

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,  
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**для проведення лабораторних занять з курсу  
«Мережі автоматизованих систем керування»**

для студентів напряму підготовки 050202  
«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
денної та заочної форм навчання

Затверджено  
редакційно-видавничою  
радою університету,  
протокол № 2 від 07.12.2011 р.

Харків  
НТУ «ХПІ»  
2012

Методичні вказівки для проведення лабораторних занять з курсу «Мережі автоматизованих систем керування» для студентів напряму підготовки 050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання / Уклад. Тошинський В. І., Лисаченко І.Г. та ін. – Х. : НТУ «ХП», 2012. – 80 с.

Укладачі:           В. І. Тошинський  
                          І. Г. Лисаченко  
                          І. І. Литвиненко  
                          О. Г. Шутинський  
                          О. М. Дзевочко

Рецензент: І. Л. Красніков, доц. канд. техн. наук,  
доц. каф. автоматизації хіміко-технологічних систем  
та екологічного моніторингу

Кафедра автоматизації хіміко-технологічних систем  
та екологічного моніторингу

## ВСТУП

Дані методичні вказівки розроблені для проведення лабораторних занять зі студентами денної та заочної форм навчання за напрямом «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» з дисципліни «Мережі автоматизованих систем керування». Вони вміщують необхідні теоретичні відомості для розроблення макетів розподілених систем управління (PCY) технологічними процесами. Макет PCY складається з контролера та панелі оператора, пристрою зв'язку з об'єктом або локального регулятора. Усі вказані пристрої з'єднанні за допомогою інтерфейсу *RS-485* і взаємодіють за різними протоколами. Також пристрої з'єднані безпосередньо або через перетворювач інтерфейсів з персональним комп'ютером (ПК), на якому встановлено спеціальне програмне забезпечення (СПЗ) для програмування програмованих логічних контролерів (ПЛК) та конфігурування модулів і панелей оператора (ПО). Як об'єкт управління пропонується імітатор нагрівача та охолоджувача (модель теплообмінника). Регульованим параметром у системі є температура всередині теплообмінника, яку вимірюють за допомогою або термометра опору, або термоелектричного перетворювача – термопари. В лабораторних роботах реалізований ПІД- або двопозиційний закон регулювання технологічного параметра, який здійснює або ПЛК або мікропроцесорний регулятор. Також у лабораторних роботах вивчається метод аналогового управління дискретним виходом, так зване ШІМ-регулювання. В кожній лабораторній роботі наведені відомості про структуру та побудову PCY та необхідне СПЗ, яке потрібно використати для налаштування пристроїв. При цьому як виконавчі механізми використовуються дрововий керамічний резистор для нагрівання та вентилятор для охолодження. Метою кожної роботи є організація мережної взаємодії ПЛК з іншими пристроями PCY (ПО, модулями) та здійснення управління технологічним процесом (ТП).

Обладнання всіх стендів для виконання лабораторних робіт вироблено компанією *ОВЕН* (Росія), яка надала його безкоштовно згідно з програмою підтримки вищих навчальних закладів. Також безкоштовним є СПЗ для конфігурування та налаштування усіх пристроїв виробництва компанії *ОВЕН*. При використанні в PCY контролерів серії *ПЛК150* виробництва компанії *ОВЕН* задіяне середовище *CoDeSys V2*, яке теж є безкоштовним.

**Лабораторна робота 1**  
ОРГАНІЗАЦІЯ МЕРЕЖНОЇ ВЗАЄМОДІЇ  
ПАНЕЛІ ОПЕРАТОРА *СМІ-1* ТА КОНТРОЛЕРА *ПЛК150*

**1.1. Мета роботи**

- Вивчення основних принципів мережного обміну даними між ПО та ПЛК за послідовним інтерфейсом *RS-485* з застосуванням протоколу *ОВЕН* в режимі ведучий–ведений.
- Конфігурування програмного модуля *OWEN (Slave)* у конфігурації ресурсів *ПЛК150* у середовищі *CoDeSys 2.3*.
- Конфігурування панелі оператора *СМІ-1* в програмі *Конфігуратор СМІ-1*.

**1.2. Опис стенда**

Загальний вигляд стенда представлений на рис. 1.1. На ньому цифрами позначені елементи:

1 – Імітатор нагрівача – дровотий опір в керамічному корпусі типу *ПЭВ-100* номіналом 750 Ом.

2 – Імітатор охолоджувача – вентилятор обдування з живленням постійної напруги 12 В.

3 – Клавіша вмикання живлення ПО.

4 – Імітатор аналогового сигналу (*R~*) – змінний опір номіналом 0...1 кОм, який підключений до ПЛК.

5 – Контролер – ПЛК *ОВЕН* моделі *ПЛК150-220.И-L* з внутрішнім джерелом живлення, є моноблоком, що об'єднує в собі контактні групи для підключення дискретних та аналогових сигналів вводу/виводу, а також інтерфейси обміну даними: *RS-232* – для завантаження програм та обміну даними з ПК; *RS-485* – для мережної взаємодії з іншими пристроями; *Ethernet* – для завантаження програм та обміну даними з ПК.

6 – Імітатор дискретних сигналів для ПЛК – емулятор *ЭДИ-6 ОВЕН*: шість перемикачів типу «сухий контакт».

7 – Імітатор дискретних сигналів для ПО – чотири перемикачі типу «сухий контакт».

8 – Панель оператора – ПО ОВЕН моделі СМІ-1-220 для відтворення даних з функціями редагування для роботи в мережах RS-485 та RS-232 за протоколами ModBus ASCII/RTU та ОВЕН.

9 – Клавiша вмикання живлення ПЛК.

10 – Датчик температури – термопара. Тип та модель датчика вказані на бирці.

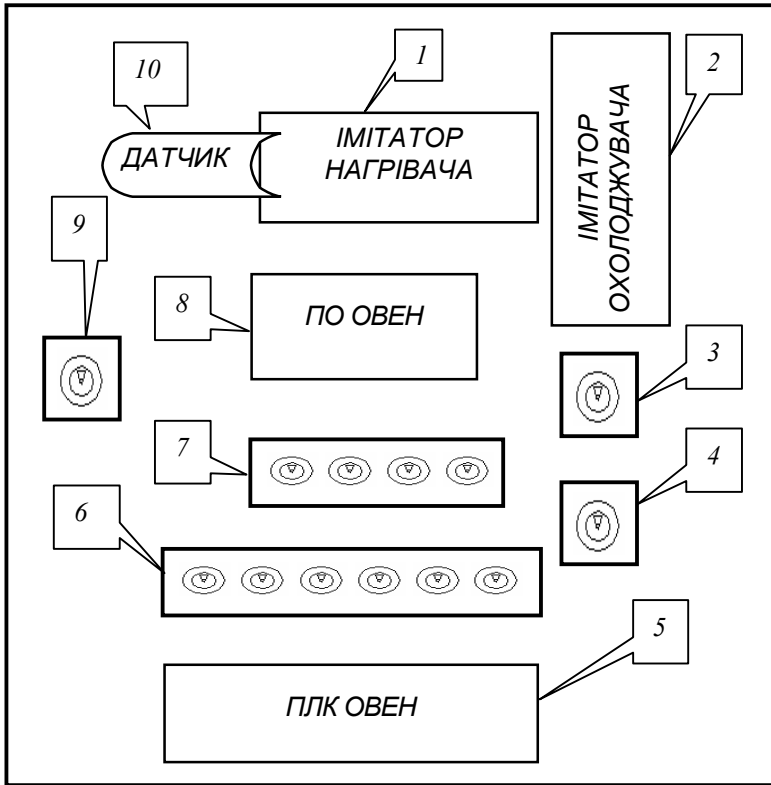


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд стенда

На рис. 1.2 показана принципова електрична схема стенда, а в табл. 1.1 – його специфікація. Структурна схема комунікаційних зв'язків зображена на рис. 1.3.

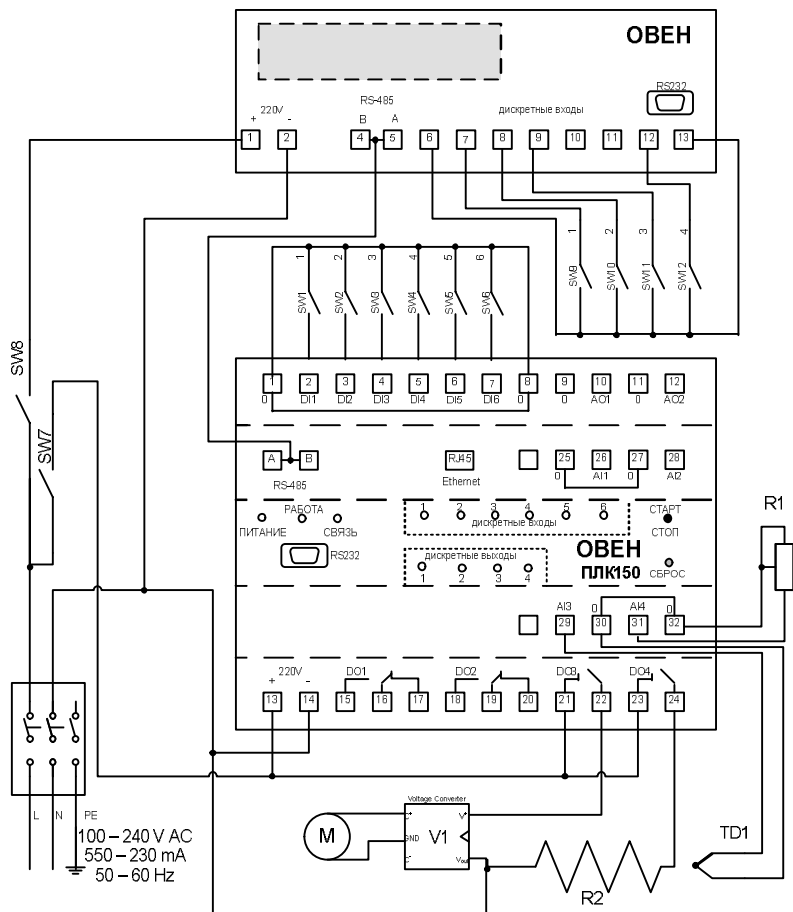


Рисунок 1.2 – Принципова схема станда

**Принцип роботи станда.** Клавiші *SW7*, *SW8* призначені для включення живлення ПЛК та ПО відповідно. За допомогою перемикачів *SW1...SW6* дискретні сигнали подаються на входи *DI1...6* ПЛК, а за допомогою перемикачів *SW9...SW12* – на входи: *Bx.1*, *Bx.2*, *Bx.3* та *Bx.6* ПО. Вони можуть імітувати сигнали дискретних датчиків (ВМК./ВИМК.), керувати режимами роботи (Руч./Автомат.) або технологічним процесом (Більше/Менше). Імітатори нагрівача та охолоджу-

вача підключені до дискретних виходів ПЛК, причому нагрівач підключений безпосередньо до релейного виходу *DO4*, а охолоджувач – через перетворювач напруги *220/9 В* – до виходу *DO3*. Змінний опір підключений до аналогового входу *AI4* ПЛК. Термопара *ТХК1479* підключена до аналогового входу *AI3* ПЛК.

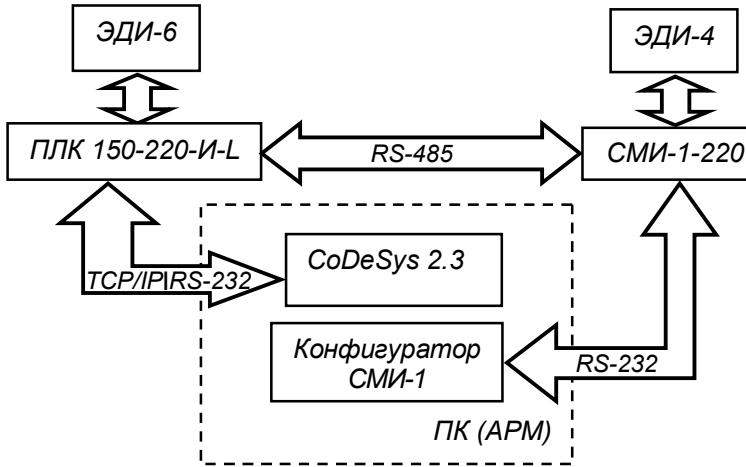


Рисунок 1.3 – Структурна схема стенда

Таблиця 1.1 – Специфікація елементів стенда

Перетворювач напруги <i>V1</i>	<i>БП 220/9 В пост.</i>
Змінний опір <i>R1</i>	<i>0...1 кОм</i>
Нагрівальний резистор <i>R2</i>	<i>ПТВ-100, 750 Ом</i>
Вентилятор обдування <i>M</i>	<i>DC FAN 12 V/0.1 A</i>
Датчик температури <i>TD1</i>	<i>ТХК1479</i>
Перемикачі <i>SW1...SW6, SW9...SW12</i>	<i>MTS-1</i>
Клавіші вмикання <i>SW7, SW8</i>	<i>220 В/5 А</i>

### 1.3. Порядок виконання роботи

Виконання лабораторної роботи складається з таких етапів:

- 1) Підготовка ПЛК до роботи у складі РСУ технологічним процесом.

- 2) Конфігурування програмного модуля *OWEN (Slave)* у конфігурації ресурсів ПЛК для мережного обміну з ПО.
- 3) Конфігурування ПО для мережного обміну з ПЛК.
- 4) Налаштування роботи макета системи управління теплообмінником.

## 1.4. Хід виконання роботи

### 1.4.1. Підготовка ПЛК до роботи у складі системи управління

Як проєкт для завантаження до ПЛК пропонується програма користувача (рис. 1.4), яка здійснює ПД-регулювання температурою в моделі теплообмінника за допомогою ШІМ-управління двопозиційним вихідним елементом (нагрівачем або охолоджувачем).

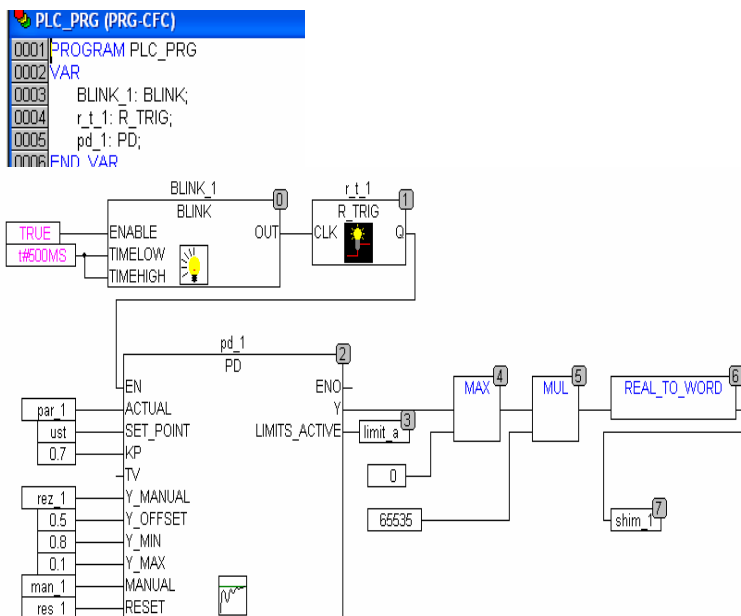


Рисунок 1.4 – Програма ПД-регулятора температурою

У даній програмі змінна *par\_1* – це поточне значення температури; змінна *ust* – значення уставки, змінна *shim\_1* управляє 3-м апаратним ШІМ-виходом (нагрівачем). Змінні *man\_1*, *res\_1* мають тип *BOOL* и слу-

жать для управління режимом роботи ПД-регулятора. Значення уставки вводять на ПО та передають мережею. Значення керуючих сигналів ПЛК отримує з мережі. Вони формуються за допомогою перемикачів на емуляторі сигналів для ПО. Поточне значення параметра (температура) відправляється мережею до ПО для відображення. Вихід за межі сигналу управління сигналізує змінна *limit\_a*. У випадку включення ручного режиму управління керуючий вплив передається через змінну *rez\_1*, яка пов'язана з аналоговим входом ПЛК, до якого підключений змінний резистор. Необхідно доопрацювати дану програму шляхом дублювання змінних для організації обміну в мережі.

Для реалізації ШІМ-управління вихідним елементом (нагрівачем), в модулі дискретних виходів *Discrete output 4 bit [FIX]*, використовуючи контекстне меню, створіть субмодуль *Pulse-wide modulator [VAR]* з виходом *do\_pwm*. Далі налаштуйте параметри субмодуля, обов'язково указавши номер виходу *Number of output* відповідно до схеми стенда, як це зображено на рис. 1.5.

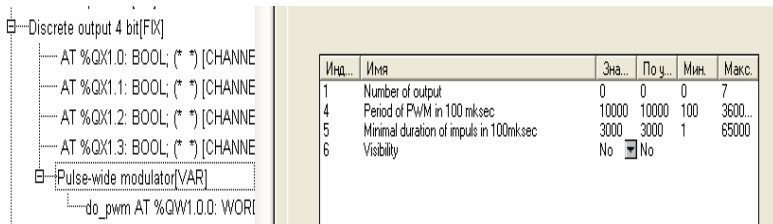


Рисунок 1.5 – Параметри налаштування субмодуля ШІМ

Отже, створіть в середовищі *CoDeSys 2.3* проект з ім'ям *lr\_1\_name.pro* (де *name* – прізвище студента), визначте необхідний таргет-файл та мову програмування головного *POU – PLC\_PRG*. Як цільову платформу виберіть *ОВЕН150-І.І.І*, а мову програмування – *CFC*. Перейдіть до вкладки *Ресурси* проекту та виберіть в неї утиліту *Конфігурація ПЛК*. Далі проведіть конфігурування ПЛК відповідно до схеми стенда та описаних вище змінних. Після конфігурування ПЛК фіксованого набору програмних модулів вводу/виводу перейдіть у вікно *POU PLC\_PRG* для вводу програми користувача. Далі відкомпілюйте програму, з'єднайтеся з ПЛК за допомогою програмного комунікаційного

модуля та завантажте готовий проект до ПЛК. Для завантаження використовуйте інтерфейс *RS-232* або *TCP/IP*. При необхідності зробіть налагодження готового проекту.

#### 1.4.2. Конфігурування програмного модуля *OWEN (Slave)*

Для реалізації мережного обміну за послідовним інтерфейсом *RS-485*, використовуючи контекстне меню, створіть в дереві конфігурації *PLC150.I-L* модуль *OWEN (slave) [VAR]*. У вкладці *Параметри модуля* в правій частині конфігурації введіть у перший рядок ім'я веденого пристрою (*Slave Name*), а довжину адреси (*Address Length*), її номер (*Address*) та видимість (*Visibility*) – залиште без змін. На рис. 1.6 показаний фрагмент з вікном для налаштування параметрів модуля *OWEN (slave) [VAR]*.

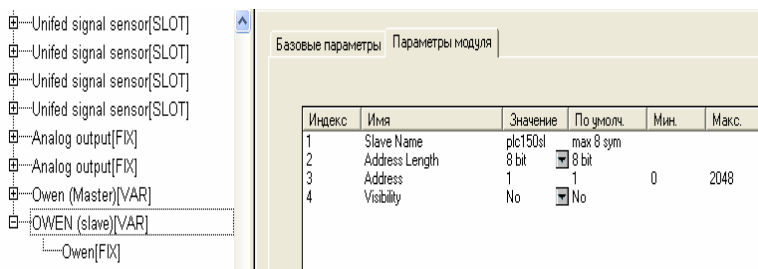


Рисунок 1.6 – Параметри налаштування модуля *OWEN (Slave) [VAR]*

У модулі *OWEN (slave) [VAR]* створіть субмодуль *OWEN [FIX]* з елементом *RS-485-1[VAR]*. Далі у вкладці *Параметри модуля* налаштуйте параметри інтерфейсу обміну відповідно до екранної форми, що зображена на рис. 1.7.

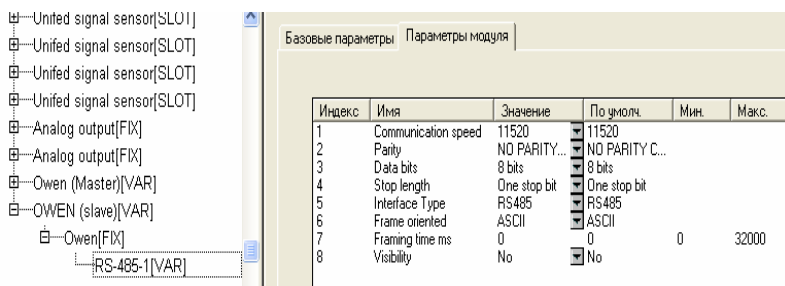
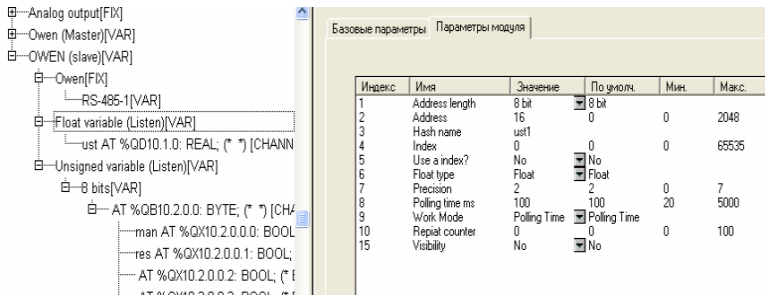
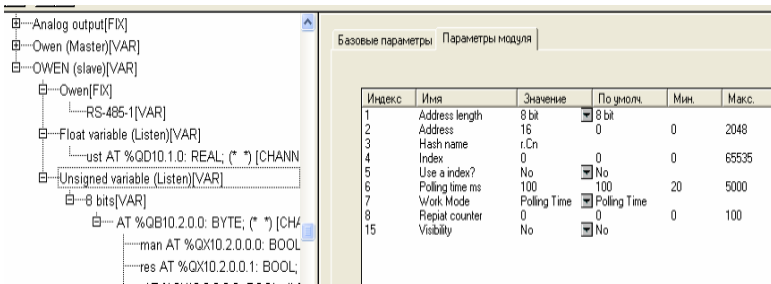


Рисунок 1.7 – Параметри налаштування інтерфейсу обміну

Далі в модуль *OWEN (slave) [VAR]*, використовуючи контекстне меню, необхідно додати канали для зберігання змінних відповідних типів: *Float variable (Listen) [VAR]* – для отримання значення уставки типу *REAL*; *Unsigned variable (Listen) [VAR]* – для отримання керуючих сигналів типу *BOOL*. Для отримання керуючих команд у змінній *Unsigned variable (Listen) [VAR]* – створіть суб-канал – *8 bits [VAR]*. Наприклад, як це показано на рис. 1.8 а та б, де показані налаштування змінної для отримання уставки та керуючих команд (*Ручной режим, Сброс*), які будуть передаватися послідовним інтерфейсом *RS-485* від ПО до ПЛК.



а




б

Рисунок 1.8 – Змінні для обміну в мережі за протоколом *OWEN*

Знову збережіть проект та відкомпілюйте його, використовуючи команду *Компильовать все* в меню *Проект*. Далі завантажте проект до ПЛК інтерфейсом *RS-232* або *TCP/IP*. Для запуску проекту необхідно натиснути на функціональну кнопку *F5* або вибрати команду *Start* в меню *Онлайн*.

### 1.4.3. Конфігурування панелі оператора

Для виконання третього етапу з підрозділу 1.3 необхідно запустити програму *Конфігуратор СМІІ*, використовуючи ярлик  на робочому столі ПК або виконавши команду *Program Files\Owen\SMI\SMI.exe* в меню *ПУСК*.

Дана програма призначена для створення, редагування та завантаження файла конфігурації у ПО *СМІІ-1* (далі за текстом – *панель*). Програма працює під управлінням операційних систем *MS Windows 98/2000/XP*.

Панель призначена для відображення та редагування значень параметрів, які циркулюють у мережі *RS-485* за протоколами *Modbus RTU/ASCII* або *ОВЕН*.

Панель *СМІІ-1* виконує такі основні функції:

- відображення інформаційних параметрів, що задаються користувачем для моніторингу контрольованих характеристик у мережі, виведення інформації про максимум/мінімум контрольованої характеристики, текстового опису в режимі *Екран отображення*;
- відображення та редагування значень контрольованих параметрів у режимі *Екран редакування*;
- захист параметрів від несанкціонованого доступу з панелі;
- отримання та відправлення у відповідь на запит мережею значень параметрів відображення та редагування і значень станів дискретних входів за протоколами *Modbus RTU/ASCII* або *ОВЕН*;
- виконання функцій *Мастера сеті* (ведучого) для одного інтерфейсного порту, який вибраний користувачем для роботи за протоколами *Modbus RTU/ASCII* або *ОВЕН*.

Конфігурація (проект) панелі – це сукупність значень параметрів, що визначають порядок її роботи. Проект може бути збережений в спеціальному файлі з розширенням *\*.smi*.

Нижче описаний порядок формування проектів, що дозволяють панелі виконувати функції ведучого або працювати в режимі веденого. У даній лабораторній роботі панель буде виконувати функцію ведучого.

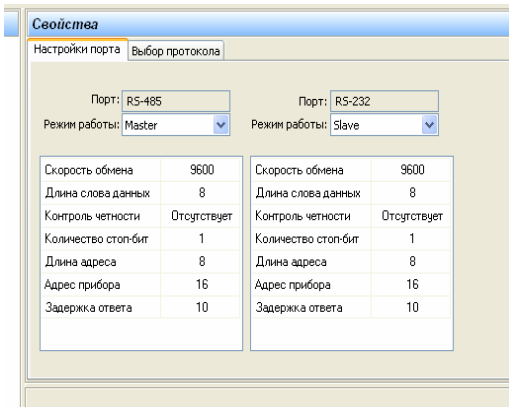


Рисунок 1.9 – Параметры наладування інтерфейсу обміну

налаштуйте послідовний порт *RS-485* для мережного обміну відповідно до екранної форми, що зображена на рис. 1.9. Налаштування порту *RS-232* залиште згідно рис.1.9. Робота з програмою полягає у введенні та редагуванні значень параметрів конфігурації панелі.

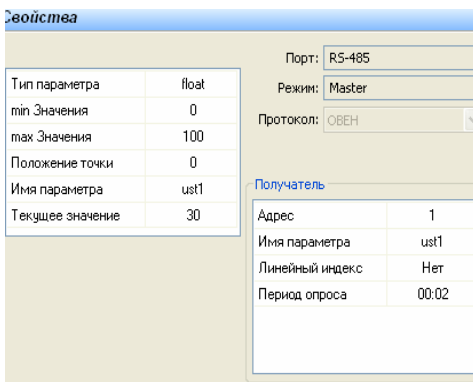


Рисунок 1.10 – Вікно налаштувань параметра редагування *UST1*

Отже, запустіть програму конфігурування панелі. Відкриється головне вікно програми з деревом проекту ліворуч та властивостями активованого елемента дерева праворуч. Відкрийте шар *Сетевые настройки* та виберіть у вікні *Свойства* вкладку *Выбор протокола*, поставте позначку в полі навпроти рядка *ОВЕН и Modbus RTU/ASCII*. Далі

У шарі дерева проекта *Экраны редактирования* додайте, за допомогою кнопки *Добавить*, параметр *UST1*, який у подальшому можна редагувати та відправляти від панелі до ПЛК. Налаштуйте параметр відповідно до рис. 1.10, тобто вкажіть тип, ім'я, діапазон установлення параметра (відправник даних – ПО), адресу одержувача та ім'я параметру в ньому і період опитування (одержувач даних – ПЛК).

У шарі дерева проекту *Экраны отображения* налаштуйте *Параметр отображения 1*, на якому буде відображатися введене значення уставки.

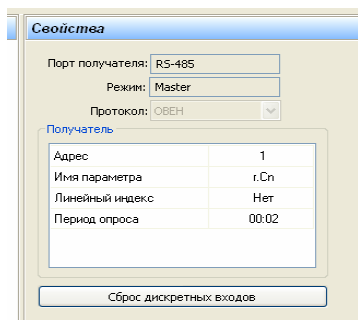


Рисунок 1.11 – Вікно налаштувань параметрів дискретних входів

модуля *Modbus*). Налаштування властивостей дерева проекту *Дискретные входы* зображено на рис. 1.11.

Збережіть та завантажте проект до панелі, попередньо встановивши з нею зв'язок, як це указано у *Справке* або *Инструкции по конфигурации*.

### 1.5. Перевірка роботи макета системи управління

1) Для перевірки роботи макета РСУ змініть режим роботи регулятора на ручний та спостерігайте за значенням параметра *rez* на панелі. Поверніться до автоматичного режиму та змініть за допомогою панелі уставку на нове значення (наприклад, 40 °С). Спостерігайте за роботою ШІМ-регулятора в середовищі *CoDeSys*. Надайте проект викладачу для перевірки.

2) Складіть звіт у редакторі *Microsoft Office* відповідно до правил оформлення звітів: відомості про виконавця, назва та мета роботи, схема з'єднань, лістинг програми ПЛК, параметри мережних налаштувань протоколу та *COM*-порта, а також параметри налаштування панелі.

### 1.6. Завдання для самостійної роботи

1) Сконфігуруйте ПО та створіть проект для ПЛК в середовищі *CoDeSys* для роботи у складі мережі *ПЛК150* (ведений, 16) – *СМИ-1*

(ведучий, 1) за протоколом *Modbus-RTU* з інтерфейсом *RS-485* (115200, 8-n-1). Налаштуйте передавання значень температури і змінного резистора для відображення на панелі і можливість дистанційного включення нагрівача та охолоджувача за допомогою перемикачів на панелі.

2) Сконфігуруйте ПО та створіть проект для ПЛК в середовищі *CoDeSys* для роботи у складі мережі *ПЛК150* (ведучий, 1) – *СМІ-1* (ведений, 16) за протоколом *Modbus-RTU* з інтерфейсом *RS-485* (115200, 8-n-1). У проекті для *ПЛК150* використайте програмний модуль *ModBus (Master)* із субмодулем типу *Universal Modbus Device*. Налаштуйте передавання значень температури і змінного резистора для відображення на панелі і можливість дистанційного включення нагрівача та охолоджувача за допомогою перемикачів на панелі.

3) Сконфігуруйте ПО та створіть проект для ПЛК в середовищі *CoDeSys* для роботи у складі мережі *ПЛК150* (ведений, 16) – *СМІ-1* (ведучий, 1) за протоколом *ОВЕН* із інтерфейсом *RS-485* (9600, 8-n-1). Налаштуйте передавання двох числових значень від панелі і можливість дистанційного включення нагрівача та охолоджувача за допомогою перемикачів на панелі.

4) Сконфігуруйте ПО та створіть проект для ПЛК в середовищі *CoDeSys* для роботи у складі мережі *ПЛК150* (ведучий, 1) – *СМІ-1* (ведений, 16) за протоколом *ОВЕН* з інтерфейсом *RS-485* (9600, 8-n-1). Налаштуйте передавання значень температури і змінного резистора для відображення на панелі та можливість дистанційного включення нагрівача та охолоджувача за допомогою перемикачів на панелі.

### **Контрольні запитання**

- 1) Надайте визначення поняттям інтерфейс та протокол.
- 2) Яке функціональне призначення панелі оператора *СМІ-1*?
- 3) З якими пристроями може працювати панель оператора *СМІ-1*?
- 4) Які інтерфейси та протоколи використовують для обміну інформацією між ПЛК та ПО?
- 5) Яка послідовність конфігурування панелі оператора *СМІ-1*?
- 6) Яким чином організований протокол *ОВЕН*?

**Лабораторна робота 2**  
ОРГАНІЗАЦІЯ МЕРЕЖНОЇ ВЗАЄМОДІЇ  
ПАНЕЛІ ОПЕРАТОРА *ИП-320* ТА КОНТРОЛЕРА *ПЛК150*

**2.1. Мета роботи**

- Вивчення основних принципів мережного обміну даними між ПО та ПЛК за інтерфейсом *RS-485* із застосуванням протоколу *ModBus ASCII/RTU* в режимі ведучий–ведений.
- Конфігурування програмного модуля *ModBus-Slave* у конфігурації ресурсів *ПЛК150* у середовищі *CoDeSys 2.3*.
- Конфігурування панелі оператора *ИП-320* у програмі *Конфигуратор ИП-320*.

**2.2. Опис стенда**

Загальний вигляд стенда представлений на рис. 2.1. На ньому цифрами позначені елементи:

1 – Імітатор нагрівача – дрововий опір в керамічному корпусі типу *ПЭВ-100* номіналом 47 Ом.

2 – Імітатор охолоджувача – вентилятор обдування з живленням постійної напруги 12 В.

3 – Клавіша вмикання живлення ПО.

4 – Імітатор аналогового сигналу ( $R\sim$ ) для ПЛК – змінний опір номіналом 0...1 кОм.

5 – Імітатор аналогового сигналу ( $U\sim$ ) для ПЛК – джерело напруги постійного струму (уніфікований сигнал напруги,  $U = 0...10В$ ).

6 – Блок живлення (*БП*) *ОВЕН* типу *БП-15Б* для ПО, імітатора напруги постійного струму та вентилятора.

7 – Контролер – ПЛК *ОВЕН* моделі *ПЛК150-220.И-1* з внутрішнім джерелом живлення, є моноблоком, що об'єднує собі контактні групи для підключення дискретних і аналогових сигналів вводу/виводу, а також інтерфейси обміну: *RS-232* – для завантаження програм та обміну даними з ПК; *RS-485* – для мережного обміну з іншими пристроями; *Ethernet* – для завантаження програм та обміну даними з ПК.

8 – Імітатор дискретних сигналів для ПЛК – емулятор *ЭДИ-6 ОВЕН*: шість перемикачів типу «сухий контакт».

9 – Панель оператора – ПО *ОВЕН* моделі *ИП-320* для індикації даних з функціями редагування для роботи в мережах *RS-485* та *RS-232* за протоколом *ModBus ASCII/RTU*.

10 – Клавіша вмикання живлення ПЛК.

11 – Датчик температури – термопара. Тип та модель датчика вказані на бирці.

На рис. 2.2 показана принципова електрична схема стенда, а в табл. 2.1 – його специфікація. Структурна схема комунікаційних зв'язків зображена на рис. 2.3.

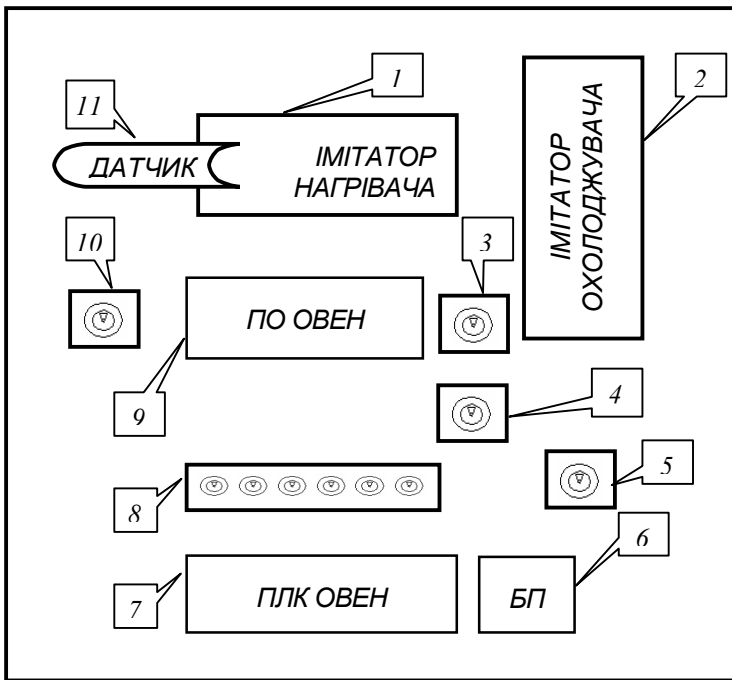


Рисунок 2.1 – Загальний вигляд стенда

**Принцип роботи стенда.** Клавіші *SW7*, *SW8* призначені для включення живлення ПЛК та ПО відповідно. Дискретні сигнали подаються на входи *DI 1..6* ПЛК за допомогою перемикачів *SW1...SW6*. Вони

можуть імітувати сигнали дискретних датчиків (ВМК./ВИМК.), керувати режимами роботи (Руч./Автомат.) або технологічним процесом (Більше/Менше). Імітатори нагрівача та охолоджувача підключені до дискретних виходів ПЛК, причому нагрівач *R1* підключений безпосередньо до релейного виходу *DO4*, а охолоджувач *M* – через перетворювач напруги 24/12 В до виходу *DO3*. Змінний опір *R3* підключений до входу *A14* ПЛК; сигнал напруги 0...10 В – до входу *A13* ПЛК, а термопара *TD* – до входу *A12* ПЛК.

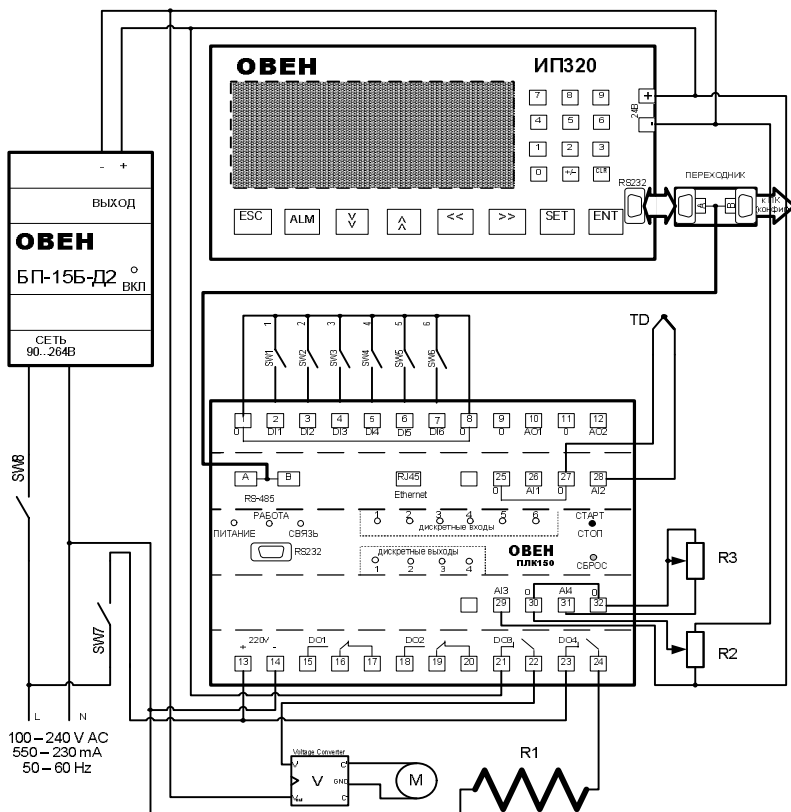


Рисунок 2.2 – Принципова схема стенда

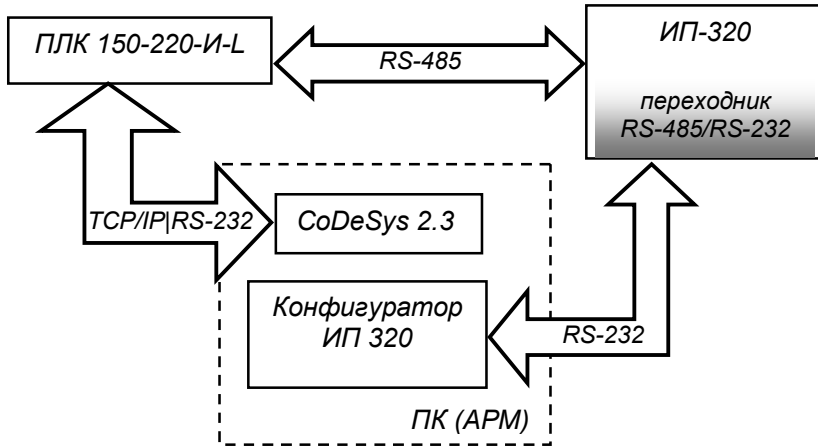


Рисунок 2.3 – Структурна схема станда

Таблиця 2.1 – Специфікація елементів станда

Перетворювач напруги $V$	<i>КРЕН 7818, 12 В</i>
Нагрівальний резистор $R1$	<i>ПЭВ-100, 47 Ом</i>
Змінний опір $R2$	<i>1 кОм</i>
Змінний опір $R3$	<i>1 кОм</i>
Вентилятор обдування $M$	<i>DC FAN 12 V/0.1 A</i>
Датчик температури $TD$	<i>ТХК1479</i>
Перемикачі $SW1 \dots SW6$	<i>MTS-1</i>
Клавіші вмикання $SW7, SW8$	<i>220 В/5 А</i>

### 2.3. Порядок виконання роботи

Виконання лабораторної роботи складається з таких етапів:

- 1) Підготовка ПЛК до роботи у складі РСУ технологічним процесом.
- 2) Конфігурування програмного модуля *Modbus-slave* у конфігурації ресурсів ПЛК для мережного обміну з ПО.
- 3) Конфігурування ПО для мережного обміну з ПЛК.
- 4) Налаштування роботи макета системи управління теплообмінником.

## 2.4. Хід виконання роботи

### 2.4.1. Підготовка ПЛК до роботи у складі системи управління

Як проект для завантаження до ПЛК пропонується програма користувача, яка здійснює двопозиційне регулювання температурою в моделі теплообмінника. Нижче наведено варіант програми користувача:

```
IF pusk THEN
    ust1:=ust1_sl;
    ust2:=ust2_sl;
    IF temperatura>ust1 THEN
        ten:=FALSE;
        vent:=TRUE;
        lamp:=TRUE;
    END_IF
    IF temperatura<ust2 THEN
        ten:=TRUE;
        vent:=FALSE;
        lamp:=FALSE;
    END_IF
END_IF
```

У даній програмі система керування вмикається за значенням *TRUE* змінної *pusk*, а стан вихідних елементів визначають змінні *lamp*, *vent* та *ten*. Поточне значення температури та уставок визначають змінні *temperatura* та *ust1* і *ust2*. Значення уставки вводиться на ПО та передається мережею до ПЛК. Стан виходів ПЛК відправляється мережею до ПО для відображення. Також на панелі відображається поточне значення температури у вигляді числа та графіка. Команда *pusk* формується в панелі і також надсилається до ПЛК. Оскільки всі перелічені змінні необхідно передавати мережею, то їх необхідно дублювати для збереження їхніх значень у програмному модулі конфігурації ресурсів ПЛК *Mod-Bus-Slave*. Тому доопрацюйте запропоновану програму шляхом дублювання змінних для відправлення їх в мережу та для отримання з мережі значень уставок та команди на вмикання установки.

Отже, створіть в середовищі *CoDeSys 2.3* проект з ім'ям *lr\_2\_name.pro* (де *name* – прізвище студента), визначте необхідний таргет-файл та мову програмування *POU PLC\_PRG*. Як цільову платформу виберіть *OBEN150-I.L*, а мову програмування – *CFC*. Перейдіть у вкладку *Ресурси* та виберіть утиліту *Конфігурація ПЛК*. Відповідно до отриманого завдання проведіть конфігурування ПЛК згідно зі схемою стенда та описаних вище змінних. Після конфігурування ресурсів в ПЛК фіксованого набору програмних модулів вводу/виводу перейдіть у вікно *POU PLC\_PRG* для вводу програми користувача. Далі відкомпілюйте програму, з'єднайтесь з ПЛК за допомогою програмного комунікаційного модуля та завантажте готовий проект до ПЛК. Для завантаження використайте інтерфейс *RS-232* або *TCP/IP*. При необхідності зробіть налагодження готового проекту.

#### 2.4.2. Конфігурування програмного модуля *ModBus-Slave*

Для реалізації мережного обміну за послідовним інтерфейсом *RS-485* створіть через контекстне меню в дереві конфігурації *PLC150.I-L* модуль *Modbus (slave) [VAR]*. У вкладці *Параметри модуля* в правій частині конфігурації залиште налаштування створеного модуля без змін. У модулі *Modbus (slave) [VAR]* через контекстне меню створіть елемент *RS-485-1 [VAR]*, а у вкладці *Параметри модуля* налаштуйте параметри обміну відповідно до екранної форми, яка зображена на рис. 2.4.

Индекс	Имя	Значение	По умолчанию	Мин.	Макс.
1	Communication speed	11520	11520		
2	Parity	NO PARITY...	NO PARITY C...		
3	Data bits	8 bits	8 bits		
4	Stop length	One stop bit	One stop bit		
5	Interface Type	RS485	RS485		
6	Frame oriented	RTU	ASCII		
7	Framing time ms	0	0	0	32000
8	Visibility	No	No		

Рисунок 2.4 – Параметри налаштування інтерфейсу обміну

Далі в модуль *Modbus (slave) [VAR]*, використовуючи контекстне меню, необхідно додати елементи для зберігання змінних відповідних типів: *Float, 8 bits*, як це показано на рис. 2.5. Наприклад, це будуть регістри для зберігання значень поточного параметра, уставок та керуючих сигналів (*Ручной режим, Сброс* тощо), які будуть передаватися послідовним інтерфейсом *RS-485* від ПО до ПЛК.

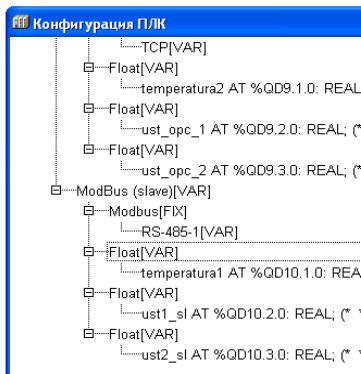


Рисунок 2.5 – Змінні для обміну в мережі *Modbus*

Знову збережіть проект та відкомпілюйте його, використовуючи команду *Компілювати все* в меню *Проект*. Далі завантажте проект до ПЛК інтерфейсом *RS-232* або *TCP/IP*. Для запуску проекту необхідно натиснути на функціональну кнопку *F5* або вибрати команду *Старт* у меню *Онлайн*.

#### 2.4.3. Конфігурування панелі оператора

Для виконання третього етапу з підрозділу 2.3 запустіть програму для конфігурування панелі оператора *Конфигуратор ИП320*, використовуючи ярлик



на робочому столі ПК або команду *C:\Program Files\Owen\Конфигуратор ИП320\IP320.exe* в меню *ПУСК*.

Дана програма призначена для створення, редагування та завантаження файлу конфігурації у пристрій *ИП-320* (далі за текстом – *панель*). Програма працює під управлінням операційних систем *MS Windows 98/2000/XP*.

Панель призначена для відображення та редагування значень параметрів, які циркулюють у мережі *RS-485* з протоколом *Modbus-ASCII/RTU*.

Конфігурація (проект) панелі є сукупністю значень параметрів, що визначають порядок її роботи. Проект може бути збережений у спеціальному файлі з розширенням *\*.dp2*. Отже, запустіть програму. Відкриється головне вікно з деревом проекту *Экраны* ліворуч та поле з власти-

востями активованого елемента дерева – праворуч, яке має вигляд, показаний на рис. 2.6.

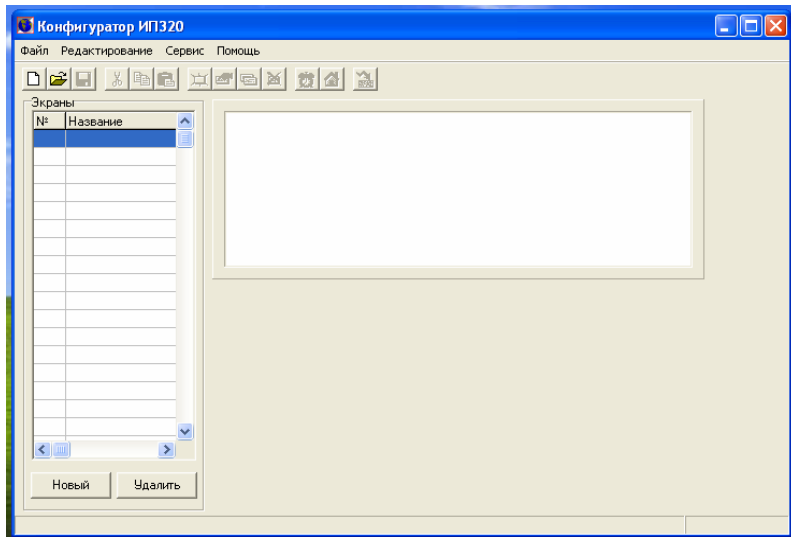


Рисунок 2.6 – Головне вікно програми *Конфигуратор ИП320*

Для створення нового проекту зробіть таке:

1. Натисніть на кнопку *Новый проект* на панелі інструментів або виберіть цю команду в меню *Файл*, або натисніть одночасно на гарячі клавіші *Ctrl+N*. Відкриється вікно *Выбор ПЛК* (рис. 2.7) для визначення статусу панелі відносно ПЛК. У цьому вікні в меню *Тип ПЛК* вибирається протокол зв'язку з ПЛК та режим роботи ПО:

- для того щоб панель *ИП-320* була ведучим пристроєм, слід вибрати рядок *Modbus-RTU (ИП320\_Master)*;
- для того щоб панель *ИП-320* була веденим пристроєм, слід вибрати рядок *Modbus-RTU (ИП320\_Slave)*.

Якщо обрано статус панелі – ведений, тобто *Modbus-RTU (ИП320\_Slave)*, то в додатковому вікні необхідно призначити адресу панелі – діапазон значень від 1 до 255.

У даній лабораторній роботі панель буде виконувати функцію ведучого пристрою, тобто *Modbus-RTU (ИП320\_Master)*. Отже, виберіть вказаний режим роботи панелі.

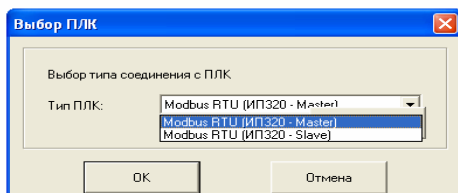


Рисунок 2.7– Вікно вибору статусу панелі оператора

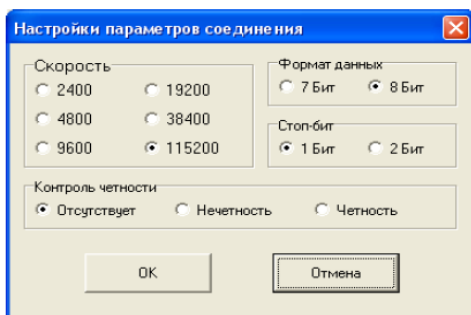


Рисунок 2.8 – Вікно налаштувань параметрів з'єднання

2. Далі необхідно налаштувати інтерфейс обміну. Для цього у вікні *Выбор ПЛК* натисніть на кнопку *Настройка*. Відкриється наступне вікно – *Настройки параметров соединения*. Виберіть налаштування згідно з рис. 2.8.

3. Після того як необхідні значення задані, натисніть на кнопку *OK*. Вікно закриється, а введені дані будуть збережені в проекті. Далі натисніть на кнопку *OK* у вікні *Выбор ПЛК*. Вікно закриється, а введені дані також будуть збережені в проекті. Тепер все готово для створення самого проекту.

Робота з програмою полягає в створенні екранів, виборі необхідних графічних елементів та налаштуванні їх властивостей. Використовуйте *Руководство пользователя* для конфігурації панелі оператора *ИП-320*.

Далі, використовуючи *Руководство пользователя*, необхідно створити ряд екранів: для вибору поточного екрана; для відображення числового значення параметра; для відображення графіка зміни параметру; для введення завдань та керуючих команд (кнопка *Пуск*) і відображення стану моделі теплообмінника (статус нагрівача та охолоджувача). Після

закінчення створення проекту збережіть його, використовуючи стандартні процедури меню програми.

**ПРИМІТКА.** Для завантаження проекту в панель необхідно відключити перехідник з інтерфейсом *RS-485/RS-232* та підключити кабель конфігуратора *RS-232* безпосередньо до панелі, або використати комбінований кабель, який входить до обладнання стенда. Після вдалого завантаження відключіть кабель та знову підключіть перехідник. Тепер будуть сполучені лише ПЛК та ПО за допомогою інтерфейсу *RS-485* із застосуванням протоколу *Modbus-RTU*.

У даній лабораторній роботі використано комбінований кабель, який не потребує від'єднання перехідника. Він дозволяє або проводити завантаження проекту до панелі інтерфейсом *RS-232*, або обмін даними з ПЛК інтерфейсом *RS-485*.

## **2.5. Перевірка роботи макета системи управління**

1). Для перевірки роботи макета РСУ змініть уставки та спостерігайте за значенням параметра на панелі. Одночасно спостерігайте за роботою програми користувача в середовищі *CoDeSys*. Надайте проект викладачу для перевірки.

2) Складіть звіт у редакторі *Microsoft Office* відповідно до правил оформлення звітів: відомості про виконавця, назва та мета роботи, схема з'єднань, лістинг програми ПЛК, параметри мережних налаштувань протоколу та *COM*-порта, а також параметри налаштування панелі.

## **2.6. Завдання для самостійної роботи**

1) Сконфігуруйте ПО та створіть проект для ПЛК у середовищі *CoDeSys* для роботи у складі мережі *ПЛК150* (ведений, 16) – *ИП-320* (ведучий, 1) за протоколом *Modbus-RTU* з інтерфейсом *RS-485* (115200, 8-п-1). Налаштуйте передавання значення напруги постійного струму для відображення на панелі у вигляді графіка і числа, а також можливість дистанційного вмикання нагрівача та охолоджувача з панелі.

2) Сконфігуруйте ПО та створіть проект для ПЛК у середовищі *CoDeSys* для роботи у складі мережі *ПЛК150* (ведучий, 1) – *ИП-320* (ведений, 16) за протоколом *Modbus-RTU* з інтерфейсом *RS-485* (115200, 8-

n-1). У проєкті для ПЛК150 використайте програмний елемент *ModBus (Master)* з суб-елементом типу *Universal Modbus Device*. Налаштуйте передавання значень змінного резистора для відображення на панелі у вигляді графіка і числа, а також можливість дистанційного вмикання нагрівача та охолоджувача з панелі.

3) Сконфігуруйте ПО та створіть проєкт для ПЛК у середовищі *CoDeSys* для роботи у складі мережі ПЛК150 (ведений, 16) – *ИП-320* (ведучий, 1) за протоколом *Modbus-RTU* з інтерфейсом *RS-485* (115200, 8-n-1). Налаштуйте передавання значення напруги постійного струму для відображення на панелі у вигляді графіка і числа та можливість дистанційного включення нагрівача та охолоджувача з панелі.

4) Сконфігуруйте ПО та створіть проєкт для ПЛК у середовищі *CoDeSys* для роботи у складі мережі ПЛК150 (ведучий, 1) – *ИП-320* (ведений, 16) за протоколом *Modbus-RTU* з інтерфейсом *RS-485* (115200, 8-n-1). У проєкті для ПЛК150 використайте програмний елемент *ModBus (Master)* з суб-елементом типу *Universal Modbus Device*. Налаштуйте передавання значень змінного резистора для відображення на панелі у вигляді графіка і числа та можливість дистанційного включення нагрівача та охолоджувача з панелі.

5) Сконфігуруйте ПО та створіть проєкт для ПЛК у середовищі *CoDeSys* для роботи у складі мережі ПЛК150 (ведучий, 1) – *ИП-320* (ведений, 16) за протоколом *Modbus-RTU* з інтерфейсом *RS-485* (9600, 8-n-1). У проєкті для ПЛК150 використайте програмний елемент *ModBus (Master)* з суб-елементом типу *Universal Modbus Device*. Налаштуйте передавання статусу дискретних входів ПЛК та температури для відображення на панелі у вигляді графіка і числа та можливість дистанційного включення нагрівача та охолоджувача з панелі.

### **Контрольні запитання**

- 1) Яке призначення та функціональні можливості ПО *ИП-320*?
- 2) З якими пристроями може працювати ПО *ИП-320*?
- 3) Які інтерфейси та протоколи використовують для зв'язку з ПО *ИП-320*?
- 4) Який формат кадру в протоколі *Modbus-RTU* та *Modbus-ASCII*?
- 5) Чому протокол *Modbus-RTU* швидший, ніж *Modbus-ASCII*?

**Лабораторна робота 3**  
ОРГАНІЗАЦІЯ МЕРЕЖНОЇ ВЗАЄМОДІЇ  
МОДУЛЯ *MBA* ТА КОНТРОЛЕРА *ПЛК150*

**3.1. Мета роботи**

- Вивчення основних принципів мережного обміну даними між пристроєм зв'язку з об'єктом (*VCO*) та ПЛК інтерфейсом *RS-485* із застосуванням протоколу *Modbus ASCII/RTU* в режимі ведучий–ведений.
- Конфігурування програмного модуля *ModBus (Master)* у конфігурації ресурсів *ПЛК150* у середовищі *CoDeSys 2.3*.
- Конфігурування модуля вводу аналогових сигналів *MBA8* у програмі *Конфігуратор MBA*.

**3.2. Опис стенда**

Загальний вигляд стенда представлений на рис. 3.1. На ньому цифрами позначені елементи:

1 – Імітатор нагрівача – дровотий опір у керамічному корпусі типу *ПЭВ-100* номіналом 47 Ом.

2 – Імітатор охолоджувача – вентилятор обдування з живленням постійної напруги 12 В.

3 – Імітатор аналогового сигналу ( $U\sim$ ) – напруга постійного струму 0...1 В. Імітатор підключений до модуля *MBA8*.

4 – Імітатор аналогового сигналу ( $R\sim$ ) – змінний опір номіналом 0...1 кОм. Імітатор підключений до модуля *MBA8*.

5 – Модуль розширення – модуль вводу аналогових сигналів *MBA8 OBEH*.

6 – Імітатор аналогового сигналу ( $R\sim$ ) – змінний опір номіналом 0...1 кОм. Імітатор підключений до ПЛК.

7 – Перетворювач інтерфейсів (ПІ) – автоматичний перетворювач інтерфейсів *USB/RS-485 OBEH* моделі *AC-4*.

8 – Контролер – ПЛК *OBEH* моделі *ПЛК150-220.И-L* з внутрішнім джерелом живлення, є моноблоком, що об'єднує в собі контактні групи для підключення дискретних та аналогових сигналів вводу/виводу, а також інтерфейсами для обміну даними: *RS-232* – для завантаження про-

грам і обміну даними з ПК; RS-485 – для мережного обміну з іншими пристроями; Ethernet – для завантаження програм та обміну даними з ПК.

9 – Імітатор дискретних сигналів для ПЛК – емулятор ЭДИ-6: шість перемикачів типу «сухий контакт».

10 – Імітатор дискретних сигналів – емулятор вхідних сигналів для модуля: один перемикач типу «сухий контакт» на два канала.

11 – Клавіша вмикання загального живлення стенда.

12, 13 – Датчики температури – термопара та термометр опору. Тип та модель датчиків указані на бирках.

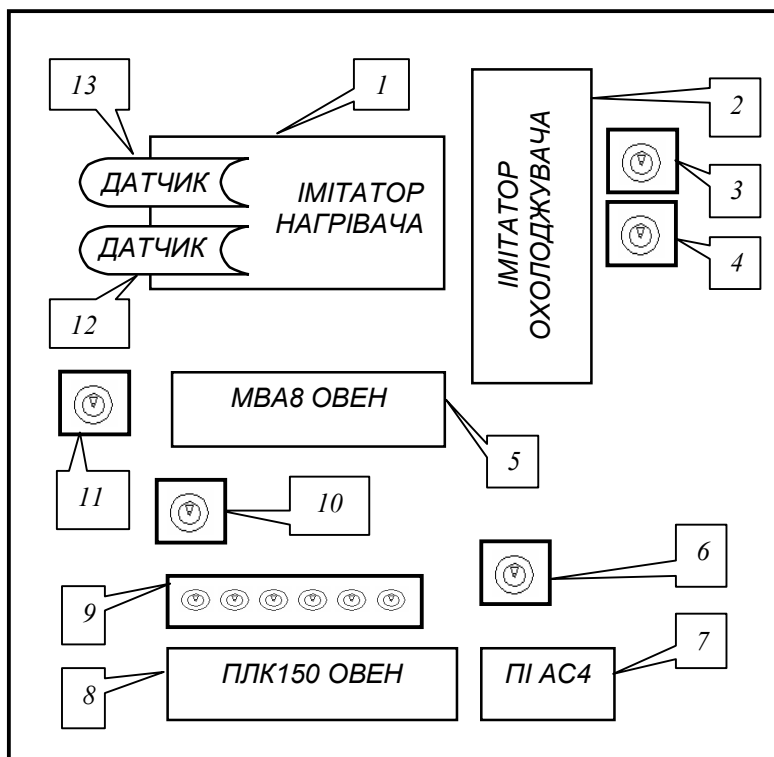


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд стенда

**Принцип роботи стенда.** Клавіша *SW9* призначена для вмикання загального живлення стенда. За допомогою перемикачів *SW1...SW6* на входи *D11...6* ПЛК подаються дискретні сигнали, а за допомогою перемикачів *SW7, SW8* – на входи *Bx. 5* і *Bx. 6* модуля. Імітатори нагрівача і охолоджувача підключені до дискретних виходів ПЛК, причому нагрівач підключений безпосередньо до релейного виходу *DO4*, а охолоджувач – через перетворювач напруги 24/12 В до виходу *DO3*. Змінний опір *R1* підключений до аналогового входу *A14* ПЛК, він імітує резистивний сигнал, наприклад від датчика положення засувки. Термометр опору підключений до аналогового входу *Bx. 4* модуля; термопара – до аналогового входу *A13* ПЛК. Імітатор змінного опору *R3* підключений до аналогового входу *Bx. 1* модуля. Він також імітує сигнал від датчика положення засувки. Імітатор напруги постійного струму, який імітує стандартний сигнал 0...1 В, підключений до аналогового входу *Bx. 2* модуля. Для живлення імітатора використаний вихідний сигнал 24 В вбудованого джерела живлення модуля *MBA8*.

На рис. 3.2 зображена структурна схема комунікаційних зв'язків стенда, на рис. 3.3 – його принципова електрична схема, а в табл. 3.1 наведена специфікація стенда.

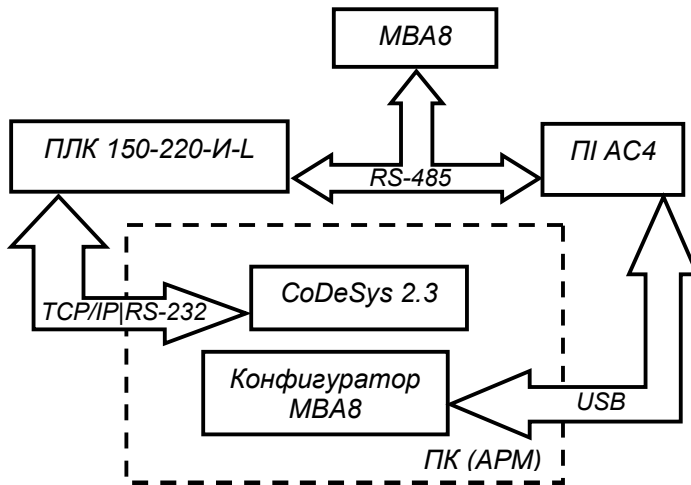


Рисунок 3.2 – Структурна схема стенда

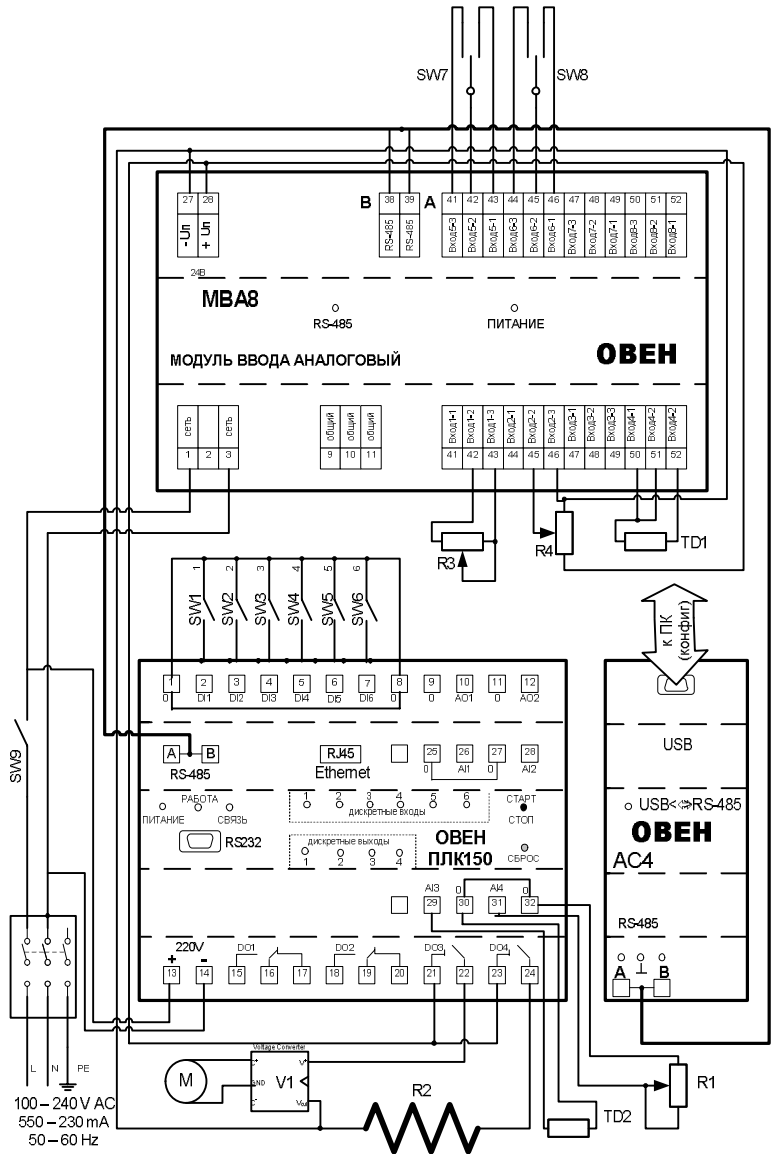


Рисунок 3.3 – Принципова схема станда

Таблиця 3.1 – Специфікація елементів стенда

Змінний опір $R1, R3, R4$	$0...1 \text{ кОм}$
Нагрівальний резистор $R2$	$ПЭВ-100, 47 \text{ Ом}$
Датчик температури $TD1$	$ТСП100$
Датчик температури $TD2$	$ТХК$
Перемикачі $SW1...SW6, SW7, SW8$	$MTS-1$
Клавіша вмикання $SW9$	$220В/5А$
Перетворювач напруги $V1$	$КРЕН 7812$
Вентилятор обдування $M1$	$DC FAN 12V/0.1A$

### 3.3. Порядок виконання роботи

Виконання лабораторної роботи складається з таких етапів:

- 1) Підготовка ПЛК до роботи у складі РСУ та конфігурування програмного модуля *ModBus (Master)* у середовищі *CoDeSys 2.3* в конфігурації ресурсів ПЛК для мережного обміну з модулем *MBA* інтерфейсом *RS-485* і за протоколом *Modbus RTU/ASCII*.
- 2) Конфігурування модуля для мережного обміну з ПЛК.
- 3) Розроблення візуалізації в середовищі *CoDeSys 2.3* для відображення значення мережних змінних, які отримані ПЛК від модуля.
- 4) Налаштування роботи макета РСУ.

### 3.4. Хід виконання роботи

#### 3.4.1. Підготовка ПЛК до роботи у складі РСУ

Створіть у середовищі *CoDeSys 2.3* проект з ім'ям *lr\_3\_name.pro* (де *name* – прізвище студента), визначте необхідний таргет-файл і мову програмування *POU PLC\_PRG*. Як цільову платформу виберіть ПЛК *ОВЕН150-1.L*, а мову програмування – *CFC*. Оскільки ПЛК лише опитуватиме віддалений модуль, вікно *POU PLC\_PRG* залиште порожнім. Далі перейдіть у вкладку *Ресурси* та виберіть утиліту *Конфігурація ПЛК*. У ній через контекстне меню створіть програмний модуль *Modbus (Master) [VAR]*, а в ньому замініть слот *Debug RS-232 [SLOT]* на слот *RS-485-1 [SLOT]*. Далі налаштуйте інтерфейс обміну з модулем відповідно до екранної форми, що зображена на рис. 3.4.

Далі, використовуючи контекстне меню, додайте в програмний модуль *Modbus (Master) [VAR]* шаблон веденого пристрою – *OWEN\_MVA8 [VAR]*, як це показано на рис. 3.5.

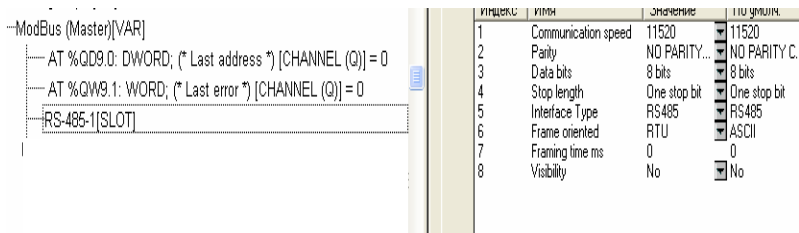


Рисунок 3.4 – Параметри налаштування інтерфейсу обміну

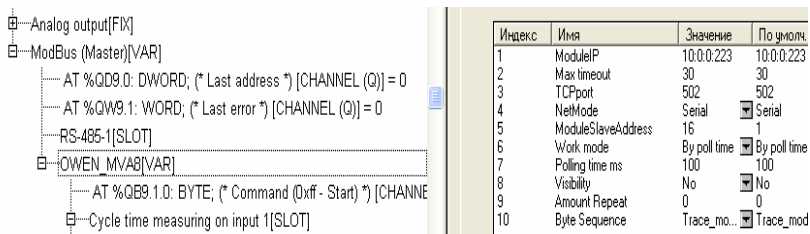


Рисунок 3.5 – Параметри налаштування модуля *MVA8*

Доданий програмний модуль має повний перелік слотів для збереження значень параметрів технологічного процесу від усіх каналів реального модуля з часом поточного виміру для кожного каналу. В потрібних каналах введіть символічні імена змінних, а інші канали через контекстне меню замініть на тип *Empty*. Це потрібно для економії ресурсів ПЛК у випадку, коли канал в модулі не використовується.

Збережіть проект та відкомпілюйте його, використовуючи команду *Компілювати все* в меню *Проект*. Далі завантажте проект до ПЛК інтерфейсом *RS-232* або *TCP/IP*. Для запуску проекту необхідно натиснути на функціональну кнопку *F5* або вибрати команду *Старт* в меню *Онлайн*.

### 3.4.2. Підготовка модуля *MVA* до роботи у складі *PCU*

Для інтеграції модуля *MVA* до складу *PCU* необхідно:

- по-перше, за допомогою програми для конфігурування модуля налаштувати інтерфейс та протокол обміну даними з ПЛК;
- по-друге, провести налаштування входів відповідно до схеми стенда.

Модуль *MBA8* – це 8-канальний універсальний вимірювальний пристрій аналогового вводу, який призначено для роботи РСУ з мережею *RS-485*. Він використовується спільно з ПО та ПЛК *ОВЕН* або інших виробників, а також з ПК із застосуванням перетворювача інтерфейсів *RS-485/USB*. Модуль може працювати в мережі *RS-485* за наявності в ній ведучого пристрою (ПЛК, ПО або ПК). При цьому сам *MBA8* може бути лише веденим пристроєм в мережі.

Основні функції модуля:

- вісім універсальних входів для підключення широкого спектра датчиків температури, тиску, вологості, витрати, рівня та інших фізичних величин;
- цифрова фільтрація і корекція вхідних сигналів, масштабування характеристик датчиків з уніфікованим вихідним сигналом;
- передача вимірюваних значень інтерфейсом *RS-485*;
- підтримка протоколів: *MODBUS (ASCII, RTU), DCON, OVEN*;
- безкоштовна програма *Конфігуратор MBA8*:
  - для конфігурування пристрою на ПК;
  - для реєстрації та архівування поточних вимірювань.

На рис. 3.6 показана функціональна схема модуля та варіанти його використання в системі управління технологічним процесом.

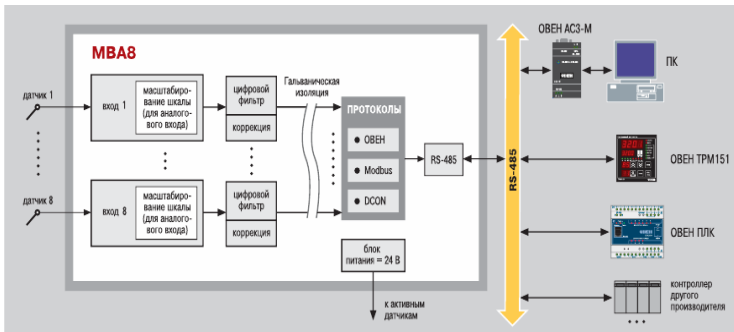


Рисунок 3.6 – Функціональна схема *MBA8*

У *MBA8* встановлено модуль інтерфейсу *RS-485*, який дозволяє:

- конфігурувати пристрій на ПК;
- передавати в мережу поточні значення вимірюваних параметрів, а також будь-яких програмованих параметрів.

Оскільки пристрій не може працювати в мережі без ведучого пристрою, його роль в мережі *RS-485* буде виконувати *ПЛК150*. Підключення модуля до ПК для його конфігурування проводиться через ШІ.

Для мережного обміну даними з модулем користувач може вибрати один з протоколів: *ОВЕН*, *Modbus-RTU*, *Modbus-ASCII* або *DCON*. Але конфігурування модуля здійснюється лише за протоколом *ОВЕН*. Підтримка поширених протоколів *Modbus* і *DCON* дозволяє *MBA8* працювати в одній мережі з контролерами та модулями як фірми *ОВЕН*, так і інших виробників.

**ПРИМІТКА.** Оскільки конфігурування модуля здійснюється лише за протоколом *ОВЕН*, то при установці зв'язку з пристроєм програма *Конфігуратор MBA* посилає спеціальне повідомлення, що переводить його на роботу за мережним протоколом *ОВЕН*. Для переходу пристрою на роботу за протоколом, вказаним у параметрі *Prot*, після завантаження конфігурації необхідно вимкнути та увімкнути модуль.

Модуль оснащений вісьма універсальними входами, до яких у довільній комбінації можуть бути підключені будь-які з наступних первинних перетворювачів (датчиків):

- термперетворювачі опору мідні та платинові: *TSM/TСП* 50, 100, 500, 1000 Ом, нікелеві *TCH* 100, 500, 1000 Ом;
- термоелектричні перетворювачі (термопари): *ТХК(L)*, *ТХА(K)*, *ТНН(N)*, *ТЖК(J)*, *ТПП(R)*, *ТПП(S)*, *ТПП(B)*, *ТВР(AA1)*, *ТВР(AA2)*, *ТВР(AA3)*, *ТМК(T)*;
- активні датчики з уніфікованим вихідним сигналом струму 0...5 мА, 0(4)...20 мА або напругою – 50...+ 50 мВ, 0...1 В;
- елементи та пристрої, що мають «сухий контакт» (до кожного входу можна підключити по два таких пристрої);
- датчики положення засувок з резистивним або струмовим виходом.

Модуль має вісім цифрових фільтрів, які працюють незалежно один від одного та призначені для зменшення впливу зовнішніх перешкод. Параметри цифрових фільтрів задаються при конфігуруванні модуля. Модуль оснащений імпульсним блоком живлення. До його складу входить додаткове джерело постійного струму, яке гальванічно ізольоване від решти елементів схеми та призначене для живлення активних датчиків.

На рис. 3.7 показані номери контактів та схема підключення модуля до РСУ, а на рис.3.8 (а, б, в, г, д) – варіанти підключення датчиків до універсальних входів.

При опитуванні датчика типу «сухий контакт» його стан описується цілим числом від 1 до 4. Розшифровка цих чисел наведена в табл. 3.2.

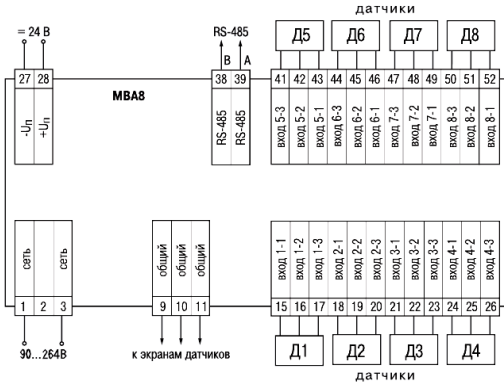


Рисунок 3.7 – Функціональна схема пристрою *MVA8*

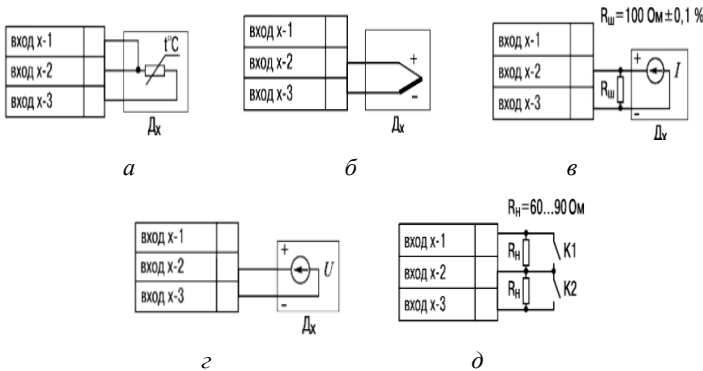


Рисунок 3.8 – Схеми підключення датчиків до *MVA8*

Таблиця 3.2 – Розшифровка станів контактного датчика.

Значення датчика	Стан контакту «1»	Стан контакту «2»
1	Розімкнений	Розімкнений
2	Замкнутий	Розімкнений
3	Розімкнений	Замкнутий
4	Замкнутий	Замкнутий

### 3.4.3. Конфігурування модуля MVA8

Для підготовки модуля до роботи у складі PCY необхідно підключити його через ПІ *USB/RS-485 AC4 OVEN* (або аналогічний) до ПК, а до нього підключити живлення, як це показано на рис. 3.9.

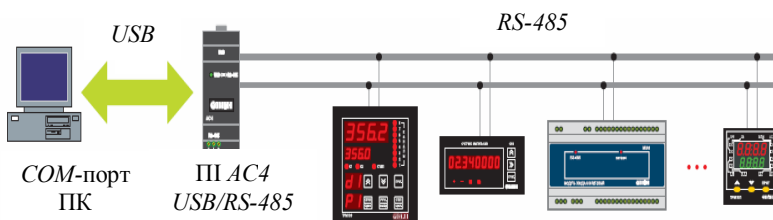



Рисунок 3.9 – Схеми підключення пристроїв OVEN до ПК

Конфігурування модуля за допомогою програми *Конфігуратор MVA8* – це процес налаштування мережних параметрів та мережного інтерфейсу (конфігурація приладу – це повний набір значень параметрів пристрою, що визначає його роботу). Для запуску програми можна ви-

користати ярлик  на робочому столі ПК, або через меню *Пуск*, у вкладці *OWEN* вибравши програму *Конфігуратор MVA8*, або в директорії *C:\Program Files\Owen\MVA8v7x\\*.\** запустити файл *MVA8.exe*.

Основні можливості та порядок роботи з програмою *Конфігуратор MVA8* можна побачити в *Справке к программе* або в *Руководстве по эксплуатации* модуля *MVA8*.

Після запуску програми у вікні налаштування мережних параметрів (рис. 3.10) необхідно задати мережні параметри для модуля, щоб драйвер міг зчитувати поточні параметри через ПИ АС4 ОВЕН:

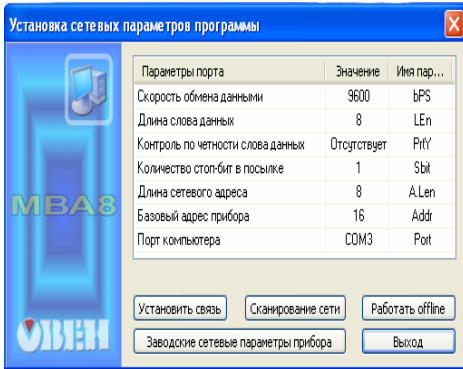


Рисунок 3.10 – Вікно налаштування мережних параметрів модуля МВА8

- швидкість обміну даними – 9600 біт/с;
- довжина поля даних – 8 біт;
- контроль парності поля даних – відсутній;
- кількість стоп-біт у кадрі – 1 біт;
- довжина мережної адреси – 8 біт;
- базова адреса модуля дорівнює 16;
- порт ПК – COM $x$ , де  $x = 1 \dots n$ .

**ПРИМІТКА.** Якщо робота виконується на ПК, до якого стенд не підключений, то необхідно вибрати варіант *Работать OFFLINE*. Номер COM-порта ПК з підключеним стендом призначити виходячи з параметрів меню ПК *Панель управления* (COM-порт емулюється на фізичному USB-порті ПК).

На рис. 3.11 показано зовнішній вигляд головного вікна програми з відкритим слотом мережних налаштувань.

Для зв'язку модуля МВА8 з ПК у складі РСУ необхідно вибрати потрібний інтерфейс та протокол обміну. Оскільки передбачається доступ до даних модуля з боку ПЛК за протоколом *Modbus-RTU*, всі параметри залишити без змін (див. рис. 3.11).

Далі, згідно зі *Справкой к программе* та *Руководством по эксплуатации*, проведіть конфігурування вхідних каналів модуля відповідно до принципової схеми стенда (див. рис. 3.3).

#### 3.4.4. Обмін за протоколом ModBus. Опис параметрів МВА8

Робота МВА8 за протоколом *Modbus* може йти в режимах *ASCII* або *RTU*, залежно від значення параметра *Prot*. За протоколом *Modbus* можна

рахувати кількість вимірювань на кожному вході, час вимірювання та його статус. Зчитування йде стандартними для протоколу командами читання групи регістрів (команди номер  $0x03$  або  $0x04$ ).

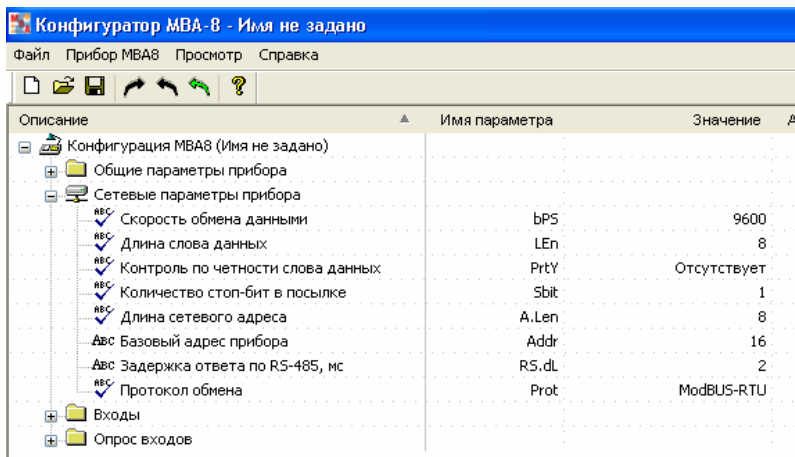


Рисунок 3.11 – Вікно програми конфігурування *MBA8*

Результати вимірювання надаються в двох форматах: чотирибайтове число типу *FLOAT* (без часу) та двобайтове число цілого типу. Ціле число – це результат вимірювання, розділений на 10 у степені, яка задана параметром *dp*. Обидва формати можна отримувати незалежно, кожен за своєю адресою (табл. 3.3). Час вимірювання – це циклічний час з кроком 0,01 с, який передається в двох байтах. Час точно відповідає часу проведення вимірювання в даному каналі, та при роботі з ним (наприклад, при обчисленні диференціальної складової при ПД-регулюванні) можна не враховувати затримку передачі мережею *RS-485*. Відлік циклічного часу починається при включенні пристрою і кожні 65536 тактів (що відповідає 655,36 с) час обнуляється. Статус вимірювання – це регістр, значення якого містить код похибки.

#### 3.4.5. Розробка візуалізації для відображення мережних змінних

Для створення візуалізації перейдіть у вкладку *Визуализация* менеджера проектів у середовищі *CoDeSys* та створіть новий об'єкт типу *Визуализация*. Далі, використовуючи інструменти рисунка, створіть графічні елементи з необхідними налаштуваннями компонентів.

Таблиця 3.3 – Адреси каналів модуля згідно до протоколу *ModBus*

Параметр	Тип	Адреса регістра	
		HEX	DEC
Положення десяткової точки в цілому значенні для <i>Входа 1</i> (параметр <i>DP</i> )	<i>Int16</i>	0000	0
Ціле значення <i>Входа 1</i> зі зсувом	<i>Int16</i>	0001	1
Статус вимірювання <i>Входа 1</i>	<i>Int16</i>	0002	2
Циклічний час вимірювання <i>Входа 1</i>	<i>Int16</i>	0003	3
Значення <i>Входа 1</i> в уявленні <i>REAL</i>	<i>Float32</i>	0004;0005	4; 5
Положення десяткової точки в цілому значенні для <i>Входа 2</i> (параметр <i>DP</i> )	<i>Int16</i>	0006	6
Ціле значення <i>Входа 2</i> зі зсувом	<i>Int16</i>	0007	7
Статус вимірювання <i>Входа 2</i>	<i>Int16</i>	0008	8
Циклічний час вимірювання <i>Входа 2</i>	<i>Int16</i>	0009	9
Значення <i>Входа 2</i> в уявленні <i>REAL</i>	<i>Float32</i>	000A;000B	10; 11
...			
Положення десяткової точки в цілому значенні для <i>Входа 8</i> (параметр <i>DP</i> )	<i>Int16</i>	002A	42
Ціле значення <i>Входа 8</i> зі зсувом	<i>Int16</i>	002B	43
Статус вимірювання <i>Входа 8</i>	<i>Int16</i>	002C	44
Циклічний час вимірювання <i>Входа 8</i>	<i>Int16</i>	002D	45
Значення <i>Входа 8</i> в уявленні <i>REAL</i>	<i>Float32</i>	000E;000F	46; 47

Для відображення значення параметрів у каналах модуля *MBA8* створіть графічний елемент *Прямоугольник*. Подвійним натисненням на ліву кнопку (ЛК) миші відкрийте бланк налаштування графічного елемента (ГЕ). У категорії *Текст* введіть формат виводу значення змінної – *%3.1f*; у категорії *Цвета* налаштуйте фон для нормального та аварійного значення змінної; в категорії *Переменные* → *Вывод текста*, використовуючи *Ассистент ввода*, введіть символічне ім'я змінної. Аналогічно

створить та налаштуйте графічні елементи для відображення значень інших каналів модуля.

Для відображення значення поточного параметра створить і налаштуйте стрілочні індикатори і вікно з трендами. Для стрілочних індикаторів залиште налаштування за умовчанням. У вікні конфігурації ГЕ *Тренд* в категорії *Тренд* натисніть на кнопку *Вибір переменной* і потім у вікні, що з'явилося, за допомогою *Ассистента ввода* додайте потрібну змінну.

Для виведення повідомлень та тривоги створить і налаштуйте бланк журналу тривоги. Програма дозволяє стежити за знаходженням вимірюваного параметра в заданому діапазоні значень. Для цього користувач у створених посиланнях визначає верхню і нижню межі діапазону контролю. При виході вимірюваного параметра за вказані межі програма видає попередження *аларм*. Вони виводяться в спеціальних вікнах, колір яких змінюється залежно від типу повідомлення.

Отже, створить у проєкті візуалізацію мережного обміну, наприклад, зображену на рис. 3.12. За необхідності використовуйте вбудовану в CoDeSys довідку – розділ *Визуализация*.

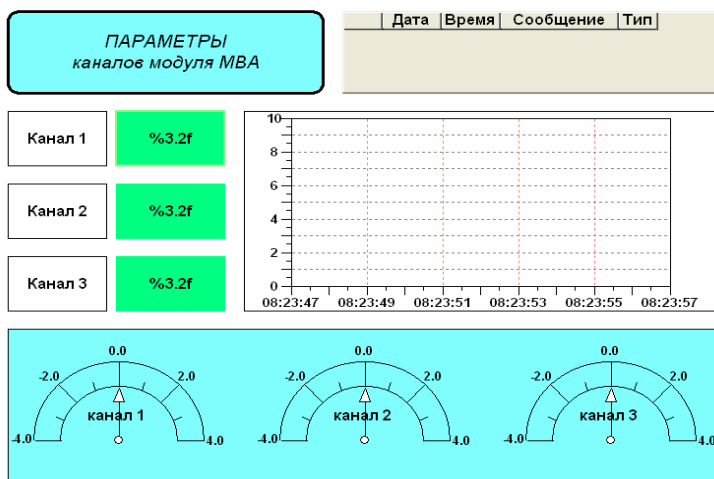


Рисунок 3.12 – Приклад візуалізації проєкту

Збережіть проект і відкомпілюйте його, використовуючи команду *Компілювати все* в меню *Проект*.

### **3.5. Перевірка роботи макета системи управління**

1). Для перевірки роботи макета системи управління спостерігайте за значенням параметрів у середовищі *CoDeSys*. Надайте проект викладу для перевірки.

2) Складіть звіт в редакторі *Microsoft Office* відповідно до правил оформлення звітів: відомості про виконавця, назва та мета роботи, схема з'єднань, параметри мережних налаштувань протоколу та *COM*-порта, а також параметри налаштування модуля.

### **3.6. Завдання для самостійної роботи**

1) Сконфігуруйте модуль та створіть проект для ПЛК у середовищі *CoDeSys* для роботи у складі мережі *ПЛК150* (ведучий, 1) – *MBA8* (ведений, 16) за протоколом *Modbus-RTU* з інтерфейсом *RS-485* (115200, 8-n-1). У проекті для *ПЛК150* використовуйте програмний елемент *ModBus (Master)* з суб-елементом типу *Universal Modbus Device*. Налаштуйте приймання значень оперативних параметрів усіх доступних каналів модуля та зробіть візуалізацію проекту в *CoDeSys*.

2) Сконфігуруйте модуль та створіть проект для ПЛК в середовищі *CoDeSys* для роботи у складі мережі *ПЛК150* (ведучий, 1) – *MBA8* (ведений, 16) за протоколом *Modbus-RTU* з інтерфейсом *RS-485* (115200, 8-n-1). У проекті для *ПЛК150* використовуйте програмний елемент *ModBus (Master)* з суб-елементом типу *OWEN\_MVA*. Налаштуйте приймання значень оперативних параметрів усіх доступних каналів модуля та зробіть візуалізацію проекту в *CoDeSys*.

3) Сконфігуруйте модуль та створіть проект для ПЛК у середовищі *CoDeSys* для роботи у складі мережі *ПЛК150* (ведучий, 8) – *MBA8* (ведений, 16) за протоколом *Modbus-ASCII* з інтерфейсом *RS-485* (9600, 8-n-1). У проекті для *ПЛК150* використовуйте програмний елемент *ModBus (Master)* з суб-елементом типу *Universal Modbus Device*. Налаштуйте приймання значень оперативних параметрів усіх доступних каналів модуля та зробіть візуалізацію проекту в *CoDeSys*.

4) Сконфігуруйте модуль та створіть проект для ПЛК в середовищі *CoDeSys* для роботи у складі мережі *ПЛК150* (ведучий, 8) – *MBA8* (ведений, 16) за протоколом *Modbus-ASCII* з інтерфейсом *RS-485* (9600, 8-n-1). У проекті для *ПЛК150* використовуйте програмний елемент *ModBus (Master)* з суб-елементом типу *OWEN\_MVA*. Налаштуйте приймання значень оперативних параметрів усіх доступних каналів модуля та зробіть візуалізацію проекту в *CoDeSys*.

5) Сконфігуруйте модуль та створіть проект для ПЛК в середовищі *CoDeSys* для роботи у складі мережі *ПЛК150* (ведучий, 1) – *MBA8* (ведений, 16) за протоколом *ОВЕН* з інтерфейсом *RS-485* (115200, 8-n-1). В проекті для *ПЛК150* використовуйте програмний елемент *Owen (Master)* та потрібні суб-елементи. Налаштуйте приймання значень оперативних параметрів всіх доступних каналів модуля та зробіть візуалізацію проекту в *CoDeSys*.

6) Сконфігуруйте модуль та створіть проект для ПЛК в середовищі *CoDeSys* для роботи у складі мережі *ПЛК150* (ведучий, 8) – *MBA8* (ведений, 16) за протоколом *ОВЕН* з інтерфейсом *RS-485* (9600, 8-n-1). В проекті для *ПЛК150* використовуйте програмний елемент *Owen (Master)* та потрібні суб-елементи. Налаштуйте приймання значень оперативних параметрів всіх доступних каналів модуля та зробіть візуалізацію проекту в *CoDeSys*.

### **Контрольні запитання**

- 1) Яке призначення модуля *MBA8* в РСУ?
- 2) Яке призначення та порядок роботи перетворювачів інтерфейсів?
- 3) Які інтерфейси та протоколи використовують для обміну даними між *УСО* та ПЛК виробництва компанії *ОВЕН*?
- 4) Яка послідовність конфігурування модуля *MBA8*?
- 5) Опишіть формат кадру в протоколі *Modbus*.
- 6) Який порядок адресації приладів у мережах з протоколом *Modbus*?
- 7) Опишіть формат кадру в протоколі *ОВЕН*.
- 8) Який порядок адресації багатоканальних приладів у мережах з протоколом *ОВЕН*?

**Лабораторна робота 4**  
ОРГАНІЗАЦІЯ МЕРЕЖНОЇ ВЗАЄМОДІЇ  
МОДУЛЯ МДВВ ТА КОНТРОЛЕРА ПЛК150

**4.1. Мета роботи**

- Вивчення основних принципів мережного обміну даними між VCO та ПЛК за інтерфейсом RS-485 із застосуванням протоколу Modbus RTU/ASCII в режимі ведучий–ведений.
- Конфігурування програмного модуля Modbus (Master) у конфігурації ресурсів ПЛК в середовищі CoDeSys 2.3.
- Конфігурування модуля вводу/виводу дискретних сигналів МДВВ-8Р у програмі Конфігуратор МДВВ.

**4.2. Опис стенда**

Загальний вигляд стенда представлений на рис. 4.1. На ньому цифрами позначені елементи:

1 – Датчик температури – термопара. Тип та модель термопари вказані на бирці.

2 – Імітатор нагрівача – дрововий опір у керамічному корпусі типу ПЭВ-100 номіналом 47 Ом.

3 – Контактний датчик температури – термореле з відновленням стану та температурою розмикання 60 °С.

4 – Імітатор охолоджувача – вентилятор обдування з живленням постійної напруги 12 В.

5 – Модуль розширення – модуль вводу/виводу дискретних сигналів МДВВ-8Р ОВЕН.

6 – Імітатор дискретних сигналів для VCO – чотири перемикачі типу «сухий контакт».

7 – Імітатор аналогового сигналу (R~) для ПЛК – змінний опір номіналом 0...1 кОм.

8 – Перетворювач інтерфейсів – автоматичний перетворювач інтерфейсів RS-232/RS-485 моделі АС3-М ОВЕН.

9 – Контролер – ПЛК ОВЕН моделі ПЛК150-220.И-Л із внутрішнім джерелом живлення, є моноблоком, що об'єднує в собі контактні групи для підключення дискретних та аналогових сигналів вводу/виводу, а та-

кож інтерфейси для обміну даними: *RS-232* – для завантаження програм і обміну даними з ПК; *RS-485* – для мережного обміну з іншими пристроями; *Ethernet* – для завантаження програм та обміну даними з ПК.

10 – Імітатор дискретних сигналів – емулятор *ЭДИ-6* для ПЛК: шість перемикачів типу «сухий контакт».

11 – Безконтактний датчик – індуктивний датчик приближення, що реагує на приближення сторонніх предметів.

12 – Імітатор світлової сигналізації – чотири світлодіоди.

13 – Клавіша вмикання загального живлення стенда.

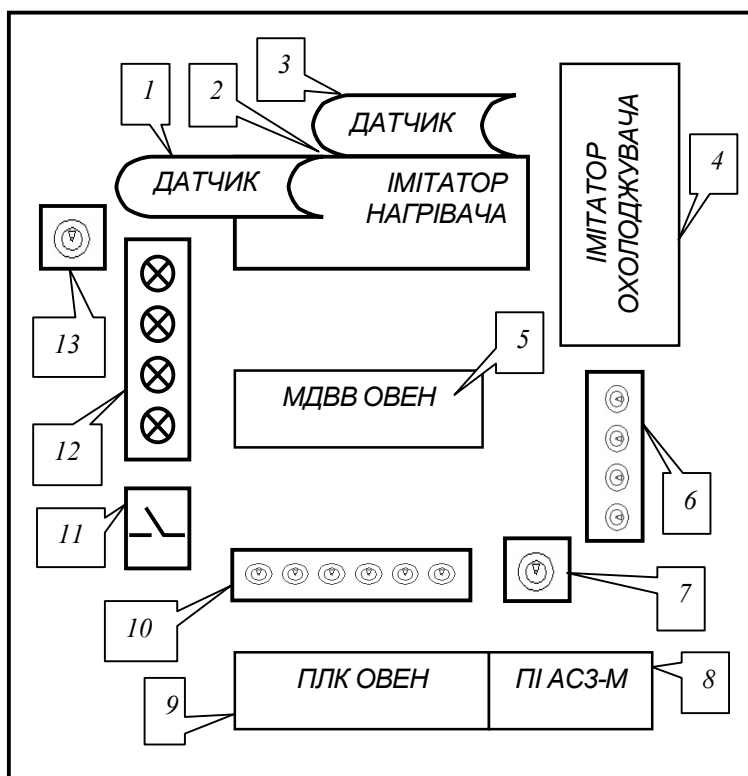


Рисунок 4.1 – Загальний вигляд стенда

На рис. 4.2 показана принципова електрична схема стенда, а в табл. 4.1 – його специфікація. Структурна схема комунікаційних зв'язків зображена на рис. 4.3.

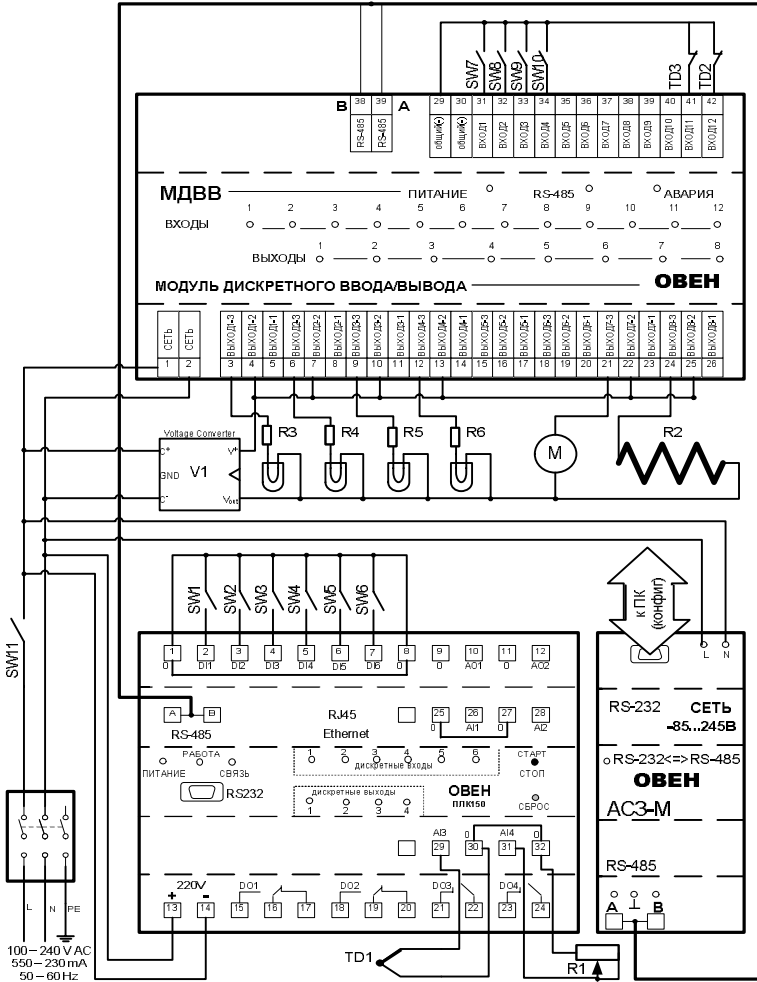


Рисунок 4.2 – Принципова схема стенда

**Принцип роботи стенда.** Клавiша *SW11* призначена для включення його загального живлення. За допомогою перемикачiв *SW1...SW6* на входи *D11...6* ПЛК подаються дискретнi сигнали, а за допомогою перемикачiв *SW7...SW10* – на входи *Bx.1...4* модуля. Вони можуть iмiтувати сигнали дискретних датчикiв (ВМК./ВИМК.), керувати режимами роботи (Руч./Автомат.) або технологiчним процесом (Бiльше/Менше). Iмiтатори нагрiвача *R2* та охолоджувача *M* пiдключенi через перетворювач напруги 220/12...24 В та випрямляч *V1* до дискретних виходiв модуля, причому нагрiвач пiдключений до *Вих.8*, а охолоджувач – до *Вих.7*. Змiнний резистор *R1* пiдключений до аналогового входу *A14* ПЛК, вiн iмiтує резистивний сигнал вiд датчика положення засувки. Термопара *TD1* пiдключена до аналогового входу *A13* ПЛК. На нагрiвач встановлено термореле *TD2* з температурою розмикання 60 °С та функцiєю вiдновлення (замикання) пiсля охолодження. Термореле пiдключене до дискретного входу *Bx.12* модуля. Безконтактний iндуктивний датчик *TD3* реагує на приближення стороннiх предметiв i пiдключений до *Bx.11* модуля. Для iмiтацiї свiтлової сигналяцiї використанi свiтлодiоди, якi пiдключенi до дискретних виходiв *Вих.1...Вих.4* модуля.

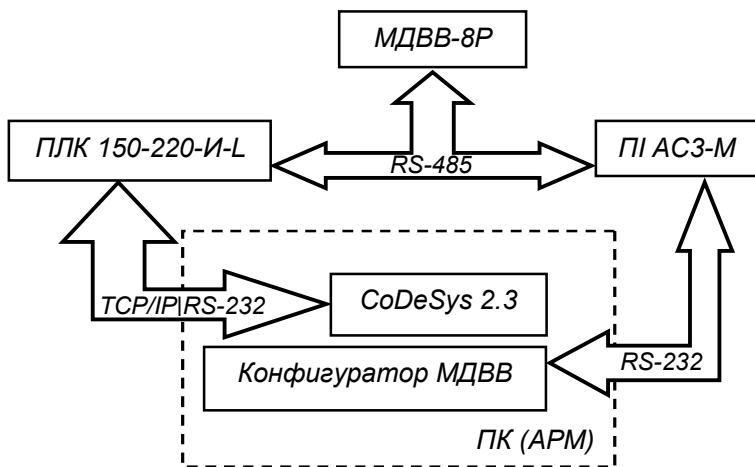


Рисунок 4.3 – Структурна схема стенда

Таблиця 4.1 – Специфікація елементів стенда

Змінний опір <i>R1</i>	<i>1 кОм</i>
Нагрівальний резистор <i>R2</i>	<i>ПЭВ-100, 47 Ом</i>
Датчик температури <i>TD1</i>	<i>ТХК-1479</i>
Термореле <i>TD2</i>	<i>TD60</i>
Термореле <i>TD3</i>	<i>IA 18 DSN 08 PO</i>
Перемикачі <i>SW1...SW6; SW7...SW10</i>	<i>MTS-1</i>
Клавіша вмикання <i>SW9</i>	<i>220 В/5 А</i>
Перетворювач напруги <i>VI</i>	<i>БП 220/12..24 В пост.</i>
Вентилятор обдування <i>M</i>	<i>DC FAN 12V/0.1A</i>

### 4.3. Порядок виконання роботи

Виконання лабораторної роботи складається з таких етапів:

- 1) Підготовка ПЛК до роботи у складі РСУ та конфігурування програмного модуля *Modbus (Master)* у середовищі *CoDeSys 2.3* в конфігурації ресурсів ПЛК для мережного обміну з модулем інтерфейсом *RS-485* і за протоколом *Modbus RTU/ASCII*.
- 2) Конфігурування модуля для мережного обміну з ПЛК.
- 3) Розроблення візуалізації в середовищі *CoDeSys 2.3* для відображення мережних змінних, які отримані від модуля.
- 4) Налагодження роботи макета РСУ.

### 4.4. Хід виконання роботи

#### 4.4.1. Підготовка ПЛК до роботи у складі РСУ

Створіть у середовищі *CoDeSys 2.3* проект з ім'ям *lr\_4\_name.pro* (де *name* – прізвище студента), визначте необхідний таргет-файл і мову програмування *POU PLC\_PRG*. Як цільову платформу виберіть ПЛК *ОВЕН150-1.L*, а мову програмування – *LD*. Оскільки ПЛК лише опитуватиме віддалений модуль, вікно *POU PLC\_PRG* залиште порожнім. Далі перейдіть у вкладку *Ресурси* та виберіть утиліту *Конфігурація ПЛК*. У ній, використовуючи контекстне меню, створіть програмний модуль *Modbus (Master) [VAR]*, а в ньому замініть слот *Debug RS-232 [SLOT]* на слот *RS-485-1 [SLOT]*. Далі налаштуйте інтерфейс обміну з модулем відповідно до екранної форми, що зображена на рис. 4.4.

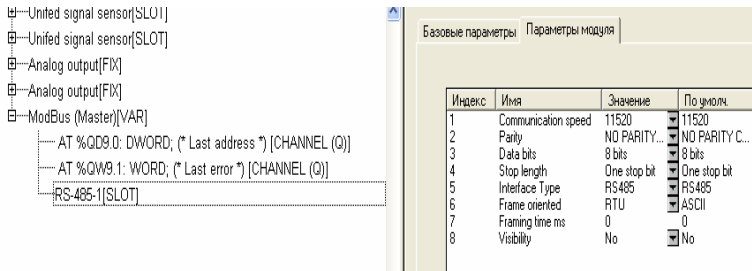


Рисунок 4.4 – Параметри налаштування інтерфейсу обміну

Далі, використовуючи контекстне меню, додайте в модуль *Modbus (Master) [VAR]* ведений пристрій – *Universal Modbus Device*. Налаштуйте параметри створеного модуля відповідно до екранної форми, що зображена на рис. 4.5.

В універсальному модулі за допомогою контекстного меню створіть потрібні змінні. Це будуть вхідний та вихідний регістри – *Register Input Module* та *Register Output Module*. Вони будуть відображати маску стану входів та виходів модуля. Налаштуйте створені регістри, причому для вхідного регістра вкажіть його номер – 51, тип команди – *Read holding Register (0x03)*, а для вихідного – 50 з типом команди *Preset single Register (0x06)*. Далі привласніть символічні імена цим змінним для їх відображення у візуалізації проекту. Наприклад, для входів – *mdvv\_in*, а для виходів – *mdvv\_out*.

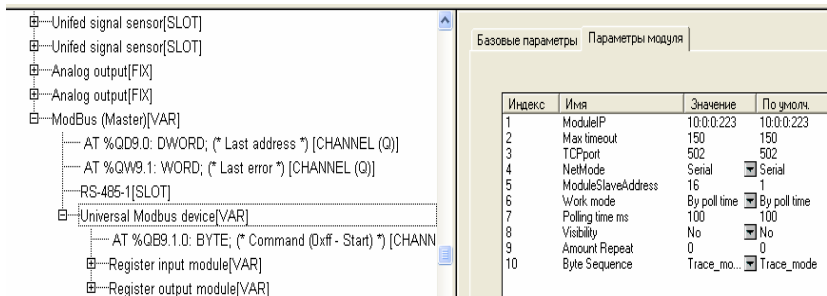


Рисунок 4.5 – Параметри налаштування модуля *UMD*

Для імітування управління об'єктом, наприклад нагрівачем, залежно від стану тумблерів, підключених до входів модуля, пропонується розробити наступну програму.

Нехай 1-й вхід *МДВВ* управляється кнопкою *ПУСК*. Тоді, у бітовій масці вхідного регістра стан входу зберігається за адресою *mdvv\_in.0*. Відповідно, 2-ой вхід *МДВВ* управляється кнопкою *СТОП* і його адреса в масці – *mdvv\_in.1*. Якщо натиснута кнопка *ПУСК* і не натиснута кнопка *СТОП*, необхідно включити індикатор та нагрівач. Відповідні адреси індикатора – *mdvv\_out.0*, а нагрівача – *mdvv\_out.7*.

На рис. 4.6 показаний фрагмент програми, що відповідає завданню.

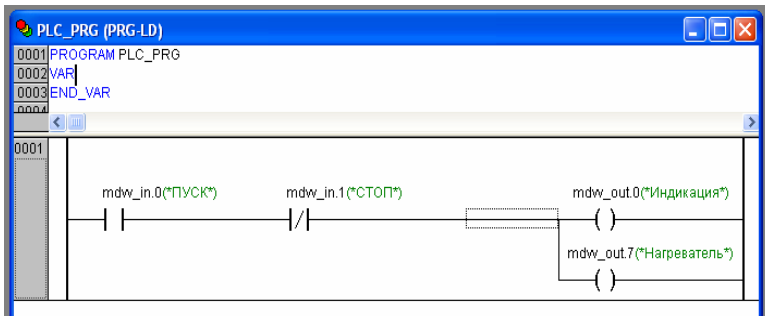


Рисунок 4.6 – Фрагмент програми для управління в мережі

Програма аналізує стан вхідного регістра, отриманий з мережі *Modbus*. Залежно від стану входів в модулі програма направляє значення змінних у вихідний регістр для їх відправки до модуля.

Відкомпілюйте програму, підключіться до ПЛК за допомогою програмного комунікаційного модуля і завантажте готовий проект у ПЛК. Для завантаження використовуйте інтерфейс *RS-232* або *TCP/IP*. Для запуску проекту натисніть на функціональну кнопку *F5* або виберіть команду *Старт* в меню *Онлайн*. При необхідності налагодить готовий проект.

#### 4.4.2. Підготовка модуля до роботи у складі РСУ

Для інтеграції модуля *МДВВ* до складу РСУ необхідно виконати ряд кроків:

- по-перше, за допомогою програми конфігурування модуля налаштуйте інтерфейс і протокол обміну даними з ПК;

- по-друге, проведіть налаштування входів/виходів модуля.

*МДВВ* – це модуль дискретних входів та виходів, який призначений для роботи в мережі *RS-485*. Він використовується спільно з контролерами *ОВЕН* ПЛК або контролерами інших виробників, а також з ПК із застосуванням ПІ *RS-485/RS-232*. Модуль може працювати в мережі *RS-485* за наявності в ній ведучого пристрою (ПЛК, ПК або ПО). При цьому сам *МДВВ* може бути лише веденим пристроєм.

Основні функції та технічні характеристики модуля *МДВВ*:

- передавання значень вимірюваних параметрів інтерфейсом *RS-485* (максимальна швидкість обміну до 115200 біт/с);
- підтримка протоколів *Modbus (ASCII, RTU), DCON, ОВЕН*;
- 12 дискретних входів для підключення контактних датчиків та транзисторних ключів *n-p-n*-типа;
- можливість використання будь-якого дискретного входу в режимі лічильника (максимальна частота сигналу 1 кГц, мінімальна тривалість імпульсу, що сприймається дискретним входом 0,5 мс);
- 8 вбудованих дискретних вихідних елементів у різних комбінаціях:
  - електромагнітне реле 8 А 220 В (тип Р);
  - оптотранзисторний ключ 400 мА 60 В (тип К);
  - оптосімістор 0,5 А 300 В (тип С);
  - для управління зовнішнім твердотілим реле (тип Т);
- можливість генерації ШІМ-сигналу будь-яким з виходів;
- автоматичне переведення виконавчого механізму в аварійний режим роботи при порушенні мережного обміну.

Для конфігурування модуля та реєстрації стану дискретних входів та виходів (шпаруватості ШІМ) надається безкоштовна програма *Конфігуратор МДВВ*, яка встановлюється на ПК. На рис. 4.7 показана функціональна схема пристрою та варіанти його використання в системі управління технологічним процесом.

Інтерфейс *RS-485* дозволяє за допомогою адаптера *ОВЕН АС3-М*, який з'єднує модуль з ПК, здійснювати такі дії:

- проводити конфігурування модуля;
- передавати в мережу сигнали стану дискретних входів;

- отримувати з мережі сигнали про стан дискретних виходів та шпаруватість ШИМ;
- реєструвати стан дискретних входів та виходів пристрою.

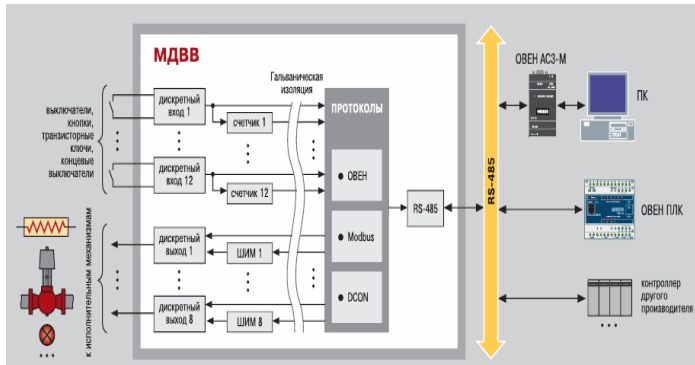


Рисунок 4.7 – Функціональна схема пристрою МДВВ

Для мережного обміну з модулем користувач може вибрати будь-який протокол: *OВЕН*, *Modbus-RTU*, *Modbus-ASCII* або *DCON*. Конфігурування пристрою здійснюється лише за протоколом *OВЕН*. Підтримка поширених протоколів *Modbus* та *DCON* дозволяє модулю працювати в одній мережі з контролерами та модулями як компанії *OВЕН*, так і інших виробників.

**ПРИМІТКА.** Оскільки конфігурування модуля здійснюється лише за протоколом *OВЕН*, то установлюючи зв'язок з приладом програма *Конфігуратор МДВВ* посилає спеціальне повідомлення, що переводить його в мережний протокол *OВЕН*. Для переходу пристрою на роботу за протоколом, який указаний у параметрі *Prot* після завантаження конфігурації необхідно вимкнути та увімкнути модуль або відправити команду *INIT*.

До 12-и дискретних входів модуля можна підключати пристрої з «сухими контактами» (кнопки, вимикачі, геркони, реле тощо) або транзисторні ключі *n-p-n*-типу. Кожен дискретний вхід може працювати в одному з двох режимів:

- *ON/OFF*, при цьому зчитується безпосередньо стан входу;
- режим лічильника.

При роботі в режимі лічильника в мережу передається кількість імпульсів, що поступили на дискретний вхід. Максимальна частота імпульсів для рахування складає 1 кГц. Розмір змінної рахування дорівнює 16 бітів. При переповнюванні лічильника його значення автоматично обнуляється і рахунок поновлюється. Якщо живлення припиняється, результати рахунку зберігаються в незалежній пам'яті пристрою.

Дискретні виходи модуля керують виконавчими механізмами (ВМ). У пристрої за бажанням замовника можуть бути встановлені в різних комбінаціях 8 дискретних вихідних елементів: реле, оптопари, виходи для керування зовнішніми твердотілими реле. Модуль надає можливість безпосередньо керувати дискретними виходами та підключеними до них ВМ через мережу RS-485.

Керування дискретними виходами можливо в двох режимах:

- *ON/OFF*, при якому вихідний елемент вмикається та вимикається за сигналом з мережі;
- ШІМ, при якому пристрій за сигналом шпаруватості, отриманим з мережі, самостійно генерує ШІМ-сигнал.

На рис. 4.8 показані номери контактів та схема підключення модуля до РСУ, а на рис. 4.9 (а, б, в, г) – варіанти підключення ВМ до виходів.

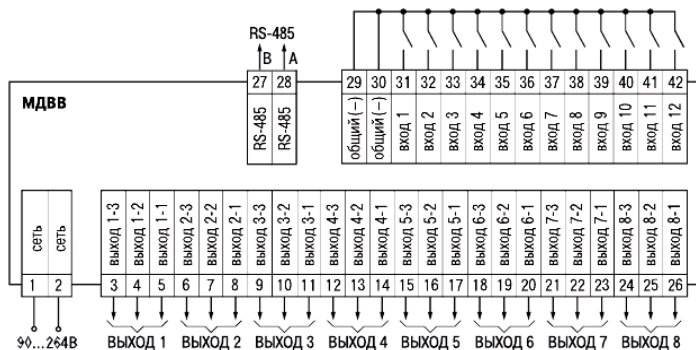


Рисунок 4.8 – Функціональна схема модуля

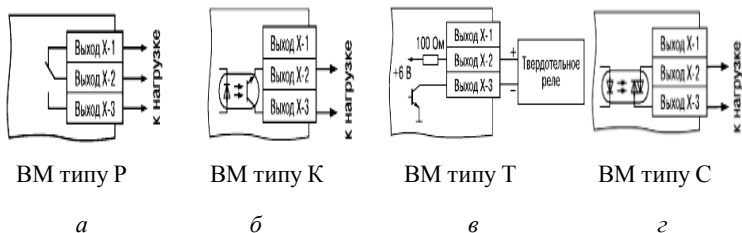


Рисунок 4.9 – Схеми підключення VM до виходів модуля

#### 4.4.3. Конфігурування модуля МДВВ

Для підготовки пристрою до роботи у складі РСУ необхідно підключити його через ПІ RS-232/RS-485 моделі OVEN AC3-M (або аналогічний) до ПК, як це показано на рис. 4.10 та включити живлення.

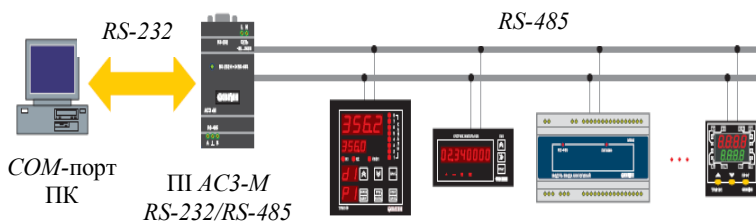


Рисунок 4.10 – Схеми підключення пристроїв OVEN до ПК

Конфігурування пристрою за допомогою програми *Конфігуратор МДВВ* – це налаштування мережних параметрів та мережного інтерфейсу (конфігурація пристрою – це повний перелік значень параметрів, що визначає його роботу). Для запуску програми можна використати ярлик



на робочому столі ПК, або програму можна запустити через меню *Пуск* у вкладці *OWEN*, вибравши програму *Конфігуратор МДВВ*, або якщо запустити файл *MDVV.exe* в директорії *C:\Program Files\Owen\MDVV\\*.\**

Основні можливості та порядок роботи з програмою *Конфигуратор МДВВ* можна побачити в *Справке к программе* або в *Руководстве по эксплуатации* модуля.

Після запуску програми у вікні встановлення зв'язку з модулем (рис. 4.11) необхідно задати мережні параметри, щоб драйвер міг зчитувати поточні параметри через ПІ:

- швидкість обміну даними – 9600 біт/с;
- довжина поля даних – 8 біт;
- контроль парності поля даних – відсутній;
- кількість стоп-біт у кадрі – 1 біт;
- довжина мережної адреси – 8 біт;
- базова адреса модуля – 16;
- порт ПК –  $COMx$ , де  $x=1..n$ .

**ПРИМІТКА.** Якщо робота виконується на ПК, до якого стенд не підключений, то необхідно вибрати варіант *Работать offline*. Номер та параметри  $COM$ -порта ПК з підключеним стендом призначити виходячи з параметрів меню ПК *Панель управления*. На рис. 4.12 показаний зовнішній вигляд головного вікна програми з розгорнутим слотом мережних налаштувань.

Для зв'язку модуля *МДВВ* з ПК у складі РСУ необхідно вибрати потрібний інтерфейс та протокол обміну. Оскільки передбачається доступ до даних модуля з боку ПЛК за протоколом *ModBus-RTU*, всі параметри залишить без змін (див. рис. 4.12).

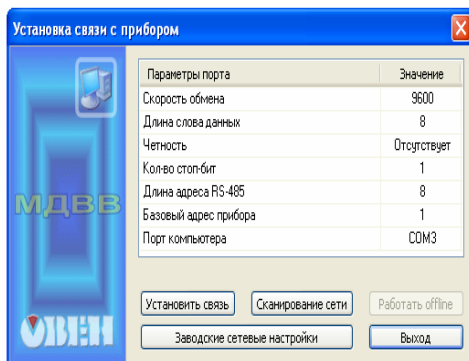


Рисунок 4.11 – Вікно налаштування мережних параметрів *МДВВ*

Далі, згідно зі *Справкою к программе* або *Руководством по эксплуатации* модуля проведіть конфігурування його каналів вводу/виводу відповідно до принципової схеми стенда (див. рис. 4.3).

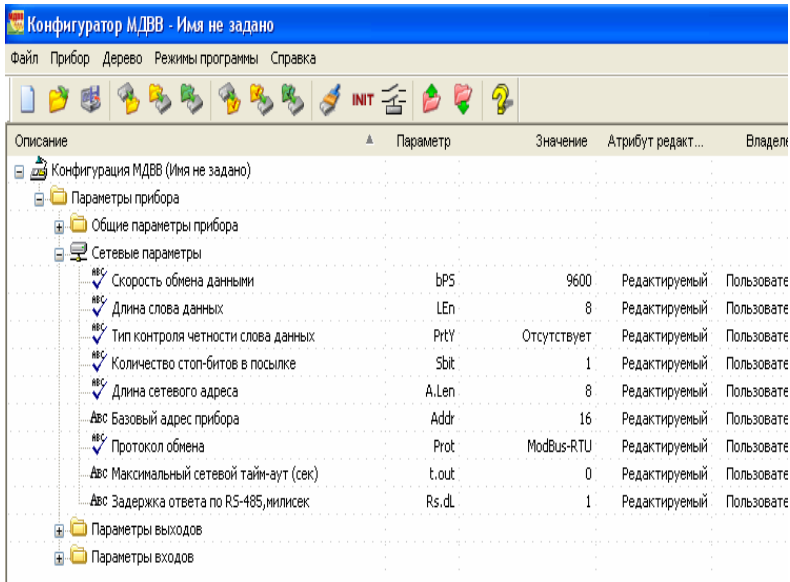


Рисунок 4.12 – Головне вікно програми конфігурування МДВВ

#### 4.4.4. Обмін за протоколом Modbus. Опис параметрів МДВВ

Протокол *Modbus* є відкритим протоколом обміну даними між пристроями послідовним інтерфейсом *RS-485*. Для доступу до даних за протоколом *Modbus* використовують технологію ведучий–ведений, при якій лише один пристрій (ведучий) може ініціювати передачу (зробити запит). Інші пристрої (ведені) передають запрошені ведучим пристроєм дані, або виконують команди, які отримані від нього.

Режим роботи за протоколом *Modbus (RTU або ASCII)* залежить від заданого значення параметра *Prot*. Шпаруватість ШІМ записується в регістри, що відповідають кожному з дискретних виходів. Запис здійснюється командою 16 (0x10), читання – командами 3 (0x03) або 4 (0x04). Список регістрів протоколу *Modbus* наведений в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Список реєстрів протоколу *Modbus* модуля *МДВВ*

Параметр	Од. вим.	Значення	Адреса реєстра	
			(HEX)	(DEC)
Значення на <i>Вых. 1</i>	0,1 %	0...1000	0000	0000
Значення на <i>Вых. 2</i>	0,1 %	0...1000	0001	0001
...			...	...
Значення на <i>Вых. 8</i>	0,1 %	0...1000	0007	0007
Авар. значення на <i>Вых. 1</i>	0,1 %	0...1000	0010	0016
Авар. значення на <i>Вых. 2</i>	0,1 %	0...1000	0011	0017
...			...	...
Авар. значення на <i>Вых. 8</i>	0,1 %	0...1000	0017	0023
Період ШІМ на <i>Вх. 1</i>	с	1...900	0020	0032
Період ШІМ на <i>Вх. 2</i>	с	1...900	0021	0033
...			...	...
Період ШІМ на <i>Вх. 8</i>	с	1...900	0027	0039
Бітова маска значень виходів	–	0...255	0032	0050
Бітова маска значень входів	–	0...4095	0033	0051
Значення лічильн. на <i>Вх. 1</i>	фронт	0...65535	0040	0064
Значення лічильн. на <i>Вх. 2</i>	фронт	0...65535	0041	0065
...			...	...
Значення лічильн. на <i>Вх. 12</i>	фронт	0...65535	004B	0075

Таблиця 4.3 – Формати реєстрів з масками входів/виходів *МДВВ*

Входи																
№ біта	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
значення	завжди рівні «0»				стан входів з 12 до 1											
Виходи																
№ біта	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
значення	завжди рівні «0»								стан виходів з 8 до 1							

Посилання групової команди вмикання/вимикання ВМ здійснюється в реєстр з номером 50 (0x32). У цей реєстр записується число від 0 до 255 в двійковому вигляді, причому кожне значення біта відповідає стану дискретного ВМ. Одиночне значення біта відповідає стану «Включено» для ВМ. Читання стану входів реалізоване через реєстр 51 (0x33).

*ПРИМІТКА.* За протоколом *Modbus* можлива зміна періоду ШІМ та значення безпечного стану ВМ. Отриманні данні зберігаються в незалежній пам'яті модуля, яка має обмежений ресурс перезаписів (близько 1 млн), тому не рекомендується міняти значення періоду ШІМ або значення безпечного стану ВМ так часто, як передавати значення шпаруватості ШІМ.

#### *4.4.5. Розробка візуалізації для відображення мережних змінних*

Для створення візуалізації перейдіть у вкладку *Візуалізація* менеджера проектів у середовищі *CoDeSys*. Далі, використовуючи інструменти рисування, створіть графічні елементи (ГЕ) з необхідними настройками компонентів.

Для відображення стану входів/виходів модуля створіть ГЕ *Овал*. Подвійним натисненням ЛК миші відкрийте бланк настройки елемента. У категорії *Текст* введіть формат виводу значення змінної – *%4d*, в категорії *Переменные* в рядок *Ввод текста*, використовуючи *Ассистент ввода*, введіть символічне ім'я змінної. Налаштуйте даний ГЕ для вводу необхідного значення.

Отже, створіть у проєкті візуалізацію мережного обміну, наприклад, зображену на рис. 4.13. За необхідності використовуйте вбудовану в *CoDeSys* довідку – розділ *Візуалізація*.

Збережіть проєкт та відкомпілюйте його, використовуючи команду *Компилировать все* в меню *Проект*.

### **4.5. Перевірка роботи макета системи управління**

1) Для перевірки роботи макета РСУ спостерігайте за значенням параметрів та у середовищі *CoDeSys*. Також використовуйте візуалізацію для зміни стану виходів *МДВВ*. Надайте проєкт викладачу для перевірки.

2) Складіть звіт у редакторі *Microsoft Office* відповідно до правил оформлення звітів: відомості про виконавця, назва та мета роботи, схема з'єднань, параметри мережних налаштувань протоколу та *COM*-порта, а також параметри налаштування модуля.

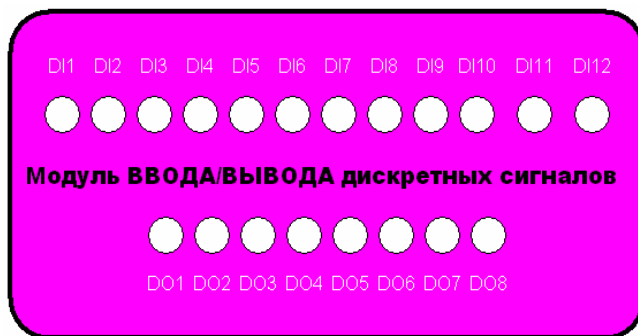


Рисунок 4.13 – Приклад візуалізації проекту

#### 4.6. Завдання для самостійної роботи

1) Сконфігуруйте модуль та створіть проект для ПЛК у середовищі *CoDeSys* для роботи у складі мережі *ПЛК150* (ведучий, 1) – *МДВВ* (ведений, 16) за протоколом *Modbus-RTU* з інтерфейсом *RS-485* (115200, 8-n-1). У проекті для ПЛК використайте програмний елемент *ModBus (Master)* з суб-елементом типу *Universal Modbus Device*. Налаштуйте передавання значення параметра ШІМ у вихідні канали 3 та 4 і отримайте статус входних каналів 1 та 2. Зробіть візуалізацію проекту в *CoDeSys*.

2) Сконфігуруйте модуль та створіть проект для ПЛК у середовищі *CoDeSys* для роботи у складі мережі *ПЛК150* (ведучий, 1) – *МДВВ* (ведений, 16) за протоколом *Modbus-RTU* з інтерфейсом *RS-485* (115200, 8-n-1). У проекті для ПЛК використайте програмний елемент *ModBus (Master)* з суб-елементом типу *OWEN\_MDVV*. Розробіть в проекті програму для розпакування маски входів на окремі біти та для упакування бітів у маску виходів. Зробіть візуалізацію для відображення маски значень входів та введення значення маски виходів модуля.

3) Сконфігуруйте модуль та створіть проект для ПЛК у середовищі *CoDeSys* для роботи у складі мережі *ПЛК150* (ведучий, 1) – *МДВВ* (ведений, 16) за протоколом *ОВЕН* з інтерфейсом *RS-485* (115200, 8-n-1). У

проекті для ПЛК використайте програмний елемент *Owen (Master)* та потрібні суб-елементи. Налаштуйте передавання значення параметра ШІМ в вихідні канали 1 та 2 та отримайте статус вхідних каналів 3 і 4 з розпакуванням на окремі біти. Зробіть візуалізацію стану вхідних каналів та можливість введення значення ШІМ у вихідні канали модуля.

4) Сконфігуруйте модуль та створіть проект для ПЛК в середовищі *CoDeSys* для роботи у складі мережі *ПЛК150* (ведучий, 1) – *МДВВ* (ведений, 16) за протоколом *Modbus-RTU* з інтерфейсом *RS-485* (115200, 8-n-1). В проекті для ПЛК використайте програмний елемент *ModBus (Master)* з суб-елементом типу *Universal Modbus Device*. Налаштуйте передавання значення параметра ШІМ у вихідні канали 4 та 8 і отримайте статус вхідних каналів 4 та 11. Зробіть візуалізацію проекту в *CoDeSys*.

5) Сконфігуруйте модуль та створіть проект для ПЛК у середовищі *CoDeSys* для роботи у складі мережі *ПЛК150* (ведучий, 1) – *МДВВ* (ведений, 16) за протоколом *Modbus-ASCII* з інтерфейсом *RS-485* (9600, 8-n-1). У проекті для ПЛК використайте програмний елемент *ModBus (Master)* з суб-елементом типу *Universal Modbus Device*. Налаштуйте передавання значення параметра ШІМ у вихідні канали 2 та 7 і отримайте статус вхідних каналів 1 та 11. Зробіть візуалізацію проекту в *CoDeSys*.

6) Сконфігуруйте модуль та створіть проект для ПЛК у середовищі *CoDeSys* для роботи у складі мережі *ПЛК150* (ведучий, 1) – *МДВВ* (ведений, 16) за протоколом *Modbus-ASCII* з інтерфейсом *RS-485* (9600, 8-n-1). У проекті для ПЛК використайте програмний елемент *ModBus (Master)* з суб-елементом типу *OWEN\_MDVV*. Розробіть в проекті програму для розпакування маски входів на окремі біти та для упакування бітів у маску виходів. Зробіть візуалізацію для відображення маски значень входів та введення значення маски виходів модуля.

### **Контрольні запитання**

- 1) Яке призначення модуля *МДВВ*?
- 2) Які інтерфейси та протоколи використовують для обміну даними між *УСО* та ПЛК виробництва компанії *ОВЕН*?
- 3) Опишіть формат кадру в протоколі *Modbus*.
- 4) Який порядок адресації багатоканальних приладів у мережах з протоколом *ОВЕН*?

**Лабораторна робота 5**  
ОРГАНІЗАЦІЯ МЕРЕЖНОЇ ВЗАЄМОДІЇ  
РЕГУЛЯТОРІВ СЕРІЇ *TPM* ТА КОНТРОЛЕРА *ПЛК150*

**5.1. Мета роботи**

- Вивчення основних принципів мережного обміну даними між локальним регулятором та ПЛК інтерфейсом *RS-485* із застосуванням протоколу *OWEN* в режимі ведучий–ведений.
- Конфігурування програмного модуля *Owen (Master)* у конфігурації ресурсів ПЛК в середовищі *CoDeSys 2.3*.
- Конфігурування регулятора *TPM101* у програмі *Конфігуратор TPM*.

**5.2. Опис стенда**

Загальний вигляд стенда представлений на рис. 5.1. На ньому цифрами позначені елементи:

1 – Модель теплообмінника – емулятор печі *ОВЕН ЭП10*: призначений для проведення налагоджувальних робіт із застосуванням регуляторів та ПЛК. Має вбудовані нагрівач (резистор) потужністю 10 Вт, охолоджувач (вентилятор) та датчики температури (термометр опору *TSM-50M* та термопара *ТХК*).

2 – Регулятор – мікропроцесорний ПІД-регулятор *ОВЕН TPM101-PP* з універсальним входом, двома релейними виходами та інтерфейсом *RS-485*.

3 – Перемикач для дистанційного пуску або остановки режиму ПІД-регулювання в приладі *TPM101*.

4 – Імітатор світлової сигналізації системи регулювання: сигналізує про вихід параметра за задані межі або про обрив у ланцюзі регулювання (режим *LBA*).

5 – Перемикач для вмикання живлення регулятора.

6 – Перемикач вибору джерела сигналу для регулятора: від *TSM-50* або від *R~ (0...1кОм)*.

7 – Імітатор аналогового сигналу для регулятора – змінний опір, *R~ (0...1кОм)*.

8 – Імітатор аналогового сигналу для ПЛК – змінний опір,  $R \sim (0 \dots 1 \text{кОм})$ .

9 – Контролер – ПЛК *ОВЕН* моделі *ПЛК150-220.И-Л* з внутрішнім джерелом живлення, є моноблоком, що об'єднує в собі контактні групи для підключення дискретних і аналогових сигналів вводу/виводу, а також інтерфейси для обміну даними: *RS-232* – для завантаження програм і обміну даними з ПК; *RS-485* – для мережного обміну з іншими пристроями; *Ethernet* – для завантаження програм та обміну даними з ПК.

10 – Імітатор вхідних сигналів для ПЛК – емулятор *ОВЕН ЭДИ-6*: шість перемикачів типу «сухий контакт».

11 – Перемикач живлення нагрівача емулятори печі: або від ПЛК або від регулятора.

12 – Клавіша вмикання живлення ПЛК.

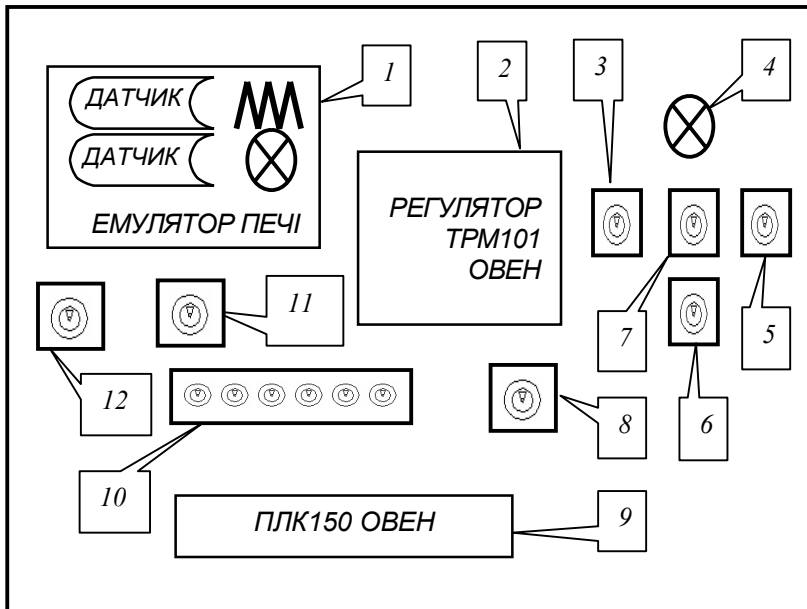


Рисунок 5.1 – Загальний вигляд стенда

На рис. 5.2 представлена принципова електрична схема стенда, а в табл. 5.1 – його специфікація. Структурна схема комунікаційних зв'язків зображена на рис. 5.3.

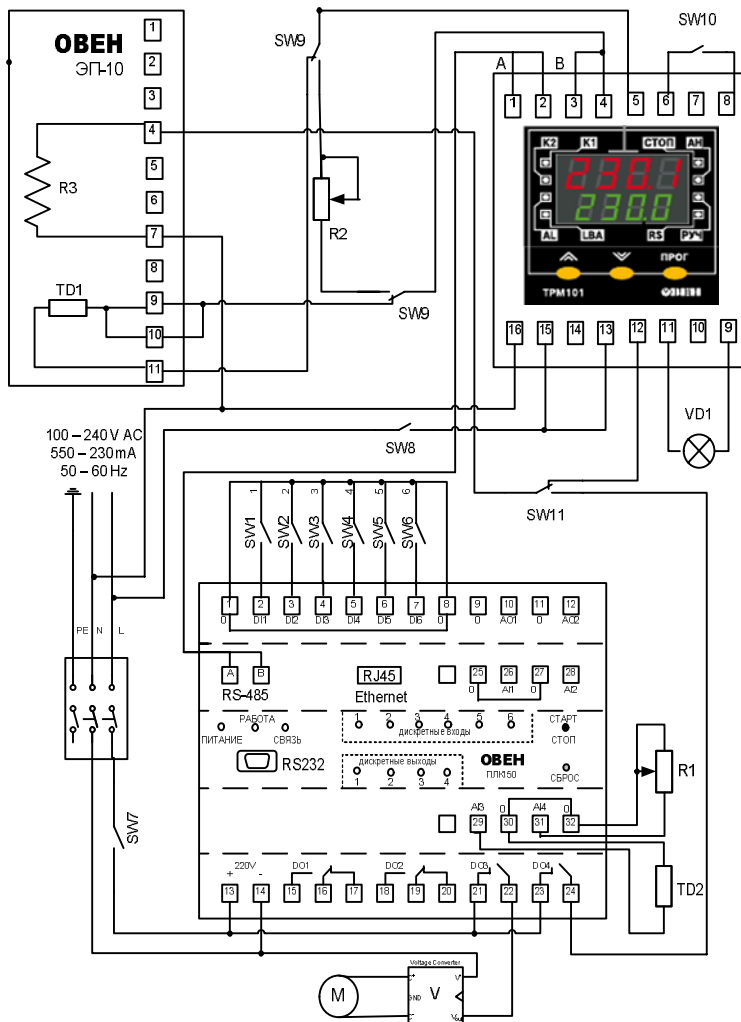


Рисунок 5.2 – Принципова електрична схема стенда

**Принцип роботи стенда.** Перемикачі *SW7*, *SW8* призначені для вмикання живлення контролера та регулятора відповідно. Для дистанційного включення процесу ПІД-регулювання використовується перемикач *SW10* (контакти 6, 8 *TPM101*). На стенді є можливість вибору джерела вхідного сигналу для регулятора. За допомогою перемикача *SW9* на універсальний вхід регулятора (контакти 4 і 5 *TPM101*) сигнал подається або від термометра опору *TD1* (*TCM-50*), або від змінного резистора *R2* ( $0...1$  кОм). Також на стенді за допомогою перемикача *SW11* передбачена можливість перемикання живлення нагрівача в емуляторі печі: або від ПЛК (вихід *DO4*) або від *TPM* (контакт 12 *TPM101*). Нагрівач емулятора печі підключений до першого вихідного каналу *TPM101*, який комутує напругу живлення ( $\sim 220$  В). Другий вхід нагрівача з'єднаний безпосередньо з «нулем» мережі живлення. В емуляторі печі присутній додатковий датчик *TD2* – термопара *ТХК*, яка підключена до аналогового входу *AI3* ПЛК. Світлова сигналізація стану та режиму роботи регулятора реалізована на його другому вихідному каналі (контакти 9 і 11 *TPM101*). На входи *DI1...6* ПЛК подаються дискретні сигнали за допомогою перемикачів *SW1...SW6* від емулятора *ЭДИ-6*. Змінний опір *R1* ( $0...1$  кОм) підключений до аналогового входу *AI4* ПЛК. До виходу *DO3* ПЛК підключений вентилятор, який виконує роль охолоджувача.

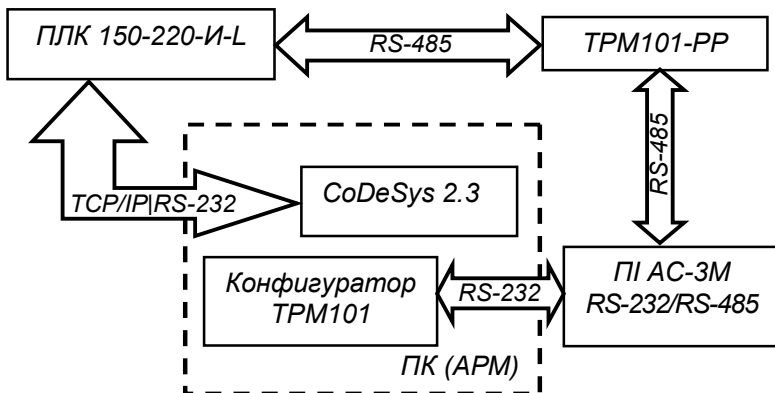


Рисунок 5.3 – Структурна схема стенда

Таблиця 5.1 – Специфікація елементів стенда

Емулятор печі	<i>ОВЕН ЕП10</i>
Перетворювач напруги <i>V</i>	<i>БП 220/12..24 В пост.</i>
Вентилятор обдування <i>M</i>	<i>DC FAN 12 V/0.1 A</i>
Змінний опір <i>R1</i> та <i>R2</i>	<i>0...1 кОм</i>
Нагрівальний резистор <i>R3</i>	<i>2,4 кОм</i>
Термодатчик <i>TD1</i>	<i>ТСМ50</i>
Термодатчик <i>TD2</i>	<i>ТХК</i>
Перемикачі <i>SW1 ...SW6</i>	<i>MTS-1</i>
Клавiші вмикання живлення <i>SW7, SW8</i>	<i>220 В/5 А</i>
Перемикачі <i>SW9 ...SW11</i>	<i>220 В/5 А</i>
Світлодіод <i>VD1</i>	<i>AL3</i>

### 5.3. Порядок виконання роботи

Виконання лабораторної роботи складається з таких етапів:

- 1) Підготовка ПЛК до роботи у складі РСУ та конфігурування програмного модуля *Owen (Master)* у середовищі *CoDeSys 2.3* в конфігурації ресурсів ПЛК для мережного обміну інтерфейсом *RS-485* і за протоколом *ОВЕН*.
- 2) Конфігурування регулятора для мережного обміну з ПЛК.
- 3) Розроблення візуалізації в середовищі *CoDeSys 2.3* для відображення мережних змінних, отриманих від регулятора.
- 4) Налаштування макета РСУ.

### 5.4. Хід виконання роботи

#### 5.4.1. Підготовка ПЛК до роботи у складі РСУ

Створіть у середовищі *CoDeSys 2.3* проект з ім'ям *lr\_5\_name.pro* (де *name* – прізвище студента), визначте необхідний таргет-файл і мову програмування *POU PLC\_PRG*. Як цільову платформу виберіть *ОВЕН ПЛК150-I.L*, а мову програмування – *CFC*. Оскільки ПЛК лише опитуватиме віддалений модуль, вікно *POU PLC\_PRG* залиште порожнім. Далі перейдіть у вкладку *Ресурси* та виберіть утиліту *Конфігурація ПЛК*. У ній через контекстне меню створіть програмний модуль *Owen (Master) [VAR]*, в якому замініть слот з інтерфейсом *Debug RS-232 [SLOT]* на слот *RS-485-1 [SLOT]*. Далі налаштуйте інтерфейс обміну з модулем відповідно до екранної форми, що зображена на рис. 5.4.

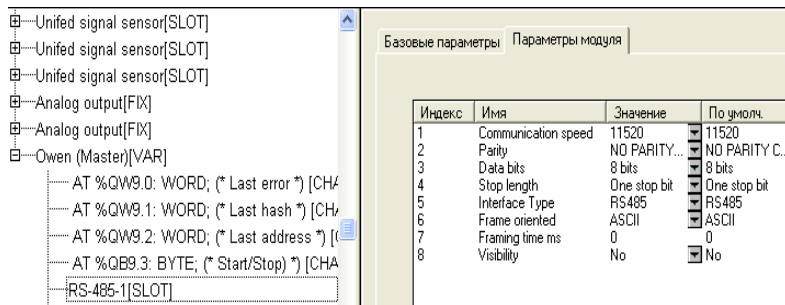


Рисунок 5.4 – Параметри налаштування інтерфейсу RS-485

Далі, використовуючи контекстне меню, додайте в модуль *Owen (Master) [VAR]* змінні обміну, наприклад змінну для збереження поточного значення параметра (*Pv*), змінну для визначення типу логіки компаратора (*Alt*) та вводу значення уставки (*SP*). На рис. 5.5 а, б та в зображені екранні форми зі створеними змінними та їхніми параметрами налаштування. Привласніть символні імена вимірювальному каналу модуля та каналу вводу уставки, а також змінній вибору типу логіки компаратора для їх відображення у візуалізації проекту.

Відкомпілюйте програму і підключіться до ПЛК за допомогою програмного комунікаційного модуля і завантажте готовий проект у ПЛК. Для завантаження використовуйте інтерфейс RS-232 або TCP/IP. Для запуску проекту натисніть на функціональну кнопку F5 або виберіть команду *Start* у меню *Онлайн*. При необхідності налагодіть готовий проект.

#### 5.4.2. Підготовка приладу TPM101 до роботи в складі PCU

Прилади серії *TPM* виробництва компанії *ОВЕН* призначені для вимірювання та автоматичного регулювання температури (при використанні в якості первинних перетворювачів термометрів опору або термопар), а також інших фізичних параметрів, значення яких первинними перетворювачами може бути перетворене в напругу постійного струму або уніфікований електричний сигнал постійного струму. Інформація про будь-який із виміряних фізичних параметрів може відображатися в цифровому вигляді на вбудованому індикаторі.

Tree view structure:

- Analog output[FIX]
- Owen (Master)[VAR]
  - AT %QW9.0: WORD; (\* Last error \*) [CHA]
  - AT %QW9.1: WORD; (\* Last hash \*) [CHA]
  - AT %QW9.2: WORD; (\* Last address \*) [CHA]
  - AT %QB9.3: BYTE; (\* Start/Stop \*) [CHA]
  - RS-485-1[SLOT]
  - Float variable (Listen)[VAR]
    - par AT %QD9.1.0: REAL; (\* \*) [CHA]
  - Unsigned variable (Write)[VAR]
    - 2 byte[VAR]
      - tip\_log AT %QW9.2.0.0: WORD

Parameter table:

Индекс	Имя	Значение	По умолчанию
1	Address length	8 bit	8 bit
2	Address	16	0
3	Hash name	pv	
4	Index	0	0
5	Use a index?	No	No
6	Float type	Float	Float
7	Precision	2	2
8	Polling time ms	100	100
9	Work Mode	Polling Time	Polling Time
10	Repeat counter	0	0
15	Visibility	No	No

а

Tree view structure:

- Owen (Master)[VAR]
  - AT %QW9.0: WORD; (\* Last error \*) [CHA]
  - AT %QW9.1: WORD; (\* Last hash \*) [CHA]
  - AT %QW9.2: WORD; (\* Last address \*) [CHA]
  - AT %QB9.3: BYTE; (\* Start/Stop \*) [CHA]
  - RS-485-1[SLOT]
  - Float variable (Listen)[VAR]
    - par AT %QD9.1.0: REAL; (\* \*) [CHA]
  - Unsigned variable (Write)[VAR]
    - 2 byte[VAR]
      - tip\_log AT %QW9.2.0.0: WORD

Parameter table:

Индекс	Имя	Значение	По умолчанию
1	Address length	8 bit	8 bit
2	Address	16	0
3	Hash name	Alt	
4	Index	0	0
5	Use a index?	No	No
6	Polling time ms	100	100
7	Work Mode	Polling Time	Polling Time
8	Repeat counter	0	0
15	Visibility	No	No

б

Tree view structure:

- Analog output[FIX]
- Owen (Master)[VAR]
  - AT %QW9.0: WORD; (\* Last error \*) [CHA]
  - AT %QW9.1: WORD; (\* Last hash \*) [CHA]
  - AT %QW9.2: WORD; (\* Last address \*) [CHA]
  - AT %QB9.3: BYTE; (\* Start/Stop \*) [CHA]
  - RS-485-1[SLOT]
  - Float variable (Listen)[VAR]
    - par AT %QD9.1.0: REAL; (\* \*) [CHA]
  - Unsigned variable (Write)[VAR]
    - 2 byte[VAR]
      - tip\_log AT %QW9.2.0.0: WORD
  - Float variable (Write)[VAR]
    - ust AT %QD9.3.0: REAL; (\* \*) [CHA]

Parameter table:

Индекс	Имя	Значение	По умолчанию
1	Address length	8 bit	8 bit
2	Address	16	0
3	Hash name	SP	
4	Index	0	0
5	Use a index?	No	No
6	Float type	Float PIC	Float
7	Precision	1	2
8	Polling time ms	100	100
9	Work Mode	Polling Time	Polling Time
10	Repeat counter	0	0
15	Visibility	No	No

в

Рисунок 5.5 – Параметры наладки модуля *Owen (Master)*

Регулятори серії *TPM* можуть виконувати такі функції:

- вимірювання температури або іншої фізичної величини;
- регулювання вимірюваної величини за ПІД-законом шляхом імпульсного або аналогового управління або за двопозиційним законом;
- автонастройка ПІД-регулятора на властивості об'єкта;
- ручне управління вихідною потужністю ПІД-регулятора;
- визначення аварійної ситуації при виході вимірюваного параметра за задані межі та при обриві в контурі регулювання;
- виявлення похибок роботи та визначення причини несправності;
- дистанційне керування запуском та зупинкою регулювання;
- робота в мережі з інтерфейсом *RS-485*, який дозволяє задавати необхідні режими роботи приладу та здійснювати передачу вимірних значень в мережу з максимальною швидкістю обміну до 115200 біт/с з підтримкою протоколу *ОВЕН*.

Для доступу до даних приладу необхідно здійснити ряд кроків. По-перше, за допомогою програми конфігурування налаштувати інтерфейс та протокол обміну даними з ПК або ПЛК, по-друге – налаштувати прилад на роботу з потрібним датчиком відповідно до схеми стенда.

На рис. 5.6 показана функціональна схема приладу та варіанти його використання у складі РСУ технологічним процесом. На рис. 5.7 наведені номери контактів та схема підключення *TPM101* до РСУ (на прикладі підключення термометра опору за двопровідною схемою), а на рис. 4.9 (а, б, в, г) та рис. 5.8 (а, б) – варіанти підключення ВМ до виходів регулятора.

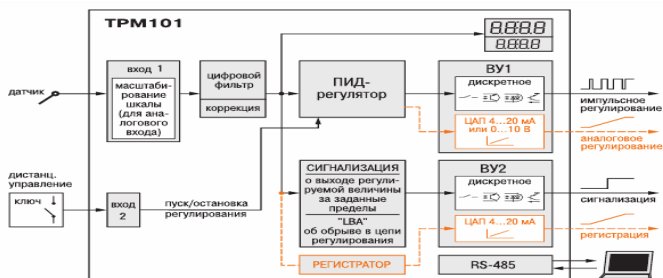


Рисунок 5.6 – Функціональна схема *TPM101*

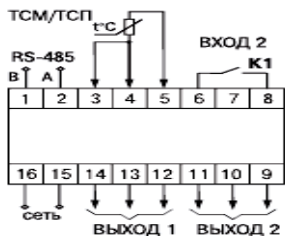


Рисунок 5.7 – Схема підключення TPM101 до РСУ

же бути ведучим. На лабораторному стенді регулятор з'єднаний з ПЛК інтерфейсом RS-485.

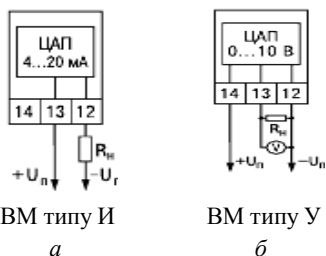



Рисунок 5.8 – Схеми підключення ВМ до виходів регулятора

### 5.4.3. Конфігурування пристрою TPM101 ОВЕН

Конфігурування пристрою проводиться за допомогою програми Конфігуратор TPM101, TPM2XX і має за мету налаштування мережних параметрів та мережного інтерфейсу (конфігурація приладу – це повний набір значень параметрів приладу, що визначає роботу приладу). Запустити програму можна, використо-

вуючи ярлик  на робочому столі ПК, а також через меню Пуск у вкладці OWEN, вибравши програму Конфігуратор TPM101, TPM2XX або запустивши файл TPM2xx.exe в директорії C:\Program Files\Owen\TPM2xx\\*.\*.

Основні можливості та порядок роботи з програмою конфігурування можна побачити в Справке к программе або в Руководстве по эксплуатации регулятора.

Після запуску програма встановлює зв'язок з пристроєм. У вікні встановлення зв'язку з ним (рис. 5.9) необхідно вибрати тип регулятора та

задати для нього мережні параметри, щоб драйвер міг зчитувати поточні параметри через ПІ. Мережні параметри встановіть такими:

- швидкість обміну даними – 9600 біт/с;
- довжина поля даних – 8 біт;
- контроль парності поля даних – відсутній;
- кількість стоп-біт у кадрі – 1 біт;
- довжина мережної адреси – 8 біт;
- базова адреса приладу – 16;
- порт ПК –  $COMx$ , де  $x = 1...n$ .

На рис. 5.10 показані мережні параметри програми для конфігурування приладів серії *TRM*. Далі, натиснувши двічі ЛК миші на кнопку *Применить* та повернувшись в попереднє вікно (див. рис. 5.9), натисніть на кнопку *Подключение прибора*. При цьому виберіть режим визначення пристрою *Выбор вручную*.

**ПРИМІТКА.** Якщо робота виконується на ПК, до якого пристрій не підключений, то необхідно вибрати команду *Прибор отключен*. Номер і параметри *COM*-порта ПК призначити виходячи з параметрів меню ПК *Панель управления*.

Підключення до пристрою відбувається за значень мережних

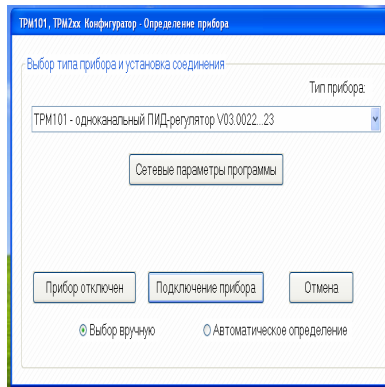


Рисунок 5.9 – Вікно вибору пристрою для конфігурування

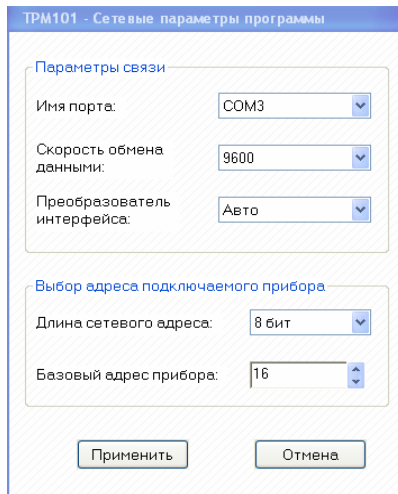


Рисунок 5.10 – Вікно налаштування мережних параметрів пристрою

параметрів, встановлених при попередньому запуску програми. Якщо зв'язок встановлений, відкривається головне вікно програми, зображене на рис. 5.11.

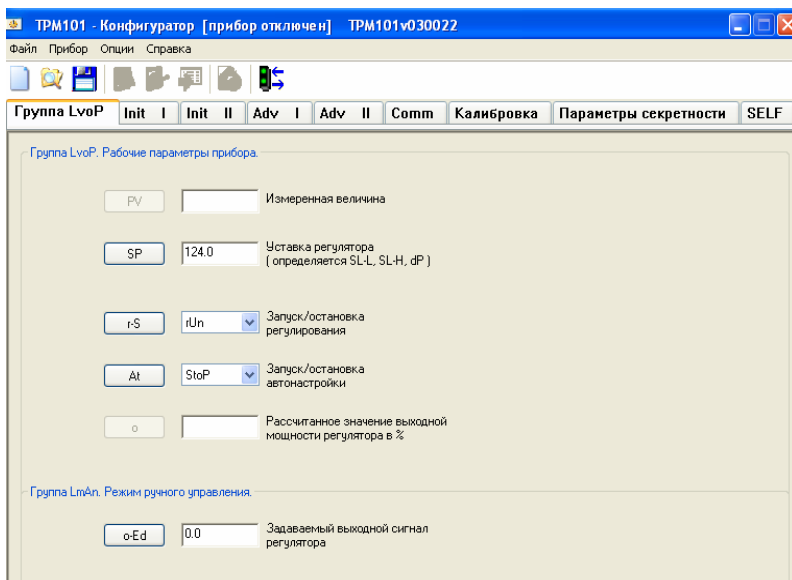


Рисунок 5.11 – Головне вікно програми конфігурування пристрою *TPM*

На рис. 5.11 показано вікно налаштувань групи оперативних параметрів регулятора *TPM101* (група *LvoP* – робочі параметри пристрою): поточне значення параметра регулювання, значення уставки та основні режими роботи пристрою. Оскільки передбачається доступ до даних модуля з боку ПЛК із застосуванням програмного модуля *Owen (Master)*, то мережні параметри інтерфейсу *RS-485* у групі *Comm* налаштуйте відповідно до рис. 5.4.

Далі, згідно зі *Справкой к программе* або *Руководством по эксплуатации* регулятора, проведіть конфігурування необхідних параметрів приладу з урахуванням принципової схеми стенда (див. рис. 5.2) та вказівок викладача.

#### 5.4.4. Обмін за протоколом OBEH. Опис параметрів TPM101

Протокол *OBEH* розроблений для опису процесу обміну інформацією приладів *OBEH* між собою та з ПК в мережі *RS-485*. Протокол *OBEH* має зручну організацію для конфігурування приладів.

*OBEH* – це протокол обміну, і розроблений для ПЛК однойменний програмний модуль забезпечує роботу ПЛК відповідно з цим протоколом. Для доступу до даних ПЛК із застосуванням протоколу *OBEH* послідовними інтерфейсами використовують технологію ведучий–ведений, при якій лише один пристрій (ведучий) може ініціювати передачу (зробити запит). Інші пристрої (ведені) передають запрошені головним пристроєм дані, або проводять потрібні дії. В даній лабораторній роботі роль головного ведучого пристрою виконує контролер *OBEH* моделі *ПЛК150-220.И-L*, а веденим пристроєм є регулятор *TPM101-PP*.

Параметри приладів серії *TPM* розділяються на 2 групи: конфігураційні та оперативні.

*Конфігураційні параметри* – це параметри, які задаються користувачем та визначають режими роботи приладу. Значення конфігураційних параметрів зберігаються в незалежній пам'яті і не зникають при виключенні живлення приладу.

*Оперативні параметри* переносять інформацію про поточний стан приладу або об'єкта регулювання. В оперативних параметрах передаються вимірювані або обчислені значення, вихідні значення потужності регуляторів, номери запущених у даний момент режимів роботи приладу, поточні стани вихідних елементів тощо. Також до оперативних параметрів відносяться команди керування приладом.

При цьому в програмі для конфігурування приладу параметри розподілені за групами (див. рис. 5.11): група *Init* – основні параметри приладу, група *Adv* – параметри регулювання та налаштування режиму *LBA*, група *Comm* – параметри обміну в мережі *RS-485*, а також групи з доступом за допомогою пароля. Всі параметри в групах володіють спеціальними іменами. Наприклад, оперативний параметр з ім'ям *PV* передає виміряне значення на сигнальному вході регулятора, а параметр з

ім'ям *SP* – це значення уставки параметра для регулювання. Решта імен параметрів приладу представлена в *Руководстве по эксплуатации*, там також указані кодові значення датчиків. В табл. 5.2. наведені деякі загальні і мережні параметри з їх описом відповідно до протоколу *ОВЕН*.

Таблиця 5.2 – Загальні та мережні параметри протоколу *ОВЕН*

Мережне ім'я	Тип	Призначення	Позначення
<i>dev</i>	<i>ASCII</i>	Назва приладу	до 8 символів
<i>ver</i>	<i>ASCII</i>	Версія прошивки приладу	до 8 символів
<i>bPS</i>	<i>int</i>	Швидкість обміну	0 = 2,4 kbps; 1 = 4,8 kbps; 2 = 9,6 kbps; 3 = 19,2 kbps; ...; 8 = 115,2 kbps
<i>Len</i>	<i>int</i>	Довжина слова даних	0 = 7 біт 1 = 8 біт
<i>PrtY</i>	<i>int</i>	Стан біта парності в кадрі	0 = No 1 = EuEn 2 = Odd
<i>Sbit</i>	<i>int</i>	Кількість стоп-бітів у кадрі	0 = 1 біт 1 = 2 біта
<i>A.Len</i>	<i>int</i>	Довжина мережної адреси	0 = 8 біт 1 = 11біт
<i>Addr</i>	<i>int</i>	Базова адреса приладу	0 ... 2047

Опис деяких оперативних параметрів протоколу *ОВЕН* стосовно приладів серії *TPM* наведено в табл. 5.3. Потрібно врахувати, що кожен прилад у мережі *RS-485* повинен мати свою унікальну базову адресу. За умовчанням прилади серії *TPM* мають адресу, яка дорівнює 16.

Таблиця 5.3 – Параметри приладу *TPM101 ОВЕН*

Найменування параметру	Характеристика	Діапазон значень у мережі
Група <i>LvoP</i> . Робочі параметри приладу		
<i>PV</i>	Вимірне значення вхідної величини. <i>Параметр оперативний</i>	від нижньої до верхньої межі діапазону вимірювання
<i>SP</i>	Уставка регулятора	визначається параметрами <i>SL-L</i> та <i>SL-H</i>
<i>r-S</i>	Запуск/Зупинка процесу регулювання	<i>rUn</i> – 0 <i>StoP</i> – 1
<i>AT</i>	Запуск/Зупинка процесу автонастройки	<i>rUn</i> – 0 <i>StoP</i> – 1
<i>o</i>	Розраховане значення вихідної потужності регулятора в %. <i>Параметр оперативний</i>	<i>0.0...100.0</i>
Група <i>Init</i> . Основні параметри приладу		
<i>in-t</i>	Тип вхідного датчика або сигналу	<i>R385</i> – 0 <i>R.385</i> – 1 ... <i>U0_1</i> – 25
<i>IN-L</i>	Нижня межа діапазону вимірювання	<i>-999...9999</i>
<i>IN-H</i>	Верхня межа діапазону вимірювання	<i>-999...9999</i>
<i>SL-L</i>	Нижня межа завдання параметра уставки	від нижньої межі діапазону вимірювання до <i>SL-H</i>
<i>SL-H</i>	Верхня межа завдання параметра уставки	від <i>SL-L</i> до верхньої межі діапазону вимірювання
<i>Alt</i>	Тип логіки роботи компаратора	<i>0...11</i>

#### 5.4.5. Розробка візуалізації для відображення мережних змінних

Для створення візуалізації перейдіть у вкладку *Візуалізація* менеджера проектів у середовищі *CoDeSys*. Далі, використовуючи інструменти рисування, створіть ГЕ з необхідними настройками компонентів.

Для відображення поточного значення параметра у вимірювальному каналі створіть ГЕ *Прямоугольник*. Подвійним натисненням ЛК миші відкрийте бланк налаштування цього елемента. У категорії *Текст* введіть формат виводу значення змінної – `%4d`, у категорії *Переменные* в рядок *Ввод текста*, використовуючи *Ассистент ввода*, введіть символне ім'я змінної. Створіть новий ГЕ з можливістю введення значення уставки. Налаштуйте даний ГЕ для введення необхідного значення. Також створіть та налаштуйте ГЕ для введення типу логіки компаратора.

Отже, створіть в проекті візуалізацію мережного обміну, наприклад, зображену на рис. 5.12. За необхідності використовуйте вбудовану в *CoDeSys* довідку, розділ *Візуалізація*.

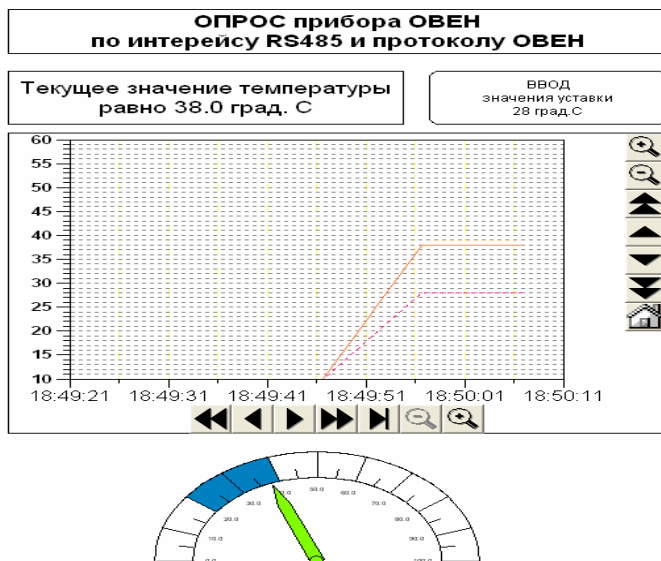


Рисунок 5.12 – Приклад візуалізації проекту

Збережіть проект та відкомпілюйте його, використовуючи команду *Компілювати все* в меню *Проект*. Завантажте проект до ПЛК та запустіть його на виконання.

### **5.5. Перевірка роботи макета системи управління**

1). Для перевірки роботи макета РСУ спостерігайте за значенням параметрів у середовищі *CoDeSys* та змінійте параметри регулювання. Надайте проект викладачу для перевірки.

2) Складіть звіт у редакторі *Microsoft Office* відповідно до правил оформлення звітів: відомості про виконавця, назва та мета роботи, схема з'єднань, параметри мережних налаштувань протоколу та *COM*-порта, а також параметри налаштування регулятора.

### **5.6. Завдання для самостійної роботи**

1) Сконфігуруйте регулятор та створити проект для ПЛК у середовищі *CoDeSys* для роботи у складі мережі *ПЛК150* (ведучий, 1) – *TPM101* (ведений, 16) за протоколом *ОВЕН* з інтерфейсом *RS-485* (115200, 8-n-1). У проекті для ПЛК використовуйте програмний елемент *Owen (Master)* та потрібні суб-елементи. Налаштуйте прийом поточного значення параметра і передавання значення уставки та типу логіки в регулятор, а також зробіть їх візуалізацію.

2) Сконфігуруйте регулятор та створіть проект для ПЛК у середовищі *CoDeSys* для роботи у складі мережі *ПЛК150* (ведучий, 1) – *TPM101* (ведений, 32) за протоколом *ОВЕН* з інтерфейсом *RS-485* (9600, 8-n-1). У проекті для ПЛК використовуйте програмний елемент *Owen (Master)* та потрібні суб-елементи. Налаштуйте приймання поточного значення параметра і передавання значення уставки та сигнал керування режимами роботи регулятора, а також зробіть їх візуалізацію.

### **Контрольні запитання**

- 1) Яке призначення локальних регуляторів серії *TPM ОВЕН*?
- 2) Які інтерфейси та протоколи використовують для обміну даними між локальними регуляторами та ПЛК *ОВЕН*?
- 3) Які оперативні параметри *TPM* використовують при обміні за протоколом *ОВЕН*?
- 4) Який порядок адресації приладів у мережах з протоколом *ОВЕН*?

## **Лабораторна робота 6**

### **ОРГАНІЗАЦІЯ МЕРЕЖНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ПРИСТРОЇВ *ОВЕН***

#### **Завдання підвищеної складності для самостійної роботи**

1) Сконфігуруйте ПО *СМІ-1* та модуль *МВА8* для роботи у складі мережі *СМІ-1* (ведучий, 1) – *МВА8* (ведений, 16) за протоколом *Modbus-RTU* з інтерфейсом *RS-485* (115200, 8-n-1). Налаштуйте приймання значень оперативних параметрів усіх доступних каналів модуля для відображення на панелі.

2) Сконфігуруйте ПО *СМІ-1* та модуль *МВА8* для роботи у складі мережі *СМІ-1* (ведучий, 1) – *МВА8* (ведений, 16) за протоколом *Modbus-ASCII* з інтерфейсом *RS-485* (19200, 8-n-1). Налаштуйте приймання значень оперативних параметрів усіх доступних каналів модуля для відображення на панелі.

3) Сконфігуруйте ПО *СМІ-1* та модуль *МВА8* для роботи у складі мережі *СМІ-1* (ведучий, 1) – *МВА8* (ведений, 16) за протоколом *ОВЕН* з інтерфейсом *RS-485* (9600, 8-n-1). Налаштуйте приймання значень оперативних параметрів усіх доступних каналів модуля для відображення на панелі.

4) Сконфігуруйте ПО *СМІ-1* та модуль *МДВВ-8Р* для роботи у складі мережі *СМІ-1* (ведучий, 1) – *МДВВ-8Р* (ведений, 16) за протоколом *Modbus-RTU* з інтерфейсом *RS-485* (115200, 8-n-1). Налаштуйте приймання значень маски входів модуля для відображення на панелі та можливість групового керування виходами модуля з панелі.

5) Сконфігуруйте ПО *СМІ-1* та модуль *МДВВ-8Р* для роботи у складі мережі *СМІ-1* (ведучий, 1) – *МДВВ-8Р* (ведений, 16) за протоколом *Modbus-RTU* з інтерфейсом *RS-485* (115200, 8-n-1). Налаштуйте приймання значення лічильника на вході модуля для відображення на панелі та можливість керування шпаруватістю виходів модуля з панелі.

6) Сконфігуруйте ПО *СМІ-1* та модуль *МДВВ-8Р* для роботи у складі мережі *СМІ-1* (ведучий, 1) – *МДВВ-8Р* (ведений, 16) за протоколом *ОВЕН* з інтерфейсом *RS-485* (9600, 8-n-1). Налаштуйте можливість керування шпаруватістю виходів модуля з панелі та приймання поточного значення усіх каналів модуля для відображення на панелі.

7) Сконфігуруйте ПО *ИП-320* та модуль *МВА8* для роботи у складі мережі *ИП-320* (ведучий, 1) – *МВА8* (ведений, 16) за протоколом *Modbus-RTU* з інтерфейсом *RS-485* (115200, 8-н-1). Налаштуйте приймання значень оперативних параметрів усіх доступних каналів модуля для відображення на панелі.

8) Сконфігуруйте ПО *ИП-320* та модуль *МВА8* для роботи у складі мережі *ИП-320* (ведучий, 1) – *МВА8* (ведений, 16) за протоколом *Modbus-ASCII* з інтерфейсом *RS-485* (19200, 8-н-1). Налаштуйте приймання значень оперативних параметрів усіх доступних каналів модуля для відображення на панелі.

9) Сконфігуруйте ПО *ИП-320* та модуль *МДВВ-8Р* для роботи у складі мережі *ИП-320* (ведучий, 1) – *МДВВ-8Р* (ведений, 16) за протоколом *Modbus-RTU* з інтерфейсом *RS-485* (115200, 8-н-1). Налаштуйте приймання значень маски входів модуля для відображення на панелі та можливість групового керування виходами модуля з панелі.

10) Сконфігуруйте ПО *ИП-320* та модуль *МДВВ-8Р* для роботи у складі мережі *ИП-320* (ведучий, 1) – *МДВВ-8Р* (ведений, 16) за протоколом *Modbus-RTU* з інтерфейсом *RS-485* (115200, 8-н-1). Налаштуйте приймання значення лічильника на вході модуля для відображення на панелі та можливість керування шпаруватістю виходів модуля з панелі.

11) Сконфігуруйте ПО *ИП-320* та модуль *МДВВ-8Р* для роботи у складі мережі *ИП-320* (ведучий, 1) – *МДВВ-8Р* (ведений, 16) за протоколом *Modbus-ASCII* з інтерфейсом *RS-485* (19200, 8-н-1). Налаштуйте приймання значень маски входів модуля для відображення на панелі та можливість групового керування виходами модуля з панелі.

12) Сконфігуруйте ПО *ИП-320* та модуль *МДВВ-8Р* для роботи у складі мережі *ИП-320* (ведучий, 1) – *МДВВ-8Р* (ведений, 16) за протоколом *Modbus-ASCII* з інтерфейсом *RS-485* (19200, 8-н-1). Налаштуйте приймання значення лічильника на вході модуля для відображення на панелі та можливість керування шпаруватістю виходів модуля з панелі.

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Руководство пользователя по программированию ПЛК в CoDeSys V2.3 – Смоленск : ПК Пролог, 2005, 453 с.
2. Контроллер программируемый логический ОВЕН ПЛК150. Паспорт и руководство по эксплуатации – М. : ОВЕН, 98 с.
3. Конфигурирование области ввода/вывода ПЛК. Руководство пользователя – М. : ОВЕН, 119 с.
4. Измеритель-регулятор микропроцессорный ТРМ101. Руководство по эксплуатации – М. : ОВЕН, 98 с.
5. Модуль ввода аналоговый измерительный МВА8. Руководство по эксплуатации – М. : ОВЕН, 92 с.
6. Модуль дискретного ввода/вывода МДВВ. Паспорт и руководство по эксплуатации – М. : ОВЕН 47 с.
7. Панель оператора ИП320. Паспорт и руководство по эксплуатации – М. : ОВЕН, 22 с.
8. Панель оператора ИП320. Конфигурирование. Руководство пользователя – М. : ОВЕН, 43 с.
9. Панель оператора СМИ-1. Паспорт и руководство по эксплуатации – М. : ОВЕН, 54 с.
10. Преобразователь интерфейсов АС4. Паспорт и руководство по эксплуатации – М. : ОВЕН, 28 с.
11. Преобразователь интерфейсов АС3-М. Паспорт и руководство по эксплуатации – М. : ОВЕН, 24 с.
12. Прикладное программное обеспечение. Конфигуратор СМИ-1. Руководство пользователя – М. : ОВЕН, 44 с.
13. Ел. джерело: <http://www.3S-software.com>.
14. Ел. джерело: <http://www.owen.ru>.

## ЗМІСТ

Вступ .....	3
Лабораторна робота 1. Організація мережної взаємодії панелі оператора <i>СМІ-1</i> та контролера <i>ПЛК150</i> .....	4
Лабораторна робота 2. Організація мережної взаємодії панелі оператора <i>ІІІ-320</i> та контролера <i>ПЛК150</i> .....	16
Лабораторна робота 3. Організація мережної взаємодії модуля <i>МВА</i> та контролера <i>ПЛК150</i> .....	27
Лабораторна робота 4. Організація мережної взаємодії модуля <i>МДВВ</i> та контролера <i>ПЛК150</i> .....	43
Лабораторна робота 5. Організація мережної взаємодії регуляторів серії <i>ТРМ ОВЕН</i> та контролера <i>ПЛК150</i> .....	60
Лабораторна робота 6. Організація мережної взаємодії пристроїв <i>ОВЕН</i> .....	76
Список джерел інформації.....	78
Зміст .....	79

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для проведення лабораторних занять з курсу  
«Мережі автоматизованих систем керування»  
для студентів напряму підготовки 050202  
«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
денної та заочної форм навчання

Укладачі: ТОШИНСЬКИЙ Володимир Ілліч  
ЛИСАЧЕНКО Ігор Григорович  
ЛИТВИНЕНКО Ігор Іванович  
ШУТИНСЬКИЙ Олексій Григорович  
ДЗЕВОЧКО Олександр Михайлович

Відповідальний за випуск В. І. Тошинський

Роботу до видання рекомендувала Н. М. Самойленко

Редактор Ю. І. Гуренко

План 2012 р., поз. 79

Підп. до друку \_\_. \_\_. 12. Формат 60×84 1/16. Папір офсетний.

Друк – ризографія. Гарнітура Times New Roman.

Ум. друк. арк. 4,2. Наклад 100 прим. Зам. № \_\_. Ціна договірна.

---

Видавничий центр НТУ „ХПІ”.

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 3657 від 24.12.2009 р.  
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21.

---

ТОВ "Видавництво" Підручник НТУ "ХПІ".

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 3656 від 24.12.2009 р.  
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21.