	Address	Type	Symb.-Comment
1	min_l	I 1.0	BOOL	min level
2	max_l	I 1.1	BOOL	max level
3	flag_l	M 0.0	BOOL	flag level
4	min_nc_t	I 0.6	BOOL	min temperatura NC
5	max_no_t	I 0.7	BOOL	max temperatura NO
6	flag_t	M 0.1	BOOL	flag temperatura
7	klapan	Q 0.6	BOOL	klapan 0 - OFF, 1 - ON
8	start	I 1.6	BOOL	button 0 - OFF, 1 - ON
9	sv	I 1.7	BOOL	svitch 0 - man, 1 - auto
10	heater	Q 0.7	BOOL	heater 0 - OFF, 1 - ON

Рис. 1.8. Символьна таблиця змінних

Програма користувача складається з аналізу стану датчиків рівня та температури і двох умов для керування клапаном та нагрівачем. В умовах для керування клапаном та нагрівачем враховано стан кнопок керування та дискретних датчиків температури та рівня.

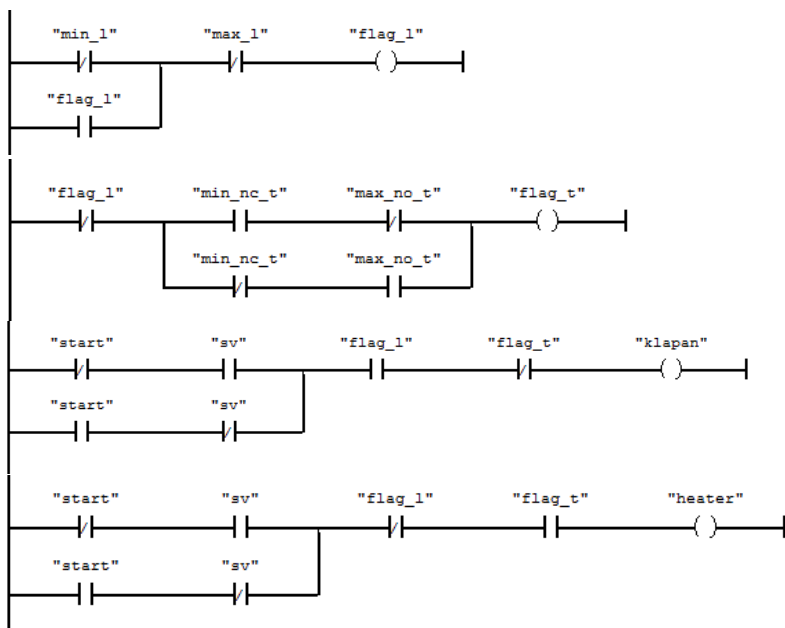


Рис. 1.9. Програма користувача для керування установкою гарячого водопостачання

Запропоновані приклади програм користувача для обох установок демонструють лише принципи логічного керування вихідними пристроями в залежності від результатів логічних умов, які формуються дискретними датчиками. Для реальних систем керування у програмі користувача потрібно враховувати усі можливі аварійні ситуації та відповідні дії на їхнє виникнення, тобто формування сигналів блокування та сигналізації. Крім того, потрібно структурувати проекти для подальшого тиражування екземплярів функціональних блоків. Це дозволяє без суттєвих часових витрат масштабувати (розширити) проект (наприклад, для керування одночасно двома та більше однаковими установками) [4].

1.5. Результати виконання завдань лабораторної роботи

1) Перевірте за вказівкою викладача роботу програми користувача на стенді. Для цього вмикайте перемикачі, які імітують сигнали датчиків та органів керування та встановлюйте значення локальних змінних. Спостерігайте за всіма змінами у програмі користувача у середовищі *WinPLC7* на екрані монітора ПК. Зафіксуйте стан вихідних пристроїв, зробивши скріншоти для різних варіантів стану датчиків. Подайте проект викладачу для перевірки.

2) Для документування проекту можливе використання вбудованої у *WinPLC7* відповідної утиліти, яка активується натисненням ЛКМ на команду *Print* в меню *File*. В результаті буде сформований файл із розширенням *name_project.pdf*. Складіть звіт відповідно до правил оформлення звітів: відомості про виконавця роботи, назву та мету роботи, схему з'єднань, лістинг програми користувача, параметри налаштувань *COM*-порта для завантаження проектів та додайте скріншоти екранів ПК у режимі *Online*.

1.6. Завдання для самостійного виконання

1) Розробіть програму користувача, в якій умовою вмикання та вимикання вихідних елементів будуть логічні вирази, які наведені в табл. 1.2. При цьому необхідно скласти таблицю істинності, тобто визначити необхідний стан входів для вмикання виходу.

Таблиця 1.2 – Варіанти умов для вмикання вихідних елементів

№	Логічна умова (X1...X8 – перемикачі типу «сухий контакт», які підключені до ПЛК)	Дискретні виходи
1	(X1 AND X3) OR (X4 AND X5 AND NOTX6)	Q0.0
2	(X2 OR X5) AND (NOT X1 AND X7 AND X6)	Q0.1
3	(X1 AND X3) OR X4 AND NOTX5 AND X8)	Q0.2
4	(X2 AND X3) XOR (X1 AND X5 AND X6)	Q0.3
5	(NOT X1 XOR X3) AND (X4 OR X5 OR X8)	Q0.4
6	(X2 AND NOT X3) OR (X4 AND X5 AND X7)	Q0.5
7	X2 AND X3 AND NOT X4 AND (X1 XOR X6)	Q0.6
8	(X1 OR X3 OR X4) AND (NOT X5 OR X8)	Q0.7

2) Розробіть програму користувача для ручного дискретного управління тепловим об’єктом: нагрівачем (охолоджувачем). В програмі необхідно реалізувати такі функції:

- вмикання сигналізації (використати індикатори) про стан об’єкту та при виникненні будь-якої з аварій на об’єкті (для імітування використати перемикачі «сухий контакт» на дискретних входах ПЛК);

- вимикання об’єкта (нагрівача або охолоджувача) при виникненні будь-якої з аварій;

- вмикання та вимикання об’єкта за допомогою перемикача (за умови відсутності аварій).

Вмикання живлення теплового об’єкта (**heater** або **cooler**) або лампи сигналізації (**lamp**) здійснюється залежно від результату логічної операції (РЛО) над трьома вхідними дискретними змінними: **pusk**, **avar** та **rogar**. Якщо РЛО має статус “*TRUE*”, тобто, перемикач **pusk** ввімкнений, а перемикачі **avar** та **rogar** вимкнені, то вмикається індикатор стану об’єкта зеленого кольору та об’єкт. У разі спрацьовування датчиків аварії вмикається індикатор **lamp** червоного кольору, а індикатор об’єкта вимикається. Об’єкт у стані «ввімкнено» до моменту змінення стану змінної **pusk** з “*TRUE*” на “*FALSE*” або до спрацьовування датчиків **avar** або **rogar**. Для прив’язування змінних до каналів введення та виведення використайте табл. 1.1.

1.7. Контрольні запитання

- 1) Наведіть основні принципи стандарту *IEC 61131-3*.
- 2) Яка структура та принцип дії промислових контролерів скануючого типу?
- 3) Поясніть сутність терміну «час сканування».
- 4) Яким чином співвідносяться час сканування та швидкодія процесора промислового контролера?
- 5) Перелічить основні технічні характеристики ПЛК *VIPA System100V*.
- 6) Яка структура та склад середовища *WinPLC7*?
- 7) Надайте коротку характеристику мов програмування ПЛК у середовищі *WinPLC7*.
- 8) Надайте пояснення щодо понять «операнд» та «оператор».
- 9) Який принцип адресування операндів в пам'яті ПЛК *VIPA*?
- 10) Яке призначення блока *OB1* у програмі користувача у середовищі *WinPLC7*?

Лабораторна робота 2

СТРУКТУРУВАННЯ ПРОЕКТІВ ТА ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ВИКОРИСТАННЯ ТАЙМЕРІВ ТА ЛІЧИЛЬНИКІВ

2.1. Мета лабораторної роботи

- закріплення теоретичних знань щодо структурування програм користувача та використання програмних організаційних компонентів у проекті;
- засвоєння методики розроблення програм користувача із використанням таймерів та лічильників.

2.2. Порядок виконання роботи

Виконання лабораторної роботи здійснюється на стенді, опис якого поданий в п. 1.2, складається з таких етапів:

1) Створення проекту та розроблення програми користувача для ознайомлення з роботою таймерів та лічильників.

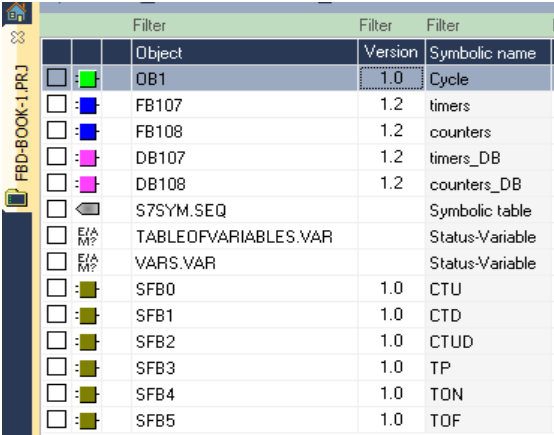
2) Створення проекту та розроблення програми користувача для системи водопостачання з використанням таймерів та лічильників.

2.3. Хід виконання завдання

Для ознайомлення з порядком використання таймерів та лічильників в програмах користувача створіть структурований проект, до якого крім головного організаційного блоку (OB1) будуть входить інші компоненти, а саме, функції (FUN), блоки даних (DB) та функціональні блоки (FB) [4].

2.3.1. Створення проекту з програмою користувача для ознайомлення з роботою таймерів та лічильників

Цей проект буде розроблений для ПЛК *VIPA* серії *System 100V* модель *CPU115DIO32SER (115-6BL32)*, тому буде налагоджений за допомогою симулятора. Отже, створіть проект з головним блоком *OB1* та додайте до нього функціональні блоки *FB107* та *FB108* зі стандартними таймерами та лічильниками із відповідними блоками даних *DB107* та *DB108*. Структура проекту буде відповідати зображенню на рис. 2.1.



	Filter	Filter	Filter
	Object	Version	Symbolic name
<input checked="" type="checkbox"/>	OB1	1.0	Cycle
<input type="checkbox"/>	FB107	1.2	timers
<input type="checkbox"/>	FB108	1.2	counters
<input type="checkbox"/>	DB107	1.2	timers_DB
<input type="checkbox"/>	DB108	1.2	counters_DB
<input type="checkbox"/>	S7SYM.SEQ		Symbolic table
<input type="checkbox"/>	TABLEOFVARIABLES.VAR		Status-Variable
<input type="checkbox"/>	VARS.VAR		Status-Variable
<input type="checkbox"/>	SFB0	1.0	CTU
<input type="checkbox"/>	SFB1	1.0	CTD
<input type="checkbox"/>	SFB2	1.0	CTUD
<input type="checkbox"/>	SFB3	1.0	TP
<input type="checkbox"/>	SFB4	1.0	TON
<input type="checkbox"/>	SFB5	1.0	TOF

Рис. 2.1. Структура проекту із таймерами та лічильниками

В головному організаційному блоці **OB1** викликаються функціональні блоки користувача **FB107** та **FB108**. Для роботи функціональних блоків будуть використані однакові фізичні входи та виходи. Тому, виклик блоків здійснюється за допомогою меркерного біта **M0.0**. Причому, якщо цей меркер у стані «**TRUE**», то викликається блок з таймерами. В протилежному випадку викликається блок з лічильниками. Зовнішній вигляд організаційного блоку зображений на рис. 2.2.

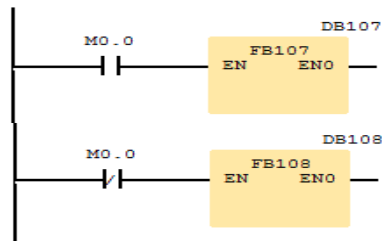


Рис. 2.2. Склад блоку **OB1**

У функціональному блоці **FB107** використані дві групи таймерів. Це поперше, *IEC*-таймери [10]: імпульсний таймер **TP**, таймер з затримкою вмикання **TON** та таймер з затримкою вимикання **TOF**. Усі вказані таймери викликаються зі стандартної бібліотеки, яка автоматично підключена до проекту під час його створення. По-друге, у блоці використані так звані *S7*-таймери [4], які є подібними до вказаних *IEC*-таймерів. Але їхньою особливістю є використання операндів для визначення параметру часу у спеціальному форматі – **S5TIME** [4]. Це внутрішній формат для визначення часу в середовищах *WinPLC7* та *STEP7* (середовище для програмування промислових контролерів *Siemens Simatic S7-300*).

На рис. 2.3 та 2.4 зображено склад блоку даних **DB107** та функціонального блоку **FB107**.

Зауважимо, що на рис.2.4 зображено декілька ланцюгів, в яких активуються раніше зазначені таймери *S7*-типу та *IEC*-стандарту. Причому імпульсний таймер **SP** реалізований у вигляді блока з виходами, а таймери **SD** та **SF** – у вигляді котушок без виходів.

Address	Declaration	Name	Type	Initial value	Comment
	in -->				
	out <--				
	in_out <-->				
0.0	var S	Tim_bin	INT		Binary-coded time value
2.0	var S	Tim_BCD	WORD		BCD-coded time value
4.0	var S	PT3	TIME		SFB 3: Pulse duration
8.0	var S	ET3	TIME		SFB 3: Elapsed time
12.0	var S	PT4	TIME		SFB 4: Delay time
16.0	var S	ET4	TIME		SFB 4: Elapsed time
20.0	var S	PT5	TIME		SFB 5: Delay time
24.0	var S	ET5	TIME		SFB 5: Elapsed time
28.0	var S	TP	SFB3	+	Local instance for the IEC pulse time
50.0	var S	TON	SFB4	+	Local instance for the IEC on delay
72.0	var S	TOF	SFB5	+	Local instance for the IEC off delay

Рис. 2.3. Склад блоку даних DB107

Нагадаємо, що символічні імена в лапках визначають глобальні операнди, які пов'язані із фізичними входами та виходами. Проте операнди, імена яких починаються з символу «#» – є локальними, тобто належать лише функціональному блоку. IEC-таймери мають локальний статус, причому кожен екземпляр таймера потребує 22-а байти для зберігання значень формальних параметрів (на рис. 2.3 це останні три рядка, які позначені символом «+»).

Операнди з символічними іменами Input_0, Input_1, Input_3, Input_4, Input_5 пов'язані із перемикачами типу «сухий контакт» (абсолютні адреси I1.0, I1.0, I1.3, I1.4, I1.5, див. рис. 1.1 та табл. 1.1), а виходи Output_0, Output_2, Output_3, Output_4, Output_5 – пов'язані з виходами контролера (адреси Q1.0, Q1.2...Q1.5, див. рис. 1.1 та табл. 1.1).

Зверніть увагу на сумісну роботу таймерів “Timer2” (SD) та “Timer2” (SF), які керують одним виходом Output_2. Цей вихід вмикається із затримкою, якщо вхід Input_1 змінює свій стан з «FALSE» на «TRUE» (тобто, визначає передній фронт). Якщо вхід Input_1 змінює свій стан з «TRUE» на «FALSE» (тобто, визначає задній фронт), то вихід Output_2 вимикається зі затримкою. Ця частина блоку FB107 демонструє формування послідовності імпульсів та пауз різної тривалості, які визначаються параметром часу (TV) таймерів.

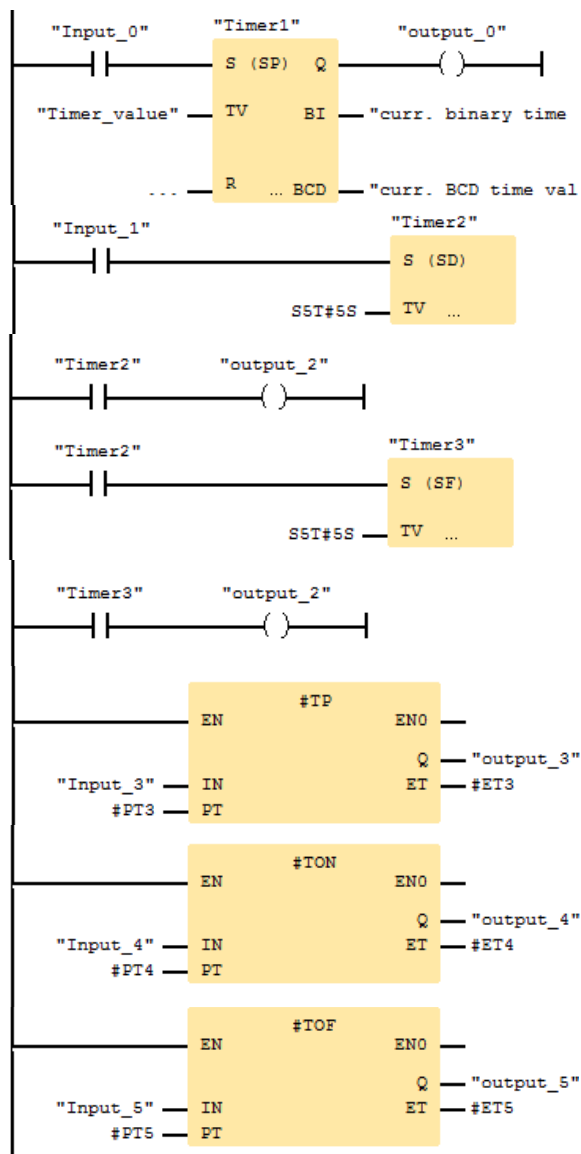


Рис. 2.4. Склад функціонального блока FB107

Далі, необхідно заповнити вміст блоку даних DB108 та функціонального блоку FB108 з лічильниками згідно зображенням на рис. 2.5 та 2.6. У середовищі WinPLC7 також є стандартні IEC-лічильники та лічильники S7-формата. У блоці даних DB108 IEC-лічильники також відмічені символом «+» поряд з їхнім типом.

Address	Declaration	Name	Type	Initial value	Comment
	in -->				
	out <--				
	in_out <->				
0.0	var S	CTU	SFB0 +		Local instance for the IEC up counter
10.0	var S	PV0	INT		SFB 0: Comparison value
12.0	var S	CV0	INT		SFB 0: Current count value
14.0	var S	CTD	SFB1 +		Local instance for the IEC down counter
24.0	var S	PV1	INT		SFB 1: Default value
26.0	var S	CV1	INT		SFB 1: Current count value
28.0	var S	CTUD	SFB2 +		Local instance for the IEC up/down counter
38.0	var S	PV2	INT		SFB 2: Comparison value
40.0	var S	CV2	INT		SFB 2: Current count value

Рис. 2.5. Склад блоку даних DB108

У функціональному блоці FB108 спочатку показано порядок використання лічильників S7-формату у вигляді блоків (лічильники прямого, зворотного та двонаправленого відліку). Особливістю цих лічильників є можливість зчитування параметру відліку у двох форматах. Це бінарний (BIN) та двійково-десятковий формати (BCD). У першому випадку параметр відображається у вигляді HEX-числа, у другому випадку – в десятковому вигляді. Для лічильників S7-формату діапазон відліку складає 0...999. Лічильник C4 є декрементним (операція віднімання) та немає власного виходу. Тому наступний ланцюг сигналізує його стан за допомогою операнда Q2.4. Блоковий інкрементний (операція додавання) лічильник C5 має вихід, але цей вихід вільний, тобто, не використовується. Тому наступний ланцюг здійснює автоматичний перезапуск лічильника C5 після досягнення параметра відліку (у даному випадку – це число «7»).

Останні три ланцюги на рис.2.6 демонструють порядок застосування стандартних IEC-лічильників.

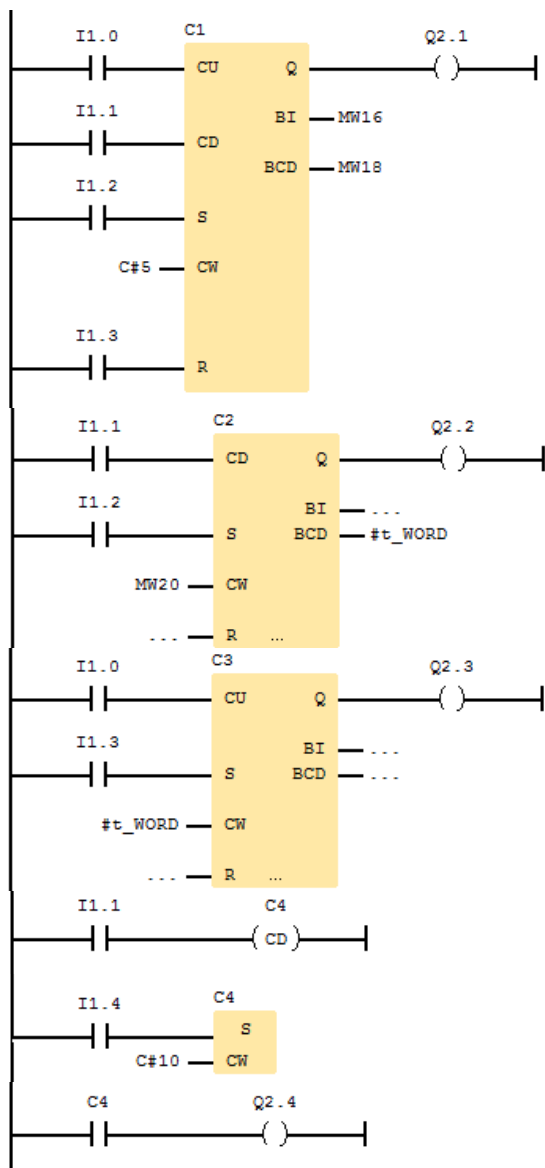


Рис. 2.6. Склад функціонального блока FB108 (початок)

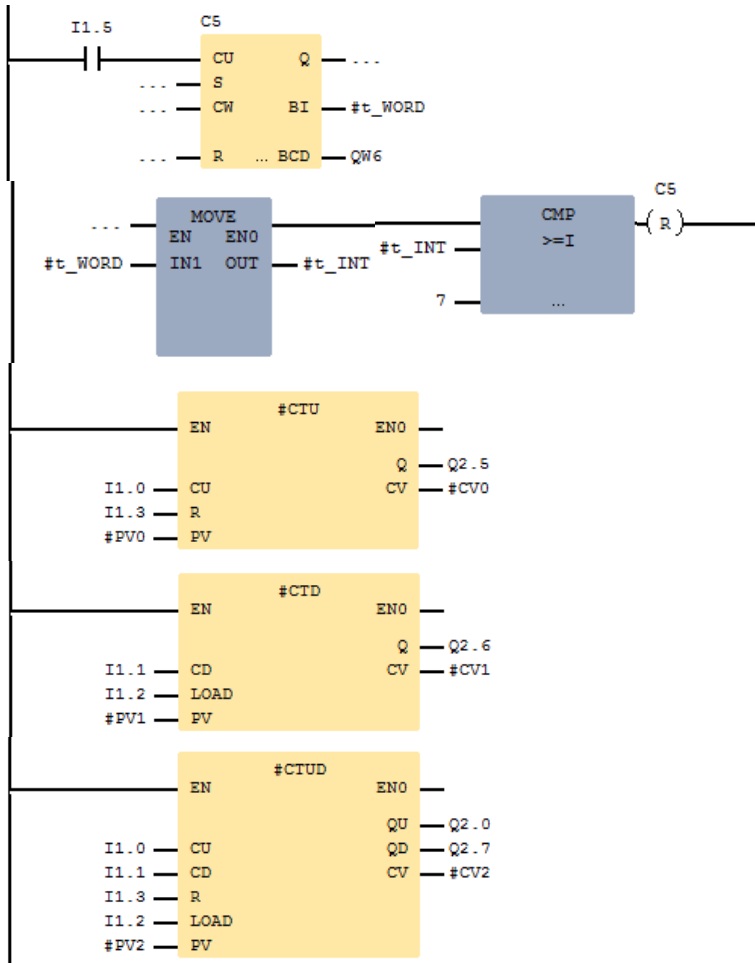


Рис. 2.6. Склад функціонального блоку FB108 (закінчення)

На завершення збережіть проект, проведіть компілювання та завантажте проект до симулятора контролера [4]. Далі перевірте роботу програми користувача. Спостерігайте за станом лічильників шляхом зміни стану вхідних операндів (перемикачів «сухий контакт»).

2.3.2. Розроблення системи керування установкою водопостачання з використанням таймерів та лічильників

Це завдання полягає у доопрацюванні першого проекту із попередньої лабораторної роботи. Необхідно забезпечити затримку вмикання насоса на 5 секунд за попередніми умовами та затримку вимикання клапана на 10 секунд. Слід також рахувати кількість циклів наповнення ємності водою. Після досягнення 10 циклів необхідно сповіщати оператора про це за допомогою індикатора. Також потрібно забезпечити скидання лічильника циклів наповнення ємності. У програмі користувача використати потрібні таймери та лічильники S7-формату.

У цьому завданні необхідно провести конфігурування апаратних ресурсів ПЛК. Як платформу обрати ПЛК *VIPA* серії *System 100V* модель *CPU115DIO32SER (115-6BL32)* та стенд, схема підключень якого відповідає табл.1.1. Роботу датчиків рівня необхідно імітувати перемикачами типу «сухий контакт», які встановлені на стенді.

2.4. Результати виконання завдань лабораторної роботи

1) Перевірте за вказівкою викладача роботу програми користувача на стенді. Для цього вмикайте перемикачі, які імітують сигнали датчиків та органів керування та встановлюйте значення локальних змінних. Спостерігайте за всіма змінами у програмі користувача у середовищі *WinPLC7* на екрані монітора ПК. Зафіксуйте стан вихідних пристроїв, зробивши скріншоти для різних варіантів стану датчиків. Подайте проект викладачу для перевірки.

2) Для документування проекту можливе використання вбудованої у *WinPLC7* відповідної утиліти, яка активується натисненням ЛКМ на команду *Print* в меню *File*. В результаті буде сформований файл із розширенням *name_project.pdf*. Складіть звіт відповідно до правил оформлення звітів: відомості про виконавця роботи, назву та мету роботи, схему з'єднань, лістинг програми користувача, параметри налаштувань *COM*-порта для завантаження проєктів та додайте скріншоти екранів ПК у режимі *Online*.

2.5. Завдання для самостійного виконання

Для другого завдання для самостійного виконання з попередньої лабораторної роботи (див. стор. 14) необхідно доопрацювати програму користувача. Ко-

тел вмикається на певний час, наприклад 20 секунд. Після появи умов аварійного відключення котел повинен вимикатися із затримкою на 5 секунд. Необхідно рахувати кількість хибних та істинних аварій.

2.6. Контрольні запитання

- 1) Чим відрізняються локальні змінні від глобальних?
- 2) З яких компонентів складаються кодові блоки користувача: функції та функціональні блоки?
- 3) Яке призначення блоків даних?
- 4) Перелічить типи таймерів S7-формату?
- 5) Який тип даних визначає часові інтервали у таймерах S7-формату?
- 6) Який формат представлення часових інтервалів у таймерах S7-формату?
- 7) Який діапазон інтервалів часу може бути представлений у S7-форматі?
- 8) Чим відрізняються блокові таймери від таймерів-котушок?
- 9) Яким чином використовують таймери-котушки у програмі користувача?
- 10) Перелічить типи лічильників S7-формату?
- 11) Чим відрізняються лічильники S7-формату від стандартних IEC- лічильників?
- 12) Яким чином використовують лічильники-котушки у програмі користувача?

Лабораторна робота 3

ПРИНЦИПИ РЕАЛІЗАЦІЇ ДВОХПОЗИЦІЙНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

3.1. Мета лабораторної роботи

- ознайомлення з обладнанням стенда з контролером VIPA серії System 200 V, вивчення його принципової та структурної схем;
- закріплення теоретичних знань щодо побудови та використання контролерів VIPA серії System 200 V;

– закріплення теоретичних знань щодо принципів двохпозиційного керування дискретними вихідними пристроями;

3.2. Опис стенда

Загальний вигляд лабораторного стенда зображено на рис. 3.1.

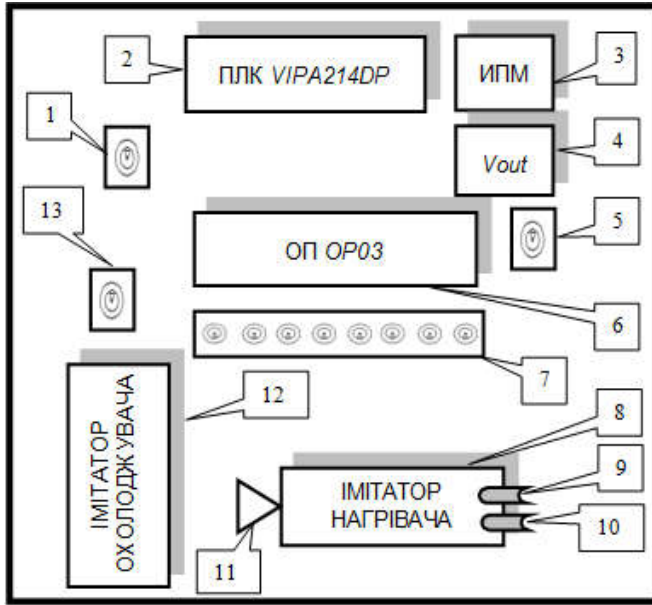


Рис. 3.1. Загальний вигляд стенда *VIPA System 200V*

На рис. 3.1 цифрами позначені елементи стенда:

1 – перемикач вмикання/вимикання загального живлення стенда;

2 – контролер *VIPA* серії *System 200V* модель CPU214DP (214-2BP02) із зовнішнім джерелом живлення *VIPA* типу PS207 (207-1BA00), який є центральним процесорним пристроєм. У ньому немає сигнальних субмодулів. Тому, до CPU підключені зовнішні сигнальні модулі: DI221 (221-1BF10), DO222 (222-1BF30), DIO223 (223-1BF00) та AIO234 (234-1BD60);

3 – нормуючий термомперетворювач типу *ИПМ 0196* для перетворення сигналу термо-ЕРС від терморпари типу ТЖК (тип *J*) в уніфікований сигнал постій-

ного струму 4...20 мА;

4 – індикатор вихідного сигналу напруги постійного струму 0...10 V;

5, 6 – перемикач вмикання/вимикання живлення та операторська панель *VIPA OP03*;

7 – імітатори дискретних вхідних сигналів, вісім перемикачів типу «сухий контакт»;

8 – імітатор нагрівача, дрововий опір в керамічному корпусі типу *ПЕВ-100* номіналом 750 Ом;

9 – термопара типу *ТЖК* (тип *Ж*);

10 – термоперетворювач опору *Pt100* (НСХ 1,385);

11 – дискретні датчики температури з *NO* та *NC* контактами, які спрацюють при температурі 40 °С всередині моделі теплового об'єкту;

12 – імітатор охолоджувача, вентилятор постійного струму для обдування повітрям нагрівача;

13 – перемикач вмикання/вимикання живлення нагрівача.

Схема електричних з'єднань сигнальних модулів введення/виведення ПЛК *VIPA System214V* з датчиками та вихідними пристроями подана у табл. 3.1. У таблиці також вказані абсолютні адреси дискретних входів та виходів сигнальних модулів введення/виведення, до яких підключені перемикачі, датчики, перетворювач, нагрівач, охолоджувач та світлові індикатори.

3.3. Етапи виконання завдань лабораторної роботи

Виконання лабораторної роботи складається з таких етапів:

1) Ознайомлення з технологічною схемою об'єкта – установкою гарячого водопостачання, структурою системи управління та алгоритмом роботи системи управління гарячим водопостачанням. Розроблення ППЗ із реалізацією двохпозиційного закону регулювання для системи управління.

2) Розроблення ППЗ для системи аналогового керування вихідним дискретним пристроєм системи управління водонагрівачем.

Таблиця 3.1 – Електричні з'єднання ПЛК *VIPA214* з датчиками та вихідними пристроями

СИГНАЛЬНІ МОДУЛІ ПЛК <i>VIPA CPU214DP</i>							
SM221 DI		SM223 DIO		SM222 DO		SM234 AIO	
Абс. адреса	Датчик	Абс. адреса	Датчик/ Вих. пр.	Абс. адреса	Вих. пр.	Абс. адреса	Датчик/ Вих. пр.
I0.0	SV1	I1/Q0.0	вхід NO T/S	Q0.0	–	Ch0 PIW256	вхід 4...20mA
I0.1	SV2	I1/Q0.1	вхід NC T/S	Q1.1	–	Ch1 PIW258	вхід 4...20mA
I0.2	SV3	I1/Q0.2	–	Q1.2	–	Ch2	–
I0.3	SV4	I1/Q0.3	–	Q1.3	–	PIW260	
I0.4	SV5	I1/Q0.0	–	Q1.4	–	Ch3	вхід
I0.5	SV6	I1/Q0.1	–	Q1.5	–	PIW262	Pt100
I0.6	SV7	I1/Q0.2	вихід cooler	Q1.6	–	Ch4 PQW256	вихід 0...10V
I0.7	SV8	I1/Q0.3	вихід heater	Q1.7	-	Ch5 PQW258	вихід 4...20mA

3.4. Порядок виконання завдань лабораторної роботи

3.4.1. Розроблення програми користувача для установки гарячого водопостачання з аналоговим датчиком

Схема установки гарячого водопостачання з аналоговим управлінням зображена на рис. 3.2. Відмінність від попередніх схем полягає у наявності аналогового датчика для вимірювання температури, наприклад, термоперетворювача опору (термометра опору) або термоелектричного перетворювача (термопари). На відміну від рис. 1.7 на рис. 3.2, замість контактних датчиків температури в установці гарячого водопостачання використаний аналоговий датчик – термометр опору *Pt100*.

Умови та алгоритм роботи системи гарячого водопостачання описані на стор. 10. Але, у цьому випадку, в алгоритмі реалізований двохпозиційний закон

регулювання. Інформація про поточне значення параметра, що регулюється, надходить від аналогового перетворювача температури (*Pt100*). Умовою вмикання та вимикання вихідного пристрою є результат порівняння поточного значення температури зі значенням, яке попередньо встановлене (так зване «завдання»). Якщо температура вище цього завдання, то вихідний пристрій вимикається. В протилежному випадку вихідний пристрій вмикається.

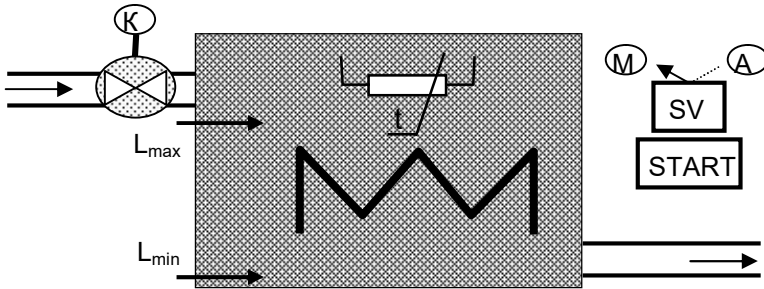


Рис. 3.2. Схема установки гарячого водопостачання з аналоговим датчиком температури

Таким чином, програма користувача буде подібною до зображеної на рис. 1.9. на стор.11 з точки зору аналізу рівня у ємності та стану органів керування (запуск установки та вибір режиму роботи). Потрібно лише додати ланцюги для оброблення сигналу від термометра опору в АЦП та порівняння поточного значення температури із завданням.

У цьому випадку для оброблення резистивного сигналу від термометра опору *Pt100* (з НСХ 1,385) потрібно налаштувати апаратні ресурси контролера, а саме, провести конфігурування апаратних ресурсів аналогового модуля *AIO234* (234-1BD60) [4, 7]. Цього буде достатньо для поточного проекту. Лише зауважимо, що адреса комірки пам'яті для зберігання цифрового коду виміряного параметру залежить від номера каналу (Ch3), до якого підключений термометр опору *Pt100* (див. табл. 3.1).

Отже розробіть програму користувача. З огляду на умови завдання (див. стор. 10) використаємо деякі результати, які викладені раніше (у ЛР №1 та ЛР

№2). Тобто аналіз контактних датчиків рівня реалізуйте у вигляді функції користувача, а компаратор – у вигляді функціонального блока з блоком даних.

Функція FC1 призначена для аналізу стану датчиків рівня. Заповніть поле оголошення змінних функції та власне функцію ланцюгом для аналізу стану датчиків рівня, як це зображено на рис. 3.3 та рис. 3.4.

* Address	Declaration	Name	Type	Initial value
0.0	in -->	min_l	BOOL	
0.1	in -->	max_l	BOOL	
	out <--			
2.0	in_out <-->	flag_l	BOOL	
	temp T			

Рис. 3.3. Інтерфейс функції FC1

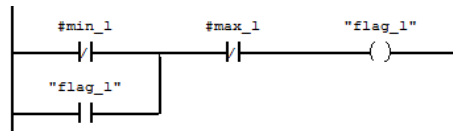


Рис. 3.4. Вміст функції FC1

* Address	Declaration	Name	Type	Initial value
0.0	in -->	temp_adc	INT	0
2.0	in -->	hi_lim	REAL	8.500000e+02
6.0	in -->	lo_lim	REAL	-1.500000e+02
10.0	in -->	bipol	BOOL	TRUE
12.0	out <--	return_val	WORD	W#16#0000
14.0	out <--	temperatura	REAL	0.000000e+00
18.0	out <--	heater	BOOL	FALSE
	in_out <-->			
20.0	var S	max_temp	REAL	5.000000e+01
24.0	var S	min_temp	REAL	4.500000e+01
	temp T			

Рис. 3.5. Інтерфейс блока FB1

Інтерфейс блока FB1 зображено на рис. 3.5. Приклад функціонального блока для реалізації позиційного регулятора (компаратора) зображений на рис. 3.6. У блоці перший ланцюг за допомогою бібліотечної функції FC105 перетворює кодове значення аналого-цифрового перетворювача (АЦП) у сигнальному модулі аналогових входів у фізичний параметр – температуру. Далі поточне значення температури порівнюється із завданням. У блоці FB1 використані лише глобальні змінні.

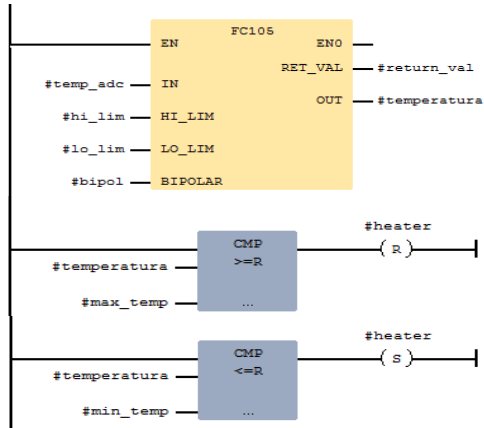


Рис. 3.6. Вміст блока FB1

Вміст головного організаційного блоку OB1 зображений на рис.3.7.

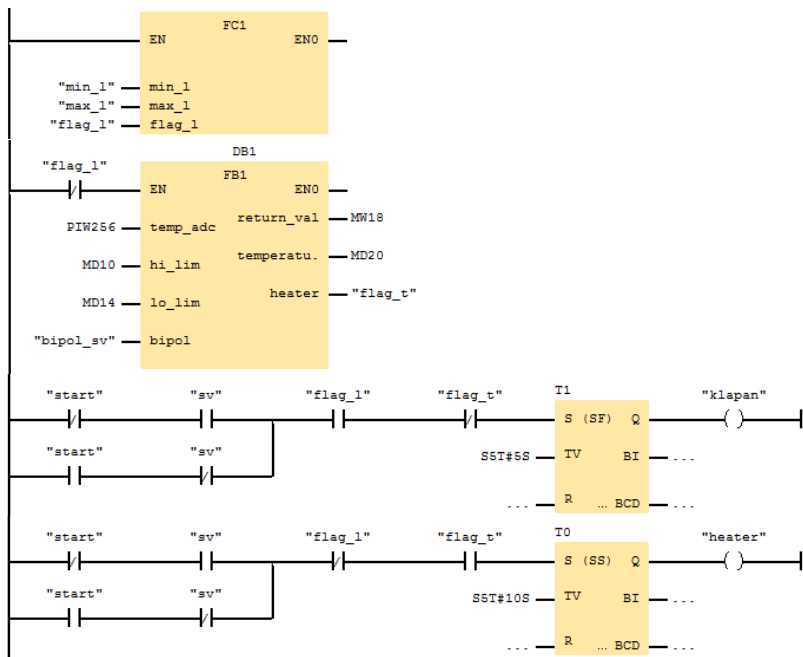


Рис. 3.7. Програма двохопозиційного регулятора

3.4.2. Розроблення програми користувача для установки гарячого водопостачання з ШІМ-регулюванням

Розроблення ППЗ для системи аналогового керування вихідним пристроєм установки гарячого водопостачання, у який нагрівач є дискретним елементом, можливо за допомогою використання програмного ШІМ-регулятора. Тому у головному організаційному блоці ОВ1 у попередньому прикладі потрібно це врахувати. Тому, до ланцюгу вмикання нагрівача необхідно додати новий програмний компонент. Це буде стандартна бібліотечна функція SFC223 (програ-

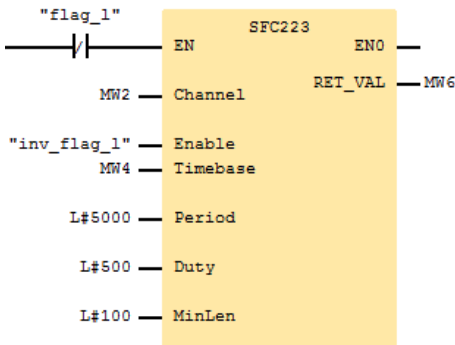


Рис. 3.8. Налаштування параметрів функції SFC223

(234-1BD60). Тому, для реального контролера на стенді (модель CPU214DP, 214-2BP02) необхідно провести апаратне конфігурування модуля AIO234 (234-1BD60) відповідно до схеми підключення (див. табл. 3.1).

На завершення збережіть проект, проведіть компілювання та завантажте проект спочатку до симулятора контролера і далі, до реального ПЛК на стенді.

3.5. Результати виконання завдань лабораторної роботи

1) Перевірте роботу програми користувача на симуляторі та на стенді із контролером VIPA серії System 200V. Для цього вмикайте перемикачі, які імітують сигнали датчиків та органів керування та встановлюйте значення змінних. Спостерігайте за всіма змінами у програмі користувача у середовищі WinPLC7

на екрані монітора ПК. Зафіксуйте стан вихідних пристроїв, зробивши скріншоти для різних варіантів стану датчиків та значень змінних. Подайте проект викладачу для перевірки.

2) Для документування проекту використовуйте вбудовану у *WinPLC7* утиліту. Складіть звіт відповідно до правил оформлення звітів: відомості про виконавця роботи, назву та мету роботи, схему з'єднань, лістинг програми користувача, параметри налаштувань *COM*-порта для завантаження проектів та додайте скріншоти екранів ПК у режимі *Online*.

3.6. Завдання для самостійного виконання

Для забезпечення більшої гнучкості програми користувача додайте до проекту блок даних (DB) із можливістю введення параметрів ШІМ-регулятора та з формуванням гістерезису регулювання.

Отже додайте до переліку *Blocks* у папку *DB* новий компонент – блок даних *DB1*. Для заповнення блоку даних необхідно врахувати типи даних формальних параметрів функції *SFC223*. Так, параметри ШІМ-регулятора (*Period*, *Duty*, *MinLen*) мають тип *DINT*, дозвіл на роботу блока (*Enable*) – *BOOL*, номер каналу (*Channel*) та база часу (*Timebase*) – *INT*. Далі заповніть блок *DB1* параметрами, як це зображено на рис. 3.9. В даному випадку отримаємо блок оголошень складного типу даних «структура», яка складається із параметрів з різними типами даних. Зауважимо, що інтерфейс блока даних *DB1* співпадає з інтерфейсом функціонального блока *FB1*.

* Address	Declaration	Name	Type	Initial value	Comment
	var S		STRUCT		
0.0	var S	en_shim	BOOL	FALSE	enable
2.0	var S	channel	INT	1	channel ch0 - 1, ch1 - 2
4.0	var S	timebase	INT	0	timebase 0 - 0.1ms, 1 - 1ms
6.0	var S	period	DINT	L#5000	period 0-60000
10.0	var S	duty	DINT	L#500	duty 0-1000
14.0	var S	minlen	DINT	L#100	minlen 0-6000
18.0	var S	return_val	WORD	W#16#0000	kod error
	var S		END_STRUCT		

Рис. 3.9. Вміст блоку даних *DB1* для функції *SFC223*

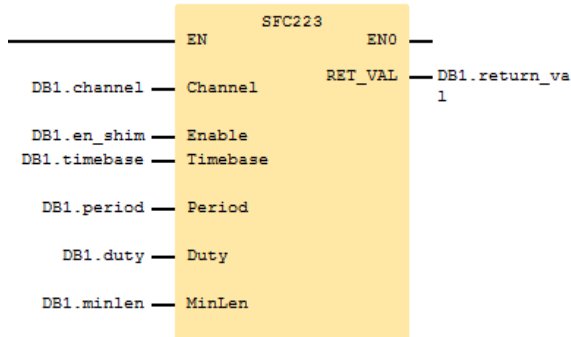


Рис. 3.10. Функція SFC223

Враховуючи вміст блоку даних DB1 необхідно внести деякі зміни до блоку OB1. На рис. 3.10 зображено результат присвоєння значень операндів формальним параметрам функції SFC223.

3.7. Контрольні запитання

- 1) Поясніть принцип дії алгоритму двохпозиційного регулювання.
- 2) Надайте пояснення щодо поняття «гістерезис».
- 3) Поясніть принцип дії широтно-імпульсного регулювання?
- 4) Надайте пояснення щодо типів даних формальних параметрів стандартної функції SFC223?

Лабораторна робота 4

РЕАЛІЗАЦІЯ ПІД-РЕГУЛЯТОРА

4.1. Мета лабораторної роботи

- ознайомлення з обладнанням стенда, вивчення його принципової та структурної схем;
- закріплення теоретичних знань щодо побудови та використання промислових контролерів *VIPA* серії *System 300 S*;

– закріплення теоретичних знань щодо принципів ПІД-регулювання із використанням ШІМ-генератора;

4.2. Опис стенда

Загальний вигляд лабораторного стенда зображено на рис. 4.1.

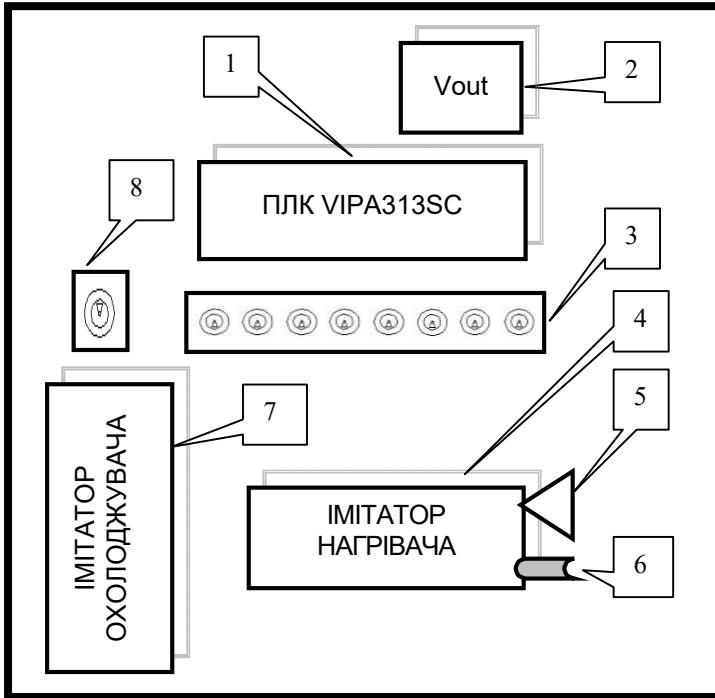


Рис. 4.1. Загальний вигляд стенда *VIPA System 300S*

На рис. 4.1 цифрами позначені елементи стенда:

1 – Контролер *VIPA* серії *System 300S* модель *CPU313SC (313-5BF03-0AB0)*, який є центральним процесорним модулем та зовнішній блок живлення типу *VIPA PS307 (307-1BA00)*. До процесорного модуля входять сигнальні суб-модулі: *VIPA DI24/DO16* та *VIPA AI5/AO2*;

2 – індикатор вихідного сигналу напруги постійного струму $0 \dots 10 \text{ V}$;

3 – імітатори дискретних сигналів, 8 перемикачів типу «сухий контакт»;

4 – імітатор нагрівача, дрововий опір в керамічному корпусі типу *ПЕВ-100* номіналом 750 Ом;

5 – дискретні датчики температури з *NO* та *NC* контактами на 40 °С;

6 – термоперетворювач опору *Pt100* (з НСХ 1.385);

7 – імітатор охолоджувача, вентилятор постійного струму для обдування повітрям нагрівача;

8 – перемикач живлення імітатора нагрівача.

Схема електричних з'єднань сигнальних субмодулів ПЛК *VIPA System313SC* із аналоговими датчиками та вихідними пристроями наведена у табл. 4.1. У таблиці вказані абсолютні адреси аналогових та дискретних каналів та елементи стенда, які до цих каналів підключені.

4.3. Етапи виконання завдань лабораторної роботи

Виконання лабораторної роботи складається з таких етапів:

1) Ознайомлення з технологічною схемою об'єкта – установкою гарячого водопостачання, структурою та алгоритмом роботи системи управління гарячим водопостачанням. Розроблення ППЗ з реалізацією ступінчатого ПД-закону регулювання для системи управління водонагрівачем із дискретним вихідним пристроєм.

2) Ознайомлення з технологічною схемою об'єкта – установкою гарячого водопостачання, структурою та алгоритмом роботи системи управління гарячим водопостачанням. Розроблення ППЗ із реалізацією безперервного ПД-закону регулювання для системи управління водонагрівачем з дискретним вихідним пристроєм та ШІМ-регулюванням.

4.4. Порядок виконання завдань лабораторної роботи

Згідно до умов завдання використаємо структурну схему регулятора, яка пояснить наступні рішення щодо розроблення апаратної та програмної складової проекту. На рис. 4.2 зображений приклад структури ПД-регулятора з дискретним виконавчим пристроєм (нагрівачем). Це так звана автоматична система регулювання (АСР) температурою.

Таблиця 4.1 – Електричні з'єднання субмодулів ПЛК *VIPA313SC* з датчиками та вихідними пристроями

СИГНАЛЬНІ СУБМОДУЛІ ПЛК <i>VIPA313SC</i>								
X11				X12				
Абс. адреса	Датчик	Абс. адреса	Датчик	Абс. адреса	Датчик	Абс. адреса	Вих. пристр.	
Ch0 PIW752	вхід 4...20mA	PIW126 ВХОДИ	–	PIW124 ВХОДИ	SV1	PQW124 ВИХОДИ	–	
			–				SV2	–
Ch1 PIW754	вхід –		–				SV3	–
			–				SV4	–
Ch2 PIW756	вхід –		–				SV5	–
			–				SV6	–
Ch3 PIW758	вхід –		–				SV7	–
			–				SV8	–
Ch4 PIW760	вхід Pt100			PIW125 ВХОДИ	NO	PQW125 ВИХОДИ	heater	
							NC	cooler
Ch5 PQW752	вихід 4...20mA						–	–
							–	–
Ch6 PQW754	вихід 0...10V						–	–
							–	–
							–	–
							–	–

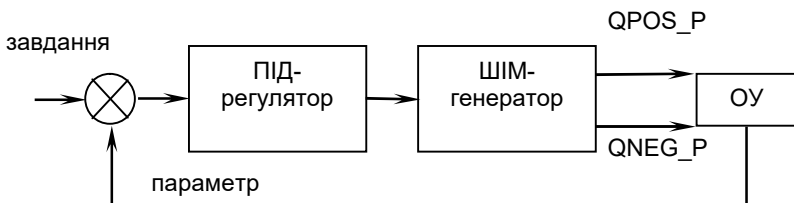


Рис. 4.2. Структурна схема АСР температурою

При використанні стандартного функціонального блоку ПІД-регулятора є можливість залежно від вимог технологічного процесу активувати або блокувати його окремі функції. Взагалі ПІД-регулятор працює як пропорційний регулятор, де інтегральна і диференціальна складові підключаються паралельно і можуть бути ввімкнутими або вимкнутими, кожна окремо. Таким чином можна реалізовувати П, ПІ, ПД та ПІД закони регулювання. В бібліотеці стандартних ФБ середовища *WinPLC7* є блоки безперервного *CONT_C* (SFB41) та ступінчастого *CONT_S* (SFB42) ПІД-регуляторів. Різниця між регуляторами полягає у типі сигналу керування: у безперервного – це лінійний аналоговий сигнал, у ступінчастого – дискретний. Для роботи обох блоків до проекту з організаційним блоком *OB1*, в якому реалізований основний цикл сканування контролера, треба додати ще два організаційні блока. Це блоки *OB100* та *OB35*, які відповідають за «холодний» перезапуск програми користувача (одноразово) та за перезапуск регулятора (постійно із циклом сканування). Час системного переривання блока *OB35* за умовчанням становить 100 мс. Виконавчим пристроєм буде електронагрівач, який буде живитися змінною напругою (див. рис. 4.1 та табл. 4.1). Для керування нагрівачем буде використаний блок *PULSEGEN* (SFB43).

В блоках регуляторів передбачено ручний режим керування для змінювання значення вихідної величини регулятора (управляюча дія). Для регулювання двох- та трьохпозиційним приводом вихідний аналоговий сигнал регулятора може оброблятися з використанням широтно-імпульсної модуляції. Поточне значення технологічного параметру подається на регулятор в одному з двох форматів: або, як ціле число, яке безпосередньо йде від сигнального модуля аналогових входів (АЦП); або, як число із плаваючою крапкою, після перетворення у цей формат (див. рис. 3.6 з функцією *FC105* для перетворення коду від АЦП у реальне значення аналогового параметру). Управляюча дія від регулятора може бути отримана також в одному з двох форматів: або у вигляді цілого числа типу *WORD*, яка безпосередньо подається на аналоговий вихід сигнального модуля; або у вигляді числа з плаваючою крапкою. Але перед відправленням на модуль аналогових виходів дане значення необхідно перетворити у стандартний формат

Таблиця 4.2 – Параметри блоку ПІД-регулятора *CONT_C* (SFB41)

Напря́м сигналу	Ім'я параметра	Тип параметра	Опис параметра
in	COM_RST	BOOL	повний перезапуск
in	MAN_ON	BOOL	вмикання ручного керування
in	PVPER_ON	BOOL	вмикання периферійних змінних процесу
in	P_SEL	BOOL	вмикання пропорційної складової
in	I_SEL	BOOL	вмикання інтегральної складової
in	INT_HOLD	BOOL	запам'ятати інтегральну складову
in	I_ITL_ON	BOOL	ініціювати інтегральну складову
in	D_SEL	BOOL	вмикання диференційної складової
in	CYCLE	TIME	час циклу обчислення
in	SP_INT	REAL	внутрішнє завдання
in	PV_IN	REAL	вхід змінної процесу
in	PV_PER	WORD	периферійна змінна процесу
in	MAN	REAL	значення параметру керування у ручному режимі
in	GAIN	REAL	коеф. підсилення регулятора
in	TI	TIME	інтервал інтегрування
in	TD	TIME	інтервал диференціювання
in	TM_LAG	TIME	час затримки диф. складової
in	DEADB_W	REAL	зона нечутливості регулятора
in	LMN_HLM	REAL	сигнал досягнення верхньої межі керуючого сигналу
in	LMN_LLM	REAL	сигнал досягнення нижньої межі керуючого сигналу
in	PV_FAC	REAL	коеф. пропор. змінної процесу
in	PV_OFF	REAL	зсув змінної процесу
in	LMN_FAC	REAL	коеф. пропорційності сигналу керування

Закінчення табл. 4.2

in	LMN_OFF	REAL	зсув сигналу керування
in	I_ITLVAL	REAL	початкове значення інтегральної складової
in	DISV	REAL	збурення змінної
out	LMN	REAL	сигнал керування
out	LMN_PER	WORD	периферійний сигнал керування
out	QLMN_HLM	BOOL	досягнення верхньої межі сигналом керування
out	QLMN_LLM	BOOL	досягнення нижньої межі сигналом керування
out	LMN_P	REAL	пропорційна складова
out	LMN_I	REAL	інтегральна складова
out	LMN_D	REAL	диференційна складова
out	PV	REAL	змінна процесу
out	ER	REAL	сигнал похибки (відхилення)

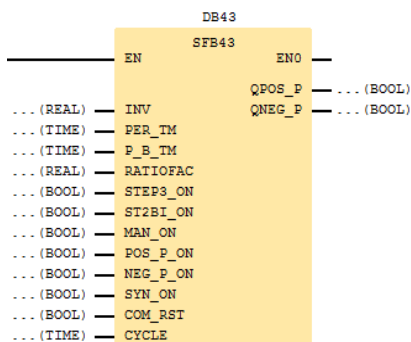


Рис.4.4. Блок *PULSEGEN* (SFB43)

В програмі користувача буде використано блок формування ШІМ-сигналу *PULSEGEN* (SFB43) зі своїм блоком даних DB43. Зображення блоку подано на рис. 4.4, а його інтерфейс в табл. 4.3. Зауважимо, що вихід LMN з блоку ПІД-регулятора *CONT_C* є входом INV блока *PULSEGEN*, який в свою чергу формує сигнали керування виконавчим пристроєм.

В табл. 4.3 параметри STEP3_ON та ST2BI_ON визначають режим роботи регулятора за умови, що ввімкнений автоматичний режим роботи. Якщо параметр STEP3_ON знаходиться у стані «TRUE», то активується режим керування трьохпозиційним вихідним пристроєм. В протилежному випадку буде активова-

ний режим керування двохпозиційним вихідним пристроєм. Причому, якщо параметр ST2BI_ON знаходиться у стані «TRUE», то активується режим біполярного керування (від -100% до +100%). Якщо параметр ST2BI_ON знаходиться у стані «FALSE», то активується режим уніполярного керування (від 0% до +100%).

Таблиця 4.3 – Параметри блоку PULSEGEN (SFB43)

Напрямок сигналу	Ім'я параметра	Тип параметра	Опис параметра
in	INV	REAL	сигнал керування
in	PER_TM	TIME	період ШІМ
in	P_B_TM	TIME	мін. довжина імпульсу
in	RATIOFAC	BOOL	коефіцієнт пропорційності
in	STEP3_ON	BOOL	вмикання режиму 3-х позиційного регулювання
in	ST2BI_ON	BOOL	вмикання режиму 2-х позиційного регулювання
in	MAN_ON	BOOL	вмикання ручного режиму
in	POS_P_ON	BOOL	вмикання позит. імпульсу
in	NEG_P_ON	BOOL	вмикання негат. імпульсу
in	SYN_ON	BOOL	вмикання синхронізації
in	COM_RST	BOOL	повний рестарт блока
in	CYCLE	TIME	інтервал виклику блока
out	QPOS_P	BOOL	позитивний імпульс
out	QNEG_P	BOOL	негативний імпульс

В режимі керування трьохпозиційним вихідним пристроєм активний позитивний вихід вмикає нагрівач та вимикає охолоджувач. Якщо активний негативний вихід, то нагрівач вимикається й охолоджувач вмикається. В двохпозиційному режимі керування, якщо виконавчий пристрій нагрівач, то він керується виходом QPOS_P. В протилежному випадку, охолоджувачем керує вихід QNEG_P.

Розрахунок тривалості імпульсу здійснюється за формулою:

$$PULSE=INV/100*PER_TM. \quad (2.3)$$

У ручному режимі роботи регулятора імпульси генеруються за допомогою управління станом вхідних параметрів POS_P_ON та NEG_P_ON. Для трьох-позиційного вихідного пристрою у блоці передбачено блокування виходів, якщо активовано або деактивовано обидва вхідні параметри. Для двохпозиційного вихідного пристрою стан параметру NEG_P_ON не має значення.

Проект з прикладом ПД-регулятора складається з програмних компонентів, які подані в табл. 4.4.

Таблиця 4.4– Вміст проекту з ПД-регулятором та ШІМ

Блок	Символьне ім'я	Короткий опис
OB1	-	Організаційний блок для основного циклу сканування
OB100	-	Організаційний блок початкового запуску
OB35	-	Організаційний блок з системним перериванням у часі, 100 мс
SFB41	CONT_C	Безперервний ПД-регулятор
SFB43	PWM_H	Генератор ШІМ-сигналу
DB35	-	Екземпляр блока даних для OB35
DB100	-	Екземпляр блока даних для OB100
DB41	DB_CONT_C	Екземпляр блока даних для OB41
DB43	DB_PWM_H	Екземпляр блока даних для OB43

Запропонований варіант реалізації безперервного ПД-регулятора є навчальним. Тому в ньому відсутні функції блокування та контролю помилок. На рис.

```

0      SET
1  //Startup routine for the controller and process
2      =   DB41.COM_RST
3
4  //Switch the controller to manual mode
5      =   DB41.MAN_ON
6      L   5.000000e+01
7      T   DB41.MAN

```

Рис.4.5. Блок OB100

4.5 зображено вміст блоку OB100. На рис. 4.6 зображено вміст організаційного блоку OB35. В табл. 4.5 наведені значення деяких параметрів регулятора, які попередньо встановлюються після запуску програми користувача.

Таблиця 4.5 – Параметри налаштування блока з ПІД-регулятором

Параметр	Тип	Значення	Короткий опис
CYCLE	TIME	100 мс	Час квантування
GAIN	REAL	1.5	Пропорційна складова
TI	TIME	25 с	Час інтегрування
TD	TIME	6 с	Час диференціювання
TM_LAG	TIME	2 с	Час запізнення диференційної складової
LMN_HLM	REAL	100.0	Обмеження керуючого сигналу зверху
LMN_LLM	REAL	-100.0	Обмеження керуючого сигналу знизу

При реалізації ПІД-регулятора пропонується для підвищення точності регулювання, використовувати вхідні і вихідні параметри у форматі числа з плаваючою крапкою. Тому необхідно перетворити сигнал від модуля аналогових входів («ціле число») за допомогою FC105 попередньо потрібно перевести у формат числа з плаваючою крапкою. Керуючий сигнал від регулятора подається на вхід блока формування ШІМ-сигнала (див. табл. 4.3 та рис. 4.4).

В блоці OB35 ланцюг викликає по перериванню блок регулятора SFB41 кожні 100 мс. Це потрібне для оновлення даних про поточний технологічний процес. Крім того, формується сигнал ручного керування вихідним пристроєм (див. рис. 4.5). Для більшої наочності роботи пропонується встановити в настройках регулятора коефіцієнти пропорційності (GAIN) малого значення та час інтегрування (TI) – велике значення.

4.5. Результати виконання завдань лабораторної роботи

1) Перевірте за вказівкою викладача роботу програми користувача на стенді. Для цього вмикайте перемикачі, які імітують сигнали датчиків та органів керування та встановлюйте значення локальних змінних. Спостерігайте за всіма змінами у програмі користувача у середовищі WinPLC7 на екрані монітора ПК.

Зафіксуйте стан вихідних пристроїв, зробивши скріншоти для різних варіантів стану датчиків. Подайте проект викладачу для перевірки.

2) Зробіть документування проекту та складіть звіт відповідно до правил оформлення звітів: відомості про виконавця роботи, назву та мету роботи, схему з'єднань, лістинг програми користувача, параметри налаштувань *COM*-порту для завантаження проектів та скріншоти екранів з візуалізаціями в режимі *Online*.

4.6. Завдання для самостійного виконання

Розробіть проект ступінчастого ПІД-регулятора *CONT_S* (SFB42) для АСР температурою у моделі теплового об'єкта з дискретним керуванням вихідним пристроєм. Як платформу оберіть контролер *VIPA* серії *System 200V* модель *CPU214DP* (214-2BP02).

4.7. Контрольні запитання

1. Які у середовищі WinPLC7 є функціональні блоки для реалізації ПІД-регулювання?

2. Що потрібно передбачити у програмі користувача для ПІД-регулювання для компенсування накопичування інтегральної похибки?

3. Яким чином можливе аналогове керування дискретним вихідним пристроєм?

Лабораторна робота 5

РОЗРОБЛЕННЯ ЛМІ НА ОСНОВІ ВЗАЄМОДІЇ ОП *VIPA OP03* ТА ПЛК *VIPA115/VIPA214/ VIPA313*

5.1. Мета лабораторної роботи

– ознайомлення з основами створення людино-машинного інтерфейсу на основі взаємодії операторських панелей та промислових контролерів *VIPA*;

- закріплення теоретичних знань щодо використання операторських панелей *VIPA OP03*;
- розроблення проекту з програмою користувача для взаємодії з операторською панеллю

5.2. Основні відомості про порядок розроблення ЛМІ на основі операторських панелей

Для створення ЛМІ буде використана операторська панель *OP03 VIPA*. Панель встановлена на стенді з контролером *VIPA* серії *System 200V* модель *SPU214DP (214-2BP02)*. Опис елементів стенда наведений у підр. 3.2 на стор. 25 цих вказівок.

Операторська панель має екран та кнопки керування. Для зв'язку з ПЛК *VIPA* панель має послідовний інтерфейс *MPI*. Опис панелі та порядок створення проектів наведений у джерелі [11]. Для налаштування панелі використовують програму-конфігуратор *OPM*. Посилання для завантаження : <https://vipa.com.ua/files/software/OP%20Manager%20V146.zip>.

Отже завантажте та запустить програму *OPM* для конфігурування панелі *OP03*. Відкриється стартове вікно програми, яке зображене на рис. 5.1.

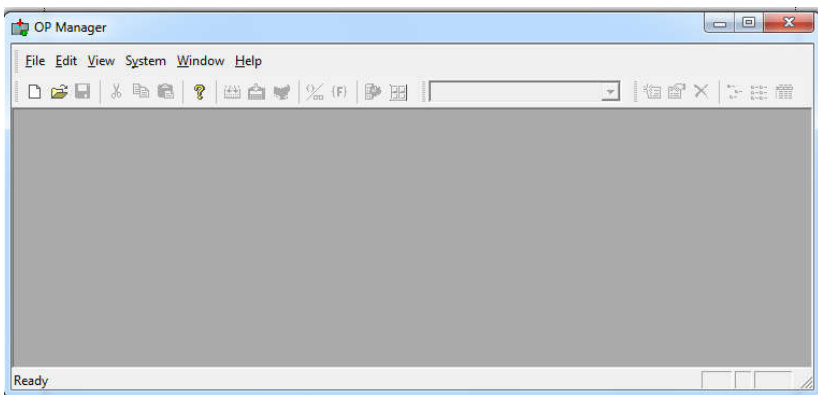


Рис. 5.1. Стартове вікно програми-конфігуратора панелей *VIPA*

Програма *OPM* є *Windows*-орієнтованою, тому вона має відповідний інтерфейс користувача та для неї діють основні способи роботи з додатками *Windows*.

Так вікно з інтерфейсом користувача складається з основного меню, робочого простору та інформаційного рядка зі статусом програми.

Розробимо проект, який буде орієнтований на сполучення панелі та контролера з проектом, який розглянутий на рис. 1.2. Нагадаємо, що це проект дискретного керування системою водопостачання. Але враховуючі наявність панелі із можливістю введення даних перенесемо функції керування до панелі. Це перемикач режимів роботи установки (ручний або автоматичний) та кнопка ручного пуску насоса. Також в панелі будемо відображати статус датчиків рівня, клапана та насоса. Виходячи з наведеного необхідно частково модифікувати програму, тобто змінні перемикача та кнопки відключити від фізичних каналів. Замість них можна використати меркерну пам'ять, наприклад меркери M0.1 та M0.2 .

Отже в меню *File* натисніть ЛКМ на кнопку *New*, або натисніть одночасно на комбінацію клавіш **Ctrl+N**. Відкриється вікно *Step1* Майстра налаштування проекту. Заповніть замість імені *Untitled* у полі *Project name:* ім'я конфігурації, наприклад, *Water_Station* та натисніть ЛКМ на кнопку *Далее*. В наступному вікні *Step2* Майстер запропонує стандартний шаблон конфігурації, тому погодьтесь на пропозицію та натисніть ЛКМ на кнопку *Готово*. Збережіть проект на жорсткий диск ПК стандартними операціями, використовуючи, наприклад, кнопку для збереження файлу в рядку піктограм швидкого доступу до команд. В результаті буде отримано проект з шаблоном, зображення якого наведено на рис. 5.2.

Почніть конфігурування з налаштування параметрів зв'язку з контролером. Для цього ЛКМ виберіть з дерева проекту *OP03-Water_Station* категорію *Controllers*. Праворуч відкриється вікно з вже доданим контролером *PLC_1* типу *S7-300/400*. Подвійним кліком ЛКМ відкрийте рядок з контролером для редагування. У вікні, яке відкриється, змініть у відповідному полі ім'я контролера на *VIPA_115*. Далі ЛКМ натисніть на кнопку *Parameters...* та налаштуйте параметри зв'язку змінивши за необхідністю адреси панелі та контролера. Для випадку з'єднання лише однієї панелі та одного ПЛК залиште адреси як є. Закрийте послідовно вікна *S7-300/400* та *PLC* натиснувши ЛКМ на кнопку *OK*.

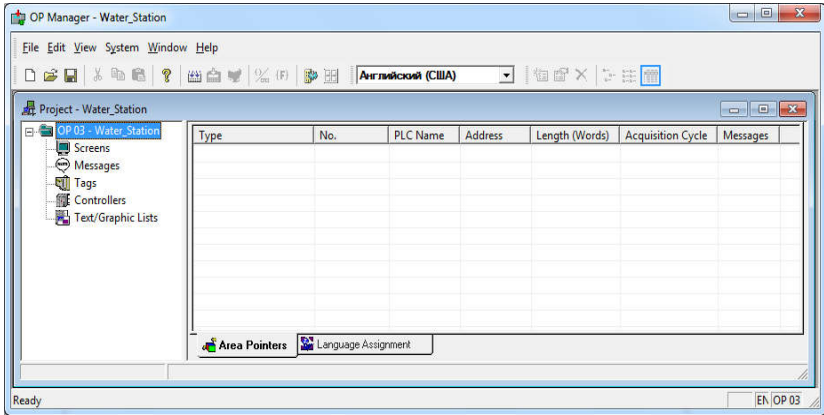


Рис. 5.2. Вікно з шаблоном конфігурації для панелі *VIPA OP03*

Наступним кроком додамо тегі. Поняття «тег» значно ширше ніж поняття «змінна». Окрім імені змінної, тег вміщує додатково адресу розміщення в пам'яті та тип змінної. Для цього ЛКМ з дерева проекту *OP03 - Water_Station* виберіть категорію *Tags*. Праворуч відкриється перелік тегів, які є в шаблоні. Це тегі таймерів та лічильників, усього 40 тегів, що показано внизу вікна у інформаційному рядку. Додамо тег, який буде керувати режимом роботи установки водопостачання. Для цього ПКМ відкрийте контекстне меню у робочому просторі вікна *Project Water_Station* і виберіть ЛКМ у переліку меню команду *Tag Insert...*. Відкриється вікно налаштування тега, яке це зображено на рис.5.3.

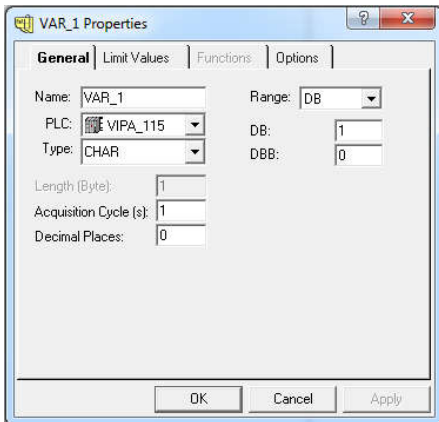


Рис. 5.3. Вікно налаштування тега

В головному вкладенні *General* вікна *VAR_1 Properties* знаходяться поля для введення імені тега, його адреси, типу змінної та її місця зберігання. Та-

кож є поля для налаштування параметрів щодо кількості байт, інтервалу опитування та кількість позицій при відображенні нецілих чисел. Введіть у поле *Name*: ім'я тега, наприклад, *MODE*, який потрібен для передавання сигналу на вмикання або вимикання автоматичного режиму. Поле *PLC*: залиште без змін. У полі *Type*: замість типу *Char*, яке вказане за умовчанням, за допомогою переліку, що випадає, виберіть тип *BOOL*. У вікні *Range* з переліку виберіть область пам'яті в ПЛК. В даному випадку це меркерна пам'ять, тому оберіть символ *M*. Далі вкажіть номер маркерного слова та відповідний біт виходячи з проекту в ПЛК: це буде *MO.0*. Далі натисніть на кнопку *Apply*, а далі – на кнопку *OK*.

Далі потрібно налаштувати екран для призначення статусу тегу за допомогою функціональних кнопок на панелі. Для цього ЛКМ виберіть категорію *Screens* з дерева проекту та за допомогою контекстного меню додайте нове вікно до вже існуючих. До переліку вікон буде додано вікно з ім'ям *PIC_1*. Поставте курсор ЛКМ у поле вікна зліва у перший рядок та подвійним кліком відкрийте діалог налаштування місця відображення *Input/Output Field*, який зображений

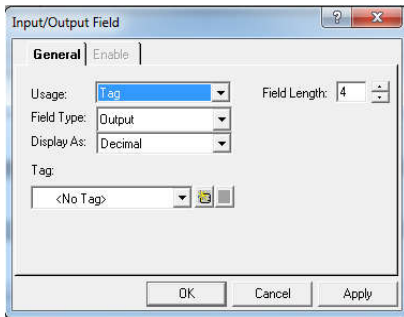


Рис. 5.4. Вікно налаштування поля відображення змінних

на рис. 5.4. Заповніть поля вкладення *General*, а саме: поле *Usage*: – залиште без змін, у полі *Field Type*: – виберіть *Input/Output*, у полі *Display As*: – виберіть *Binary*, а у полі *Tag*: – виберіть раніше створений тег *MODE*. Довжину поля відображення стану змінних процесу *Field Length* залишіть за умовчанням (4-е символи). Після додавання тегу активується кнопка налаштування його властивостей, що надає можливість його редагувати. Натисніть ЛКМ на кнопку *Apply* для підтвердження налаштувань та кнопку *OK* – для закриття вікна. Далі додамо до цього елементу вікна функцію введення значення за допомогою функціональної кнопки на клавіатурі панелі. Для цього ЛКМ клікніть на елемент, позначений нижче рядка знакомісця – «**□ 1**». Відкри-

ється діалогове вікно *Soft Key - 1*, яке призначено для програмування кнопок панелі. В цьому вікні у вкладенні *General* знов додайте потрібний тег *MODE* та вкажіть у вкладенні *Functions* тип функції, яку повинна виконувати кнопка панелі. Для цього натисніть ЛКМ на кнопку *Add* та у вікні *Select Object* у переліку *Edit Bit* виберіть команду *Set Bit*. На завершення в наступному вікні виберіть тег *MODE* та підтвердіть вибір натисканням ЛКМ на кнопку *OK*. Повторіть усі дії щодо налаштування іншої кнопки для скидання тегу *MODE*, тобто надайте для кнопки «**2**» виберіть функцію *Reset Bit*.

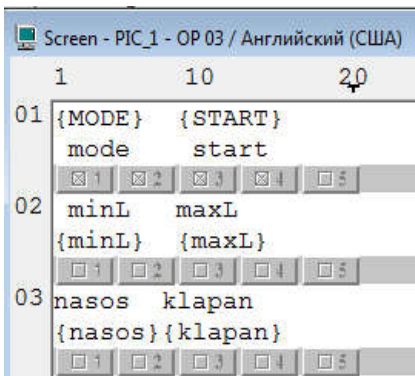





Рис. 5.5. Вигляд екрана користувача

Далі в екрані користувача подібно до описаного створіть елемент відображення та програмні кнопки для ручного вмикання та вимикання насоса за допомогою тегу *START*. Також додайте до цього ж екрану елементи, які відображають статус датчиків рівня, клапана та насоса. Результат проведених дій зображений на рис. 5.5.

Перед завантаженням проекту до панелі оператора його потрібно запам'ятати на ПК. Потім за допомогою команди *Compile* з переліку *File* основно-

го меню програми або кнопки  скомпілювати конфігурацію [11]. У разі вдалого компілювання у інформаційному вікні *Output Window* з'явиться відповідне повідомлення та розмір проекту для завантаження. Якщо розмір проекту менше 256 кБ, то він може бути завантажений до панелі. Одразу після компілювання будуть активовані ще дві кнопки: це кнопка для завантаження до панелі  та кнопка запуску симулятора панелі . Якщо панель фізично відсутня, тому використаємо симулятор. Вікно з активованим симулятором панелі оператора показано на рис. 5.6.

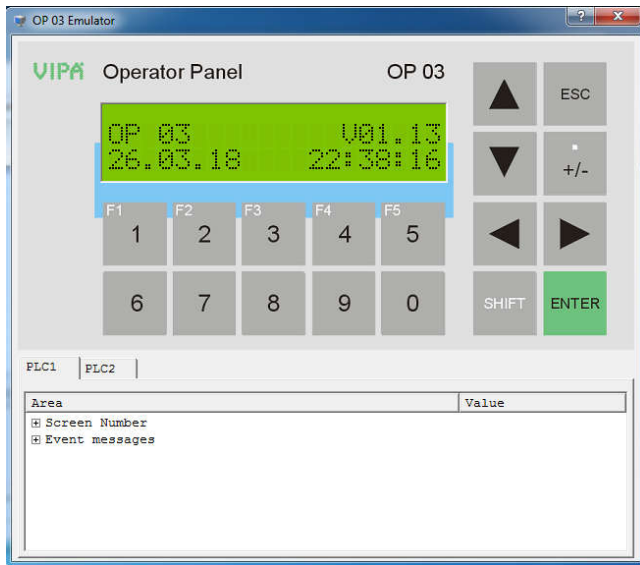


Рис. 5.6. Вікно з екраном симулятора

Спостереження за поточними параметрами програми користувача з боку панелі в режимі симулятора неможливе без наявності контролера, але можливо відкрити вікно користувача та перевірити роботу програмних кнопок для введення значень до тегів. Тому ЛКМ натисніть на кнопку *ENTER* в симуляторі панелі для переходу до її системних вікон. Далі необхідно перейти до вікна користувача з ім'ям *PIC_1*. Для цього потрібно активувати ЛКМ кнопку *SHIFT* на симуляторі панелі та натиснути ЛКМ на функціональну кнопку *F2*. У вікні панелі з'явиться перелік екранів. Для відкриття екрана користувача потрібно спочатку ЛКМ деактивувати кнопку *SHIFT*. Далі кнопками ∇ , \blacktriangle , \blacktriangleright , \blacktriangleleft перемістите курсор всередині вікна на символі з номером екрана до появи рядка з ім'ям *PIC_1*. Натисніть ЛКМ на кнопку *ENTER* для відкриття екрану *PIC_1* з даними про процес. Відкриється екран з першими двома рядками, який зображений на рис. 5.7. На цьому екрані можна перевірити роботу софт-кнопок. Для цього активуйте кнопку *SHIFT* і далі по черзі натисніть на кнопку *F1* для запуску

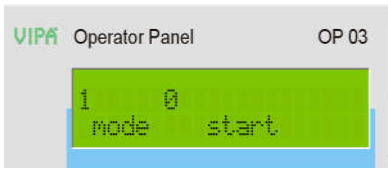


Рис. 5.7. Екран користувача
(1 та 2 рядок)

автоматичного режиму та $F2$ – для переходу установки на ручний режим керування. У ручному режимі перевірте можливість вмикання насоса шляхом застосування кнопки $F3$ та вимикання насоса – шляхом застосування кнопки $F4$. Подальше натискання ЛКМ на кнопку ▼ призведе до

переходу на наступні рядки активного екрану, які показані на рис. 5.8 та 5.9.

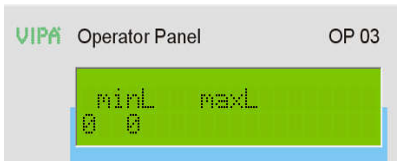


Рис. 5.8. Екран користувача
(3 та 4 рядок)

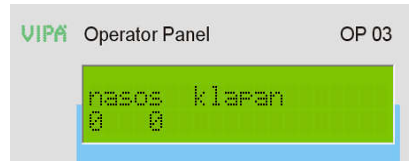



Рис. 5.9. Екран користувача
(5 та 6 рядок)

У випадку, коли є можливість фізичного з'єднання панелі та контролера потрібно ЛКМ натиснути на кнопку . Відкриється вікно *Interface Settings* для налаштування *MPI*-інтерфейсу між панеллю та ПЛК. В цьому вікні ЛКМ активуйте кнопку *Settings...* для налаштування параметрів інтерфейсу у вікні *MPI Settings*, а саме: параметрів *COM*-порту комп'ютера та мережних налаштувань – *MPI*-адреси панелі. Після введення потрібних налаштувань ЛКМ послідовно два рази на кнопку *OK* для закриття вікон. Якщо налаштування параметрів зроблені вірно почеться процес завантаження проекту до панелі. Зауважимо, що для завантаження проекту до панелі використовують так званий «зелений кабель» від *VIPA*. На завершення зазначимо, що можна налаштувати загальні властивості па-

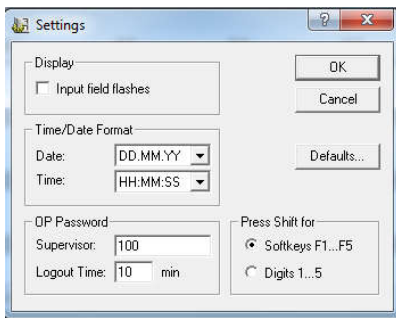


Рис. 5.10. Вікно налаштувань
властивостей панелі

на панель.

нелі. Це робиться шляхом натискання ЛКМ на кнопку у рядку швидкого доступу



або команду *Settings...* в переліку *System* у головному меню програми. Відкриється вікно, яке зображено на рис. 5.10. У вікні *Settings* можна налаштувати формат часу та дати, паролі доступу та софт-кнопки *F1...F5*. У вікні є кнопка *Defaults...* для встановлення параметрів «за умовчанням».

5.3. Результати виконання завдань лабораторної роботи

1) Перевірте за вказівкою викладача роботу програми користувача на стенді контролер *VIPA* серії *System 200V* модель *CPU214DP (214-2BP02)* та взаємодію з операторською панеллю *OP03*. Для цього за допомогою кнопок на панелі вмикайте режими та спостерігайте на екрані дисплея ОП стан датчиків та вихідних пристроїв. Спостерігайте за всіма змінами у програмі користувача у середовищі *WinPLC7* на екрані монітора ПК. Зафіксуйте стан вихідних пристроїв, зробивши скріншоти для різних варіантів стану датчиків. Подайте проект викладачу для перевірки.

2) Зробіть документування проекту та складіть звіт відповідно до правил оформлення звітів: відомості про виконавця роботи, назву та мету роботи, схему з'єднань, лістинг програми користувача, параметри налаштувань *COM*-порту для завантаження проектів та скріншоти екранів з візуалізаціями в режимі *Online*.

5.4. Завдання для самостійного виконання

1) Для системи дискретного управління водонагрівачем (див. схему на рис. 1.7) налаштувати обмін даними з операторською панеллю *OP03*. В конфігурації панелі передбачити відображення стану датчиків та вихідних пристроїв, подібно до розглянутого прикладу. Як контролер обрати контролер *VIPA* серії *System 100V* модель *CPU115DIO32SER (115-6BL32)*.

2. Для прикладу з таймерами та лічильниками для ПЛК *VIPA* серії *System 100V* модель *CPU115DIO32SER (115-6BL32)* та контролер *VIPA* серії *System 200V* модель *CPU214DP (214-2BP02)* розробити конфігурацію операторської панелі *OP03* з можливістю встановлення параметру часу для таймерів та скидання лічильників.

3. Для другого завдання на стор. 14 розробити конфігурацію операторської панелі OP03 з можливістю керування котлом та отриманням сигналів про аварії та стан нагрівача. Як ПЛК вибрати контролер *VIPA CPU115DIO32SER (115-6BL32)*.

4. Для установки гарячого водопостачання з аналоговим датчиком на стенді з *CPU214DP (214-2BP02)* розробити конфігурацію операторської панелі OP03 з можливістю відображення значення на аналогових входах ПЛК.

5. Для установки гарячого водопостачання з аналоговим датчиком на стенді з *CPU214DP (214-2BP02)* розробити конфігурацію операторської панелі OP03 з можливістю введення параметрів ШІМ до блока *DB1* для функції *SFC223*.

6. Розробити ЛМІ для проекту безперервного ПІД-регулятора з дискретним вихідним пристроєм для контролера *VIPA* серії *System 200V* модель *CPU214DP (214-2BP02)* та *VIPA* серії *System 300S* модель *CPU313SC (313-5BF03-0AB0)*.

5.5. Контрольні запитання

1. Надайте загальну характеристику текстових операторських панелей виробництва *VIPA*.

2. Який порядок створення проекту конфігурації операторської панелі OP03?

Лабораторна робота 6

РЕАЛІЗАЦІЯ ОБМІНУ ДАНИМИ МІЖ ПЛК *VIPA* ЗА ПРОТОКОЛОМ *MPI*

6.1. Мета лабораторної роботи

– ознайомлення з принципами обміну даними між контролерами *VIPA* за протоколом *MPI*;

– створення проекту для обміну даними між ПЛК *VIPA*.

6.2. Основні відомості про порядок обміну між ПЛК VIPA за протоколом MPI

Якщо потрібно організувати обмін даними між ПЛК *VIPA*, які не мають вбудованого модулю *PROFIBUS DP*, то ця задача вирішується за допомогою інтерфейсу *RS232* із протоколом *MPI* з використанням глобальних блоків даних. Увесь обмін налаштовується в конфігурації ресурсів ПЛК, які обмінюються даними.

Налаштуємо обмін даними між ПЛК *VIPA115* та *VIPA313*. Нагадаємо, що дані процесорні модулі не мають вбудованого модулю *PROFIBUS DP*. Крім того, якщо в процесорному модулі *VIPA115* задіяний інтерфейс *RS485* для обміну даними, наприклад, з панеллю оператора за протоколом *Modbus*, то для обміну з іншим ПЛК можливе лише використання інтерфейсу *RS232* з протоколом *MPI*. З боку ПЛК *VIPA313* налаштуємо обмін для отримання стану входів *VIPA115*. Тобто, програма користувача в обох ПЛК буде виконуватись самостійно, але контролер *VIPA313* буде додатково отримувати інформацію про стан входів *VIPA115* за допомогою блока глобальних даних.

Але з початку потрібно налаштувати мережу з протоколом *MPI*. Нагадаємо, що налаштування *MPI*-мережі здійснюється в основних властивостях процесорного модуля. Після натиснення ЛКМ на кнопку *Properties MPI* у зоні налаштування властивостей мережі. Далі, у вікні *Properties MPI-interface* необхідно ЛКМ натиснути на кнопку *New*. В результаті до вкладення *Parameters* вікна *Properties MPI-interface* буде додана *MPI*-мережа з ідентифікатором *MPI(0) S7-Subnet-ID: 00CE-0000*. Закрийте вікно *Properties MPI-interface* натисненням ЛКМ на кнопку *OK*. Залишилось змінити адресу ПЛК в *MPI*-мережі. Нехай *MPI*-адреса ПЛК *VIPA115* буде такою – «15». Одразу, у вікні мережної конфігурації з'явиться вузол *VIPA115* з підключенням до *MPI*-мережі. Далі необхідно додати нову станцію до мережі. Це буде контролер *VIPA313* з *MPI*-адресою, яка дорівнює, наприклад, значенню «13». Результат додавання нового вузла до мережі зображений на рис. 6.1.

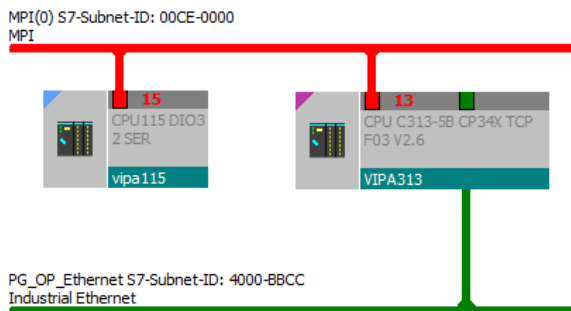


Рис. 6.1. Структура *MPI*-мережі

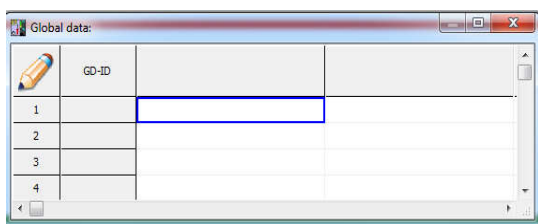


Рис. 6.2. Таблиця глобальних даних

Якщо ПКМ на вузлі *VIPA115* або *VIPA313* викликати контекстне меню та вибрати команду *Define global data*, то буде створена таблиця глобальних даних, фрагмент якої зображений на рис. 6.2. У глобальній таблиці даних ви мо-

жете налаштувати обмін даними між процесорами *VIPA CPU*, які підключені за допомогою мережі *MPI*. Додайте до стовпчиків таблиці вузли, які братимуть участь у обміні даними. Для цього використайте контекстне меню з командою *Insert PLC column*. Таблиця містить стовпець для кожного вузла PLC – *VIPA115* та *VIPA313*, де потрібно ввести адреси, які будуть ідентифікаторами в процесі обміну даними. Нехай необхідно обмінюватись станом дискретних входів між процесорними модулями. Так, стан дискретних входів *VIPA115 IB0* буде передаватись до меркерного байта *MB0* в пам'яті *VIPA313*, а стан дискретних входів *VIPA313 IB124* буде передаватись до меркерного байта *MB124* в пам'яті *VIPA115*. Результат налаштування зображений на рис. 6.3.

Причому, для визначення джерела та отримувача даних в контекстному меню є спеціальні команди: *Change the cell to a sender* та *Change the cell to a receiver*

er. Також в якості операндів може бути використані елементи блоків даних, які належать до програм користувача в ПЛК. Система самостійно призначає внутрішній ідентифікатор для пар операндів в обох ПЛК, яке знаходиться у стовпчику *GD-ID*. Причому стовпчик *GD-ID* буде заповнений лише після виконання команди компілювання глобального блока даних. Це команда *Compile, create configuration data and save the GDT-File* з контекстного меню. Далі потрібно передати таблицю глобальних даних до відповідних ПЛК за допомогою команди *Send Global-data to active PLC* або *Send Global-data to all PLCs*.

	GD-ID	vipa115\ CPU115 DIO32 SER	VIPA313\ CPU C313-5BF03 V2.6
1	GD 1.1.1	>IB0	MB100
2	GD 1.2.1	MB124	>IB124

Рис. 6.3. Структура таблиці глобальних даних

Для додавання вузла до мережі обміну потрібно за допомогою контекстного меню вибрати команду *Insert PLC column*. Зауважимо, що обмін можливий між 15 вузлами в *MPI*-мережі. Тобто, глобальна таблиця може містити не більше 15 вузлів ПЛК.

До рядків з операндами можливе додавання спеціальних рядків:

- рядок «*GST*» (*Global status row*) – операнд зі глобальним станом. Він визначається як загальна сума, яка відповідає операції *OR* всіх стовпчиків стану таблиці. Ця адреса повинна бути адресою з двома словами;
- рядок «*GDS*» (*Status row data packet*) – у цьому рядку можливо ввести двослівну адресу для кожного вузла, який бере участь у передачі даних;
- рядок «*SR*» (*Scan rate*) – визначає частоту сканування для кожного пакета даних в процесі обміну. Може приймати значення від 1 до 255 одиниць.

Швидкість сканування для джерела повинна задовольняти наступним умовам, щоб переконатись, що навантаження на комунікаційну ПЛК зменшується

наскільки це можливо:

$$\text{Scan rate} * \text{cycle time} > = 60 \text{ мс.}$$

Коли створюється глобальна таблиця даних, компілятор автоматично створює різні схеми *GD*. Нижче наведений список основних правил, які застосовуються до цього процесу:

- у глобальному блоці передачі даних може бути задіяне максимум 15 процесорних модулів;
- допустимі такі операнди: входи, виходи, слова таймерів, таймери (лише як відправники), лічильники (лише як відправники), дані з блоків даних;
- довжина байтів області передавання та приймання повинна бути однаковою. Це означає, що якщо центральний процесор передає 10 байт, то довжина області прийому приймаючого центрального процесора повинна також становити 10 байт;
- максимальна довжина даних пакету *GD* становить 32 байти. У цьому випадку доступно 22 байта для фактичної інформації. Для заголовка блоку потрібно 8 байт, і для кожного об'єкта *GD* необхідні два байти. Коли для передачі даних з різних адресних областей використовується пакет *GD*, то кількість байтів, доступних для фактичної інформації, зменшується на два байти на кожену область адреси. Зверніть увагу, що для типу даних *BOOL* також потрібно 1 байт за адресою;
- у рамках схеми *GD* процесор може отримувати максимум один пакет даних *GD* і надсилати один пакет даних *GD*;
- процесор може передавати та отримувати *GD*-пакети в максимум чотирьох схемах *GD*;
- процесори дозволяють сканувати значення в діапазоні від 1 до 255 одиниць. Значення за замовчуванням для швидкості сканування залежить від швидкості обробки центрального процесору;
- процесори серії *S7-300* не підтримують передачу даних, керованих за подіями, за допомогою *SFC*;
- максимальна кількість схем *GD* становить 16.

Насамкінець зауважимо, що фізично процесорні модулі з'єднують за допомогою «зеленого» кабелю від *VIPA*, але можливе й з'єднання за допомогою стандартного кабелю *PROFIBUS*.

6.3. Результати виконання завдань лабораторної роботи

1) Перевірте за вказівкою викладача роботу програми користувача на стенді контролер *VIPA* серії *System 200V* модель *CPU214DP* (214-2BP02) та взаємодію з контролер *VIPA* серії *System 100V* модель *CPU115DIO32SER* (115-6BL32). Спостерігайте за всіма змінами у програмі користувача у середовищі *WinPLC7* на екрані монітора ПК. Зафіксуйте стан вихідних пристроїв, зробивши скріншоти для різних варіантів стану датчиків. Подайте проект викладачу для перевірки.

2) Зробіть документування проекту та складіть звіт відповідно до правил оформлення звітів: відомості про виконавця роботи, назву та мету роботи, схему з'єднань, лістинг програми користувача, параметри налаштувань *COM*-порту для завантаження проектів та скріншоти екранів з візуалізаціями в режимі *Online*.

6.4. Завдання для самостійного виконання

1) Для системи дискретного управління водонагрівачем (див. схему на рис. 1.7) налаштувати обмін даними між контролером *VIPA* серії *System 200V* модель *CPU214DP* (214-2BP02) та контролером *VIPA* серії *System 100V* модель *CPU115DIO32SER* (115-6BL32).

2. Для прикладу з таймерами та лічильниками налаштувати обмін даними для ПЛК *VIPA* серії *System 100V* модель *CPU115DIO32SER* (115-6BL32) та ПЛК *VIPA* серії *System 200V* модель *CPU214DP* (214-2BP02) з можливістю встановлення параметру часу для таймерів та скидання лічильників.

3. Для другого завдання на стор. 14 налаштувати обмін даними з можливістю керування котлом та отримання сигналів про аварії та стан нагрівача з боку ПЛК *CPU214DP* (214-2BP02).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Офіційна сторінка виробника VIPA Gmbh [Електронний ресурс]: режим доступу <http://www.vipa.com>.
2. Офіційна сторінка представника виробника VIPA Gmbh в Україні компанії «СВ-Альтера» [Електронний ресурс]: режим доступу <http://www.vipa.com.ua/vipa-ukraine/about-vipa.html>.
3. Руководства пользователя по продукции VIPA [Електронний ресурс]: режим доступу через сайт: <http://www.vipa.com.ua>.
4. Програмування промислових контролерів VIPA в середовищі WINPLC V5 [Текст] : навч. посіб. для студентів спец. 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / М. О. Подустов та ін.] - Харків : НТУ "ХПІ", 2018. – 191 с.
5. Полный каталог продукции VIPA, 2014-2015 г. [Електронний ресурс]: режим доступу http://www.svaltera.ua/catalogs/knowledge-base/brands/vipa/VIPA_Main_Catalog_2014_2015.pdf.
6. VIPA System 100V. CPU Manual, HB100E_CPU – Rev. 12/12, 2012, VIPA Gmbh – 162 p.
7. VIPA System 200V. CPU Manual, HB97E_CPU – Rev. 02/12, 2012, VIPA Gmbh – 312 p.
8. VIPA System 300V. CPU Manual, HB130E_CPU – Rev. 06/43, 2008, VIPA Gmbh – 160 p.
9. VIPA System 300S SPEED7. CPU Manual, HB140R_CPU – Rev. 04/08, 2008, VIPA Gmbh – 66 p.
10. IEC 61131-3:2013 Programmable controllers – Part 3: Programming languages [Електронний ресурс]: режим доступу: <https://webstore.iec.ch/publication/4552>.
11. VIPA HMI OP03. Manual, HB116E_OP03. Rev. 11/41, 2011, VIPA Gmbh – 76 p. [Електронний ресурс]: режим доступу: https://vipa.com.ua/pdf/products/hmi/lines-displays/HB116e_op03_11-41.pdf.

ЗМІСТ

<i>ВСТУП</i>	3
<i>Лабораторна робота 1. Загальні принципи програмування контролерів VIPA у середовищі WINPLC7</i>	4
<i>Лабораторна робота 2. Структурування проектів та основні принципи використання таймерів та лічильників</i>	15
<i>Лабораторна робота 3. Принципи реалізації двохпозиційного та ШІМ регулювання</i>	24
<i>Лабораторна робота 4. Принципи реалізації ПІД-регулювання</i> . . .	33
<i>Лабораторна робота 5. Розроблення ЛМІ на основі взаємодії ОП VIPA OP03 та ПЛК VIPA115/VIPA214/ VIPA313</i>	45
<i>Лабораторна робота 6. Реалізація обміну даними між ПЛК VIPA за протоколом MPI</i>	54
<i>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ</i>	60

Навчальне видання

РОЗРОБЛЕННЯ ППЗ ДЛЯ ПРОМИСЛОВИХ
КОНТРОЛЕРІВ VІРА У СЕРЕДОВИЩІ WINPLC7

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для проведення комп'ютерного практикуму з навчальної дисципліни
«Програмне забезпечення промислових контролерів»
для студентів спеціальності
174 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
усіх форм навчання

Укладачі: ЛИСАЧЕНКО Ігор
 БАБІЧЕНКО Анатолій
 ДЗЕВОЧКО Альона

Відповідальний за випуск проф. ПОДУСТОВ Михайло

Роботу до видання рекомендував ДУДНИК Олексій

В авторській редакції

План 2023 р., поз. **

Підп. до друку __. __.2023. Гарнітура Times New Roman.

Видавничий центр НТУ «ХП»
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 5478 від 21.08.2017 р.
НТУ «ХП», вул. Кирпичова, 2, м. Харків-2, 61002

Самостійне електронне видання