

Міністерство освіти і науки України
Івано-Франківський національний університет нафти і газу
Інститут інформаційних технологій
Кафедра інформаційно-телекомунікаційних технологій та систем

Дідоха Артур Андрійович

(прізвище, ім'я, по-батькові)

УДК 681.516
(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

«Апаратно-програмне забезпечення лабораторного практикуму
«Програмне та технічне забезпечення промислових комунікацій»»
(назва роботи)

Системна інженерія - Інтернет речей

(назва освітньої програми)

151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(шифр і назва спеціальності)

Робота містить результати власних досліджень, використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело:

Здобувач освітнього ступеня _____ **А. А. Дідоха**
(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник _____ **М. Я. Николайчук к.т.н., доцент кафедри ІТТС**

(підпис, прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання керівника)

Допущено до захисту
Завідувач кафедри

д.т.н., професор _____ Л. М. Заміховський
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут Інформаційних технологій

Кафедра Інформаційно-телекомунікаційних технологій та систем

Освітній рівень бакалавр

Спеціальність 151 «Автоматизація та ком'ютерно-інтегровані технології»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІТТС

д.т.н., проф. Заміховський Л.М

« ___ » _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Дідосі Артуру Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи «Апаратно-програмне забезпечення лабораторного практикуму «Програмне та технічне забезпечення промислових комунікацій»»
керівник роботи Николайчук М. Я. к.т.н., доцент кафедри ІТТС.
затверджена наказом закладу вищої освіти від «05» травня 2025 року №281/7.
2. Строк подання студентом роботи 24.06.2025
3. Вихідні дані до роботи: Середовище розробки TIA PORTAL; PLC Simatic S7-1200, комунікація – PROFINET/Industrial Ethernet, Інструментарій роботи з мережевими пристроями Simatic S7 – програмне забезпечення. SIMATIC AUTOMATION TOOL.
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
 - 1) ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОМИСЛОВОЇ КОМУНІКАЦІЇ НА ОСНОВІ «OPEN USER COMMUNICATION».
 - 2) АПАРАТНО-ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАКТИКУМУ «ПРОГРАМНЕ ТА ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ КОМУНІКАЦІЙ».
 - 3) ІНСТРУМЕНТАРІЙ «SIMATIC AUTOMATION TOOL» ДЛЯ ПАРАМЕТРУВАННЯ І ДІАГНОСТИКИ PLC.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
1. Організація TCP «Open User Communication» між двома PLC S7-1200. 2. Апаратна конфігурація проекту на базі PLC S7-1200. 3. Комунікаційна програмна інструкція TDEND_C для передачі даних з PLC. 4. Комунікаційна програмна інструкція TRECVC для прийому даних в PLC. 5. Блоки даних PLC з переданими і прийнятими даними визначеного формату. 6. Інтерфейс програмного забезпечення «SIMATIC Automation Tool».
6. Дата видачі завдання 20.02.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Організація промислової комунікації на основі «Open User Communication»	01.04.2025	виконано
2	Апаратно-програмне забезпечення практикуму «програмне та технічне забезпечення промислових комунікацій»	20.05.2025	виконано
3	Інструментарій «Imatic Automation Tool» для параметрування і діагностики plc	01.06.2025	виконано
4	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини.	20.06.2025	виконано

Студент

(підпис)

А. А. Дідоха

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

М. Я. Николайчук

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дідоха А. А. «Апаратно-програмне забезпечення лабораторного практикуму «Програмне та технічне забезпечення промислових комунікацій»»

ІФНТУНГ, 2025. 48 с.

Бакалаврська робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за освітньо-професійною програмою «Системна інженерія – Інтернет речей», спеціальності 151 - «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Івано-Франківський національний університет нафти і газу. Івано-Франківськ, 2025.

Розроблено апаратно-програмне та методичне забезпечення лабораторного практикуму «Програмне та технічне забезпечення промислових комунікацій».

Виконано конфігурування, параметрування і налагодження комунікаційного середовища проекту. Розроблено прикладне програмне забезпечення і виконано симуляцію обміну даними між двома PLC.

Наведено приклад адаптованої до практикуму інструкції із застосування програмного пакету «SIMATIC Automation Tool» для ідентифікації, параметрування, діагностики і обслуговування мережевих пристроїв Simatic S7.

Ключові слова: АВТОМАТИЗАЦІЯ, СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ, ПРОМИСЛОВІ КОМУНІКАЦІЇ, PLC, HMI, PROFINET, СИМУЛЯЦІЯ PLC.

ANNOTATION

Didoha A. A. «Hardware and software of the laboratory practicum «Software and Technical Support of Industrial Communications»».
IFNTUOG, 2025. 48 pages.

Bachelor's thesis submitted for the Bachelor's Degree in the educational and professional program «System Engineering – Internet of Things», specialty 151 – «Automation and Computer-Integrated Technologies». Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas. Ivano-Frankivsk, 2025.

Hardware, software, and methodological support for the laboratory practicum «Software and Technical Support of Industrial Communications» has been developed.

Configuration, parameterization, and commissioning of the project's communication environment have been completed. Application software was developed and a simulation of data exchange between two PLCs was carried out.

An example of a practice-oriented instruction adapted for using the SIMATIC Automation Tool software package for identification, parameterization, diagnostics, and maintenance of Simatic S7 network devices is provided.

Keywords: AUTOMATION, CONTROL SYSTEMS, INDUSTRIAL COMMUNICATIONS, PLC, HMI, PROFINET, PLC SIMULATION.

РЕФЕРАТ

Розрахункова-пояснювальна записка: 48 с., 32 рисунки, 4 табл., 14 джерел.

Актуальність роботи – полягає у потребі при підготовці здобувачів за відповідними освітніми програмами застосування в навчальному процесі кафедри новітнього апаратно-програмного забезпечення та інформаційних технологій.

Мета роботи – створення апаратно-програмного та методичного забезпечення лабораторного практикуму «Програмне та технічне забезпечення промислових комунікацій» на базі обладнання Simatic S7.

Об'єктом дослідження є інформаційні процеси в промислових комунікаційних мережах на основі протоколів TCP «Open User Communication».

Розроблено конфігурацію апаратних засобів для лабораторного практикуму на основі PLC S7-1200, виконано параметрування і налагодження комунікаційного середовища проекту. Розроблено прикладне програмне забезпечення для обміну даними між двома PLC на основі протоколу TCP «Open User Communication».

Наведено приклад адаптованої до практикуму інструкції із застосування програмного пакету «SIMATIC Automation Tool» для ідентифікації, параметрування, діагностики і обслуговування мережевих пристроїв Simatic S7 на основі PROFINET.

Практичне значення роботи полягає у розробленні апаратно-програмного та методичного забезпечення лабораторного практикуму «Програмне та технічне забезпечення промислових комунікацій» з можливістю виконувати практикум з використанням середовища розробки TIA Portal і симулятора PLCSIM.

ЗМІСТ

	с.
ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ	7
ВСТУП	8
1 ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОМИСЛОВОЇ КОМУНІКАЦІЇ НА ОСНОВІ	
«OPEN USER COMMUNICATION»	9
1.1 Комунікаційні протоколи Ethernet для PLC Simatic S7-1200	9
1.2 Конфігурації комунікації на основі TCP Open User Communication	12
1.3 Параметрування комунікаційних з'єднань PLC S7-1200	13
1.4 Комунікаційні програмні інструкції TSEND_C і TRCV_C	14
2 АПАРАТНО-ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАКТИКУМУ	
«ПРОГРАМНЕ ТА ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	
ПРОМИСЛОВИХ КОМУНІКАЦІЙ»	18
2.1 Організація обміну даними між PLC S7-1200	
на основі TCP Open User Communication	18
2.2 Методика виконання лабораторного практикуму	19
2.3 Симуляція проекту в симуляторі PLCSIM в режимі «on-line»	27
3 ІНСТРУМЕНТАРІЙ «SIMATIC AUTOMATION TOOL»	
ДЛЯ ПАРАМЕТРУВАННЯ І ДІАГНОСТИ PLC	30
3.1 Робота з мережевими функціями	30
3.2 Розширена функціональність «SIMATIC Automation Tool»	33
3.3 Діагностика мережевих пристроїв	39
ВИСНОВКИ	44
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА	45

					КРБ.СІ – 02.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	Апаратно-програмне забезпечення лабораторного практикуму «Програмне та технічне забезпечення промислових комунікацій» Пояснювальна записка	Літ	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Дідоха				Н	6	48
Перев.		Николайчук				ІФНТУНГ, СІ-21-1		
Н.контр.		Возний						
Затв.		Заміховський						

**ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК, ОДИНИЦЬ І
ВИМІРІВ**

PG/PC	Programator/Personal Computer
PLC	Programmable Logic Controller
CPU	Central Processing Unit
SM	Signal Module
CM	Communication Module
CP	Communication Processor
TIA Portal	Totally Integration Automation Portal
HMI	Human Machine Interface
PROFINET	Промислова комунікаційна мережа
OUC	Open User Communication
DCP	Discovery and Configuration Protocol
FBD	Fuction Block Diagramm

					КРБ.СІ - 02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		7

ВСТУП

Актуальність теми полягає у потребі при підготовці здобувачів за відповідними освітніми програмами застосування в навчальному процесі кафедри новітнього апаратно-програмного забезпечення та інформаційних технологій.

Метою роботи є створення апаратно-програмного забезпечення лабораторного практикуму «Програмне та технічне забезпечення промислових комунікацій» на базі обладнання Simatic S7.

Завдання розробки – апаратно-програмне та методичне забезпечення лабораторного практикуму «Програмне та технічне забезпечення промислових комунікацій».

Об'єктом дослідження є інформаційні процеси в промислових комунікаційних мережах на основі протоколів TCP «Open User Communication».

Розроблено конфігурацію апаратних засобів для лабораторного практикуму на основі PLC S7-1200, виконано параметрування і налагодження комунікаційного середовища проекту. Розроблено прикладне програмне забезпечення для обміну даними між двома PLC на основі протоколу TCP «Open User Communication».

Наведено приклад інструкції із застосування програмного пакету «SIMATIC Automation Tool» для ідентифікації, параметрування, діагностики і обслуговування мережевих пристроїв Simatic S7 на основі PROFINET.

Практичне значення роботи полягає у розробленні апаратно-програмного та методичного забезпечення лабораторного практикуму «Програмне та технічне забезпечення промислових комунікацій» з можливістю виконувати практикум з використанням середовища розробки TIA Portal і симулятора PLCSIM.

Особистим внеском здобувача є опрацювання технічної документації, адаптація проекту до задач лабораторного практикуму, тестування апаратно-програмного забезпечення і розроблення частини прикладного програмного забезпечення практикуму.

					КРБ.СІ - 02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		8

1 ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОМИСЛОВОЇ КОМУНІКАЦІЇ НА ОСНОВІ «OPEN USER COMMUNICATION»

1.1 Комунікаційні протоколи Ethernet для PLC Simatic S7-1200

PLC Simatic S7-1200 підтримує наступні протоколи через комунікаційну мережу Ethernet (табл. 1.1) [1, 2]:

- Transmission Control Protocol (TCP);
- ISO on TCP (RFC 1006);
- User Datagram Protocol (UDP).

Таблиця 1.1 - Протоколи та інструкції з комунікації для кожного

Протокол	Приклади використання	Ввід даних в область приймання	Комунікаційні інструкції	Тип адреси
TCP	Комунікація CPU-CPU	Режим ADHOC	TSEND_C, TSEND, TRCV_C, TRCV	Призначає номери портів Локальний (активний) і Партнерські (пасивні) пристрої
Data Reception with Specified Length	TSEND_C, TRCV_C, TSEND, TRCV	-	-	-
ISO on TCP	Комунікація CPU-CPU Фрагментація та повторна збірка даних	Режим ADHOC	TSEND_C, TSEND, TRCV_C, TRCV	Призначає TSAP для Локальні (активні) та Партнерські (пасивні)
UDP	Комунікація CPU-CPU Комунікаційні програми користувача	User Datagram Protocol	TUSEND, TURCV	Призначає номери портів для Локальні (активні) та Партнерські (пасивні)
S7 Communication	Комунікація CPU-CPU ввід-вивід CPU	Передача даних і прийом з визначеною довжиною	GET та PUT	Призначає TSAP для Локальні (активні) та Партнерські (пасивні)
PROFINET IO	CPU-to-PROFINET Комунікація пристрою вводу-виводу	Передача даних і прийом з визначеною довжиною	Вбудований	Вбудований

					КРБ.СІ - 02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		
					9	

Для розроблення апаратно-програмного забезпечення лабораторного практикуму «Програмне та технічне забезпечення промислових комунікацій» вибрано один з протоколів «Open User Communication», що підтримуються PLC Simatic S7-1200, а саме TCP, як один з найпоширеніших.

1.1.1 Протоколи TCP та ISO-on-TCP

Протокол управління передачею даних TCP - стандартний протокол, визначений у стандарті RFC 793. Основною задачею протоколу TCP є забезпечення надійної та безпечної комунікації, в тому числі між PLC. Комунікаційний протокол TCP має наступну функціональність:

- ефективний протокол зв'язку, оскільки він тісно пов'язаний з апаратним забезпеченням;
- підходить для середніх і великих обсягів даних (до 8192 байтів);
- забезпечує значно більше можливостей для застосування, зокрема, обробку помилок, керування потоком та надійність;
- протокол, орієнтований на з'єднання;
- можна гнучко використовувати з іншими системами і апаратно-програмними засобами, які підтримують TCP;
- можливість маршрутизації;
- застосовуються лише статичні довжини даних;
- повідомлення підтверджуються;
- комунікація за допомогою номерів портів;
- більшість протоколів користувацьких програм, таких як TELNET і FTP, використовують TCP;
- необхідні навички програмування для керування даними через SEND/RECEIVE інтерфейси програмування.

Використовуючи точки доступу до служб транспорту (TSAP), протокол TCP дозволяє використовувати кілька з'єднань до однієї IP-адреси (до 64К з'єднань) [4]. За допомогою RFC 1006 TSAP однозначно ідентифікуються з'єднання цих кінцевих точок зв'язку з IP-адресою.

					КРБ.СІ - 02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		10

1.1.2 Режими роботи TCP Open User Communication

PLC S7-1200 підтримує протоколи, наведені в табл. 1.1. Для кожного протоколу, PLC призначає параметри адреси, відповідний рівень зв'язку, а також роль комунікацій та напрямок комунікацій. Ця інформація дозволяє узгодити заходи безпеки для захисту систем автоматизації до використовуваних протоколів [3].

Режим **АДНОС**. Як правило, протоколи TCP та ISO-on-TCP отримують пакети даних визначеної довжини, від 1 до 8192 байт. Проте програмні інструкції TRCV_C і TRCV_C також надають «спеціальний» режим комунікації, який може приймати пакети даних змінної довжини від 1 до 1472 байтів. Якщо зберігати дані в оптимізованому блоці даних «Optimization DB», можна отримувати дані тільки в масиви форматів даних Byte, Char, USInt і SInt.

Наприклад: Якщо потрібно отримати п'ять 100 байтових пакетів одним викликом, TCP буде доставляти ці п'ять пакетів як один 500-байтовий пакет, а ISO-on-TCP буде реструктурувати пакети на п'ять 100-байтових пакетів.

1.1.3 Ідентифікатори комунікаційного з'єднання для команд

Коли записуються програмні інструкції TSEND_C, TRCV_C або TCON PROFINET програма STEP 7 створює екземпляр DB для налаштування каналу зв'язку (або з'єднання між пристроями).

Параметри ідентифікатора з'єднання:

- ідентифікатор з'єднання повинен бути унікальним для PLC. Кожне підключення, яке створюється, має мати інший DB та ідентифікатор з'єднання;
- локальний процесор і центральний процесор можуть використовувати той самий ідентифікаційний номер з'єднання ,але при цьому ідентифікаційні номери з'єднання не потрібні. Ідентифікаційний номер з'єднання відповідає лише інструкціям PROFINET у прикладній програмі;
- можна використовувати будь-який номер для ідентифікатора з'єднання PLC. Однак налаштування ідентифікатора з'єднання послідовно з «1» надають простий спосіб відстеження кількості пристроїв, які використовуються.

					КРБ.СІ - 02.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

1.2 Конфігурації комунікації на основі TCP Open User Communication

Зв'язок між двома PLC, які використовують два окремі з'єднання для передачі і прийому даних (рис. 1.1):

- інструкція TSEND_C в CPU_1 посилається на TRCV_C в CPU_2 за першим з'єднанням ("ID з'єднання 1" на обох CPU_1 і CPU_2);

- інструкція TRCV_C в CPU_1 посилається на TSEND_C в CPU_2 за другим з'єднанням ("ID з'єднання 2" на обох CPU_1 і CPU_2).

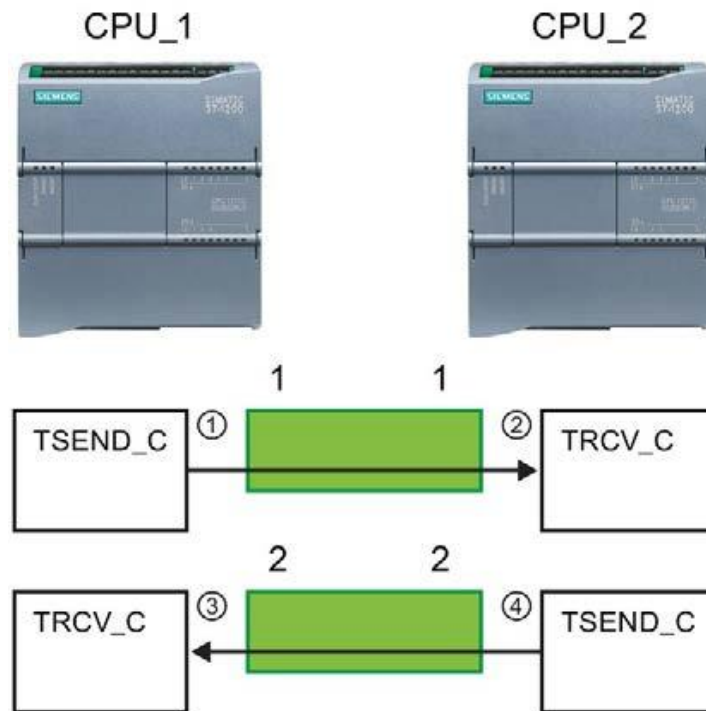


Рисунок 1.1 – Комунікація між двома PLC S7-1200

Порядок з'єднання двох PLC:

1) TSEND_C на CPU_1 створює з'єднання та призначає ідентифікатор з'єднання до цього з'єднання (ID з'єднання 1 для CPU_1);

2) TRCV_C на CPU_2 створює з'єднання для CPU_2 і призначає ID з'єднання (ідентифікатор з'єднання 1 для CPU_2);

3) TRCV_C на CPU_1 створює з'єднання для CPU_1 і призначає інший ідентифікатор для цього з'єднання (ідентифікатор з'єднання 2 для CPU_1);

4) TSEND_C на CPU_2 створює друге з'єднання і призначає інший ID з'єднання для цього з'єднання (ідентифікатор з'єднання 2 для CPU_2).

					КРБ.СІ - 02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		12

1.3 Параметрування комунікаційних з'єднань PLC S7-1200

Структура блоку даних DB, що відповідає за комунікацію TCON_Param визначає параметри протоколів TCP, ISO-on-TCP та UDP (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 Структура DB TCON_Param для комунікаційного з'єднання

Byte	Parameter and data type		Description
0 ... 1	block_length	UInt	Length: 64 bytes (fixed)
2 ... 3	id	CONN_OUC (Word)	Reference to this connection: Range of values: 1 (default) to 4095. Specify the value of this parameter for the TSEND_C, TRCV_C or TCON instruction under ID.
4	connection_type	USInt	Connection type: <ul style="list-style-type: none"> • 17: TCP (default) • 18: ISO-on-TCP • 19: UDP
5	active_est	Bool	ID for the type of connection: <ul style="list-style-type: none"> • TCP and ISO-on-TCP: <ul style="list-style-type: none"> - FALSE: Passive connection - TRUE: Active connection (default) • UDP: FALSE
6	local_device_id	USInt	ID for the local PROFINET or Industrial Ethernet interface: 1 (default)
7	local_tsap_id_len	USInt	Length of parameter local_tsap_id used, in bytes; possible values: <ul style="list-style-type: none"> • TCP: 0 (active, default) or 2 (passive) • ISO-on-TCP: 2 to 16 • UDP: 2
8	rem_subnet_id_len	USInt	This parameter is not used.
12 ... 27	local_tsap_id	Array [1..16] of Byte	Local address component of connection: <ul style="list-style-type: none"> • TCP and ISO-on-TCP: local port no. (possible values: 1 to 49151; recommended values: 2000...5000): <ul style="list-style-type: none"> - local_tsap_id[1] = high byte of port number in hexadecimal notation; - local_tsap_id[2] = low byte of port number in hexadecimal notation; - local_tsap_id[3-16] = irrelevant • ISO-on-TCP: local TSAP-ID: <ul style="list-style-type: none"> - local_tsap_id[1] = B#16#E0; - local_tsap_id[2] = rack and slot of local end points (bits 0 to 4: slot number, bits 5 to 7: rack number); - local_tsap_id[3-16] = TSAP extension, optional • UDP: This parameter is not used. <p>Note: Make sure that every value of local_tsap_id is unique within the CPU.</p>
28 ... 33	rem_subnet_id	Array [1..6] of USInt	This parameter is not used.
34 ... 39	rem_staddr	Array [1..6] of USInt	TCP and ISO-on-TCP only: IP address of the partner end point. (Not relevant for passive connections.) For example, IP address 192.168.002.003 is stored in the following elements of the array: <ul style="list-style-type: none"> rem_staddr[1] = 192 rem_staddr[2] = 168 rem_staddr[3] = 002 rem_staddr[4] = 003 rem_staddr[5-6] = irrelevant
40 ... 55	rem_tsap_id	Array [1..16] of Byte	Partner address component of connection <ul style="list-style-type: none"> • TCP: partner port number. Range: 1 to 49151; Recommended values: 2000 to 5000): <ul style="list-style-type: none"> - rem_tsap_id[1] = high byte of the port number in hexadecimal notation - rem_tsap_id[2] = low byte of the port number in hexadecimal notation; - rem_tsap_id[3-16] = irrelevant • ISO-on-TCP: partner TSAP-ID: <ul style="list-style-type: none"> - rem_tsap_id[1] = B#16#E0 - rem_tsap_id[2] = rack and slot of partner end point (bits 0 to 4: Slot number, bits 5 to 7: rack number) - rem_tsap_id[3-16] = TSAP extension, optional • UDP: This parameter is not used.
56 ... 61	next_staddr	Array [1..6] of Byte	This parameter is not used.
62 ... 63	spare	Word	Reserved: W#16#0000

1.4 Комунікаційні програмні інструкції TSEND_C і TRCV_C

Програмна інструкція TSEND_C поєднує функції інструкцій TCON, TDISCON і TSEND. Інструкція TRCV_C поєднує функції інструкцій TCON, TDISCON і TRCV.

Мінімальний розмір даних, які можна передати (TSEND_C) або отримати (TRCV_C) - це один байт; максимальний розмір – 8192 байти. TSEND_C не підтримує передачу булевих типів даних, а TRCV_C не може отримувати булеві типи дани (табл. 1.3).

TSEND_C встановлює TCP або ISO-on-TCP підключення, передає дані і може припинити з'єднання. Після встановлення з'єднання або автоматичного встановлення, з'єднання підтримується та контролюється PLC (рис. 1.2) [5].



Рисунок 1.2 – Програмна інструкція для передачі даних TSEND_C

Програмна інструкція TRCV_C встановлює комунікаційне з'єднання TCP або ISO-on-TCP з PLC, приймає дані і може припинити з'єднання (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Програмна інструкція для прийому даних TRCV_C

Таблиця 1.3 Типи даних для параметрів TSEND_C і TRCV_C

Parameter and type		Data type	Description
REQ (TSEND_C)	IN	Bool	Starts the send job on a rising edge
EN_R (TRCV_C)	IN	Bool	Receive enable
CONT	IN	Bool	Controls the communication connection: <ul style="list-style-type: none"> 0: Disconnect the communication connection after data is sent. 1: Establish and maintain the communication connection. When sending data (TSEND_C) (rising edge at the REQ parameter) or receiving data (TRCV_C) (rising edge at the EN_R parameter), the CONT parameter must have the value TRUE in order to establish or maintain a connection.
LEN	IN	UDInt	Optional parameter (hidden) Maximum number of bytes to be sent (TSEND_C) or received (TRCV_C) with the job. If you use purely symbolic values at the DATA parameter, the LEN parameter must have the value "0".
ADHOC (TRCV_C)	IN	Bool	Optional parameter (hidden) Ad hoc mode request for connection type TCP.
CONNECT	IN_OUT	TCON_Param	Pointer to the connection description: <ul style="list-style-type: none"> For TCP or UDP, use the structure TCON_IP_v4. For further information on TCON_IP_v4, refer to: "Parameters for the PROFINET connection" (Page 792). For TCP, using secure communication, use the structure TCON_IP_V4_SEC. For further information on TCON_IP_V4_SEC, refer to: "Parameters for the PROFINET connection" (Page 792). For ISO-on-TCP, use the structure TCON_IP_RFC. For further information on TCON_IP_RFC, refer to: "Parameters for the PROFINET connection" (Page 792). The CONNECT parameter is only evaluated upon a positive edge at REQ (TSEND_C), when connection establishment starts (TRCV_C), or when COM_RST = 1.
DATA	IN_OUT	VARIANT	Pointer to the send area containing: <ul style="list-style-type: none"> Address and length of data to be sent (TSEND_C) Address and maximum length of received data (TRCV_C)
ADDR	IN_OUT	VARIANT	Optional parameter (hidden) Pointer to the address of the recipient with the connection type UDP. The address information is mapped in the structure TADDR_Param ###.
COM_RST	IN_OUT	Bool	Optional parameter (hidden) Restarts the instruction: <ul style="list-style-type: none"> 0: Irrelevant 1: Completely restarts the instruction; the existing connection is either terminated or reset and established again in accordance with CONT. The COM_RST parameter is reset after evaluation by the TSEND_C or TRCV_C instruction and should not, therefore, be switched statically.
DONE	OUT	Bool	Status parameter with the following values: <ul style="list-style-type: none"> 0: Send job not yet started or is still executing. 1: Send job executed without errors. This state is only displayed for one cycle.
BUSY	OUT	Bool	Status parameter with the following values: <ul style="list-style-type: none"> 0: Send job not yet started or already completed. 1: Send job not yet completed. A new send job cannot be started.

Програмна Інструкція TSEND_C виконується асинхронно і реалізує наступні функції:

1) Налаштування та встановлення комунікаційного з'єднання. TSEND_C встановлює комунікаційне з'єднання при дозволяючому сигналі на вході REQ. Після встановлення, з'єднання автоматично підтримується і контролюється PLC. Параметри комунікаційного з'єднання визначені на вході CONNECT використовуються для налаштування зв'язку.

Існуюче з'єднання припиняється, а встановлене з'єднання - видаляється, якщо PLC переходить в режим STOP.

2) Передача даних через існуюче з'єднання. Завдання відправки виконується, коли на вході REQ сканується позитивний фронт сигналу. спочатку встановлюється комунікаційне з'єднання. Вказується область передачі з параметром DATA (див. табл. 1.3). Це включає адресу та довжину даних для передачі. Не можна використовувати область даних з типом даних BOOL або масивом BOOL в параметрі DATA. За допомогою параметра LEN вказується максимальна кількість байтів для передачі. Якщо використовується символічне ім'я за параметром DATA, LEN параметр повинен мати значення "0". Дані, які потрібно передати не можна змінювати до завершення передачі.

3) Розірвання комунікаційного з'єднання. Комунікаційний зв'язок розривається після передачі даних, якщо CONT параметр має значення «0» під час додатнього фронту на вході REQ. В іншому випадку комунікаційне з'єднання буде підтримуватися. Якщо завдання передачі даних виконано успішно, параметр DONE встановлюється в «1». Стан сигналу «1» в параметрі DONE не є підтвердження того, що дані, які було надіслано, вже були прочитані комунікаційним партнером. TSEND_C скидається, якщо для параметра COM_RST встановлено значення «1».

Програмна інструкція TRCV_C виконується асинхронно і реалізує функції:

1) Налаштування та встановлення зв'язку. TRCV_C встановлює комунікаційне з'єднання, якщо параметр EN_R=«1» і немає зв'язку. Для з'єднання використовуються параметри, вказані CONNECT.

					КРБ.СІ - 02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		16

Існуюче з'єднання припиняється, а встановлене з'єднання - видаляється, якщо PLC переходить в режим STOP. Для налаштування та встановлення нового з'єднання, потрібно виконати TRCV_C з EN_R=«1».

Якщо параметр EN_R встановлено на «0», перш ніж буде встановлено комунікаційне з'єднання, з'єднання буде встановлено і буде підтримуватись, навіть якщо CONT=«0». При цьому, дані не будуть прийняті (параметр DONE залишиться в «0»).

2) Прийом даних через існуюче комунікаційне з'єднання. Прийом даних активовано, якщо параметр EN_R встановлено в «1». Як описано вище, спочатку встановлюється комунікаційне з'єднання. Довжина області прийому визначається за допомогою параметра LEN.

3) Розірвання комунікаційного з'єднання. Комунікаційне з'єднання припиняється після отримання даних, якщо параметр CONT мав значення «0», при встановленні з'єднання. В іншому випадку комунікаційне з'єднання буде підтримуватися. Якщо завдання прийому успішно виконано, параметр DONE встановлюється в «1». TRCV_C скидається, коли встановлено в «1» параметр COM_RST.

Через асинхронну обробку програмної інструкції TSEND_C дані потрібно зберігати у відправника. Для TSEND_C стан TRUE для параметра DONE означає, що дані були передані успішно (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 - Інструкції параметрів BUSY, DONE і ERROR

BUSY	DONE	ERROR	Стан параметру
1	0	0	Обробляється задача передачі даних
0	1	0	Передача даних виконана успішно
0	0	1	Встановлено комунікаційне з'єднання, Передача даних завершена з помилкою. Причина помилки вказанв в параметрі STATUS.
0	0	0	Не було призначено жодного нового завдання на передачу даних.

PLC S7-1200 має порт PROFINET і підтримує комунікаційні програмні інструкції TSEND_C і TRCV_C, на основі яких і розроблено лабораторний практикум «Програмне та технічне забезпечення промислових комунікацій».

2 АПАРАТНО-ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАКТИКУМУ «ПРОГРАМНЕ ТА ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ КОМУНІКАЦІЙ»

2.1 Організація обміну даними між PLC S7-1200 на основі TCP Open User Communication

Мета лабораторного практикуму

Створювати, конфігурувати, параметрувати і програмувати проекти для організації обміну даними між компонентами розподіленої системи управління на основі TCP Open User TCP communication [4].

Завдання лабораторного практикуму

- 1) виконати інсталяцію TIA Portal (STEP 7 Professional і PLCSIM);
- 2) створити проект на базі двох PLC S7-1200;
- 3) виконати конфігурацію апаратних засобів проекту;
- 4) виконати параметрування апаратних засобів проекту;
- 5) налагодити комунікацію між PG/PC і PLCSIM;
- 6) створити прикладну програму на мові FBD (Function Block Diagram) стандарту IEC 61131-3;
- 7) створити блок даних DB з визначеною структурою і форматами даних, що підлягають передачі між двома PLC;
- 8) організувати TCP Open TCP Communication між двома PLC з обміном даними у визначених форматах;
- 9) виконати тестування проекту в симуляторах PLCSIM в режимі «run-time».

					КРБ.СІ - 02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		18

2.2 Методика виконання лабораторного практикуму

1) Створити комунікаційне з'єднання між PLC_1_SEND і PLC_2_RECV використовуючи мережу PROFINET/Industrial Ethernet_1 (рис. 2.1) [5].

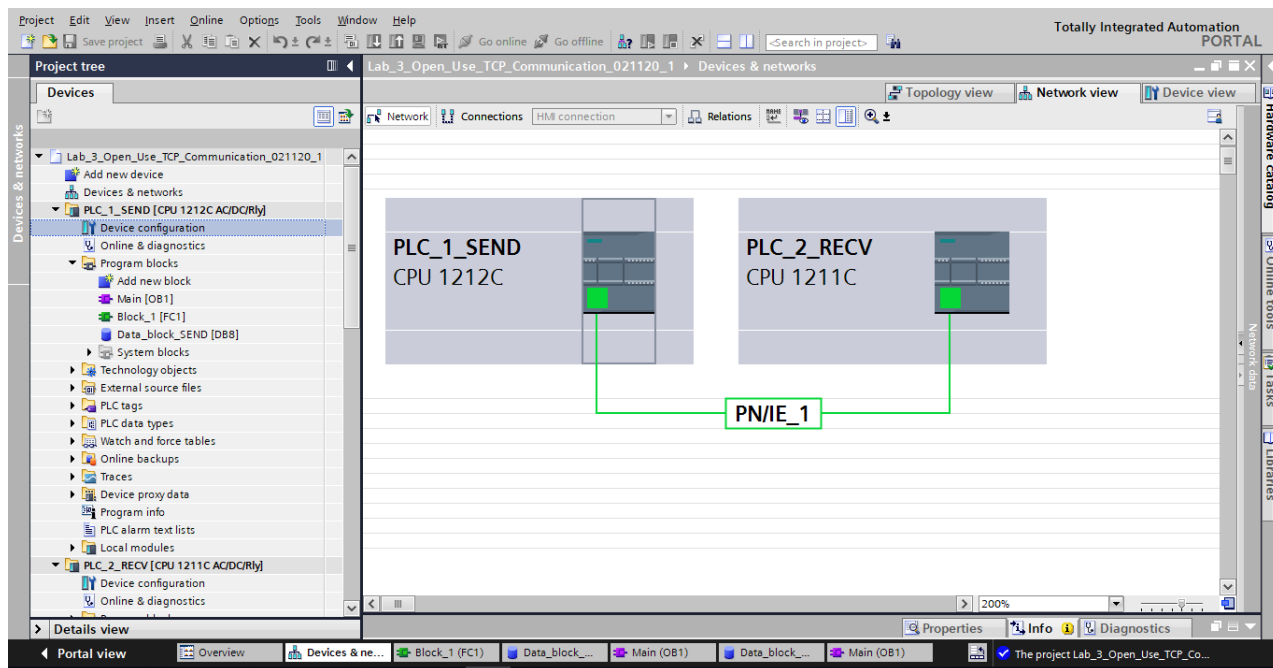


Рисунок 2.1 – Комунікаційне з'єднання між PLC_1 і PLC_2 використовуючи мережу PROFINET/Industrial Ethernet_1

2) Параметрувати PLC_1_SEND та PLC_2_RECV в меню «Properties» (рис. 2.2).

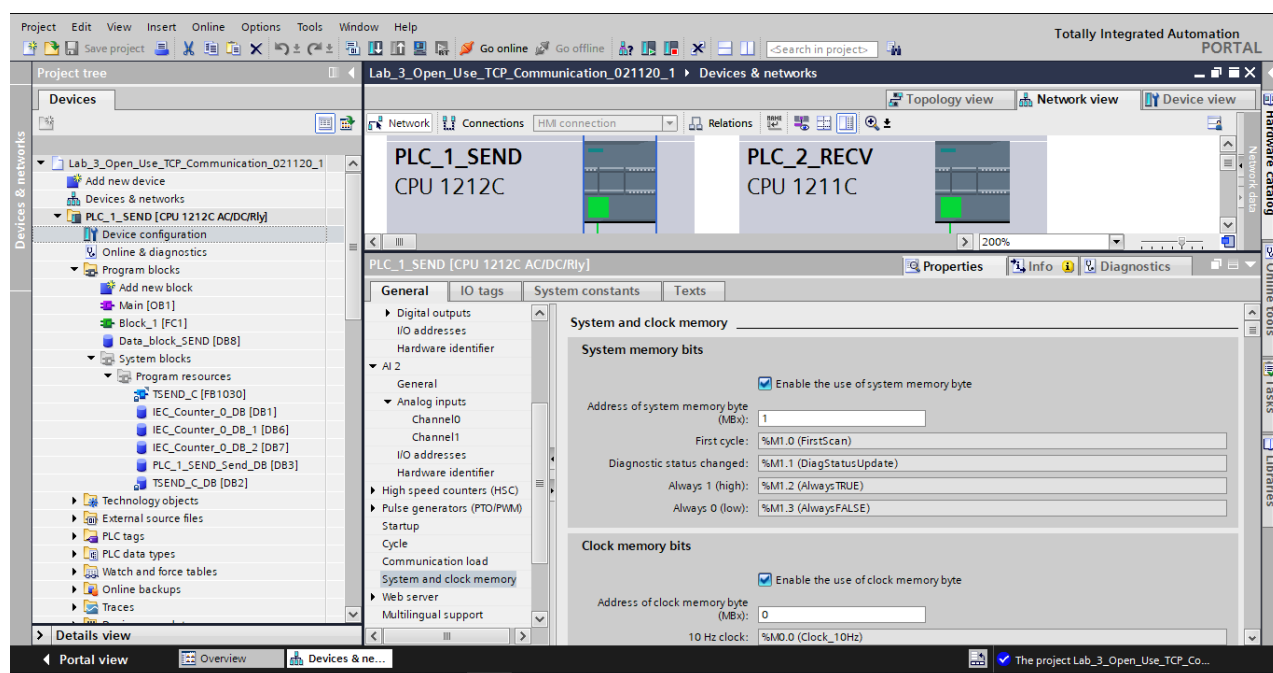


Рисунок 2.2 - Параметрувати PLC_1_SEND та PLC_2_RECV в меню «Properties»

3) Вставити в дереві проекту функцію «FC1» і блок даних «DB8» в папці «Program blocks» використавши команду «Add new block» (рис. 2.3).

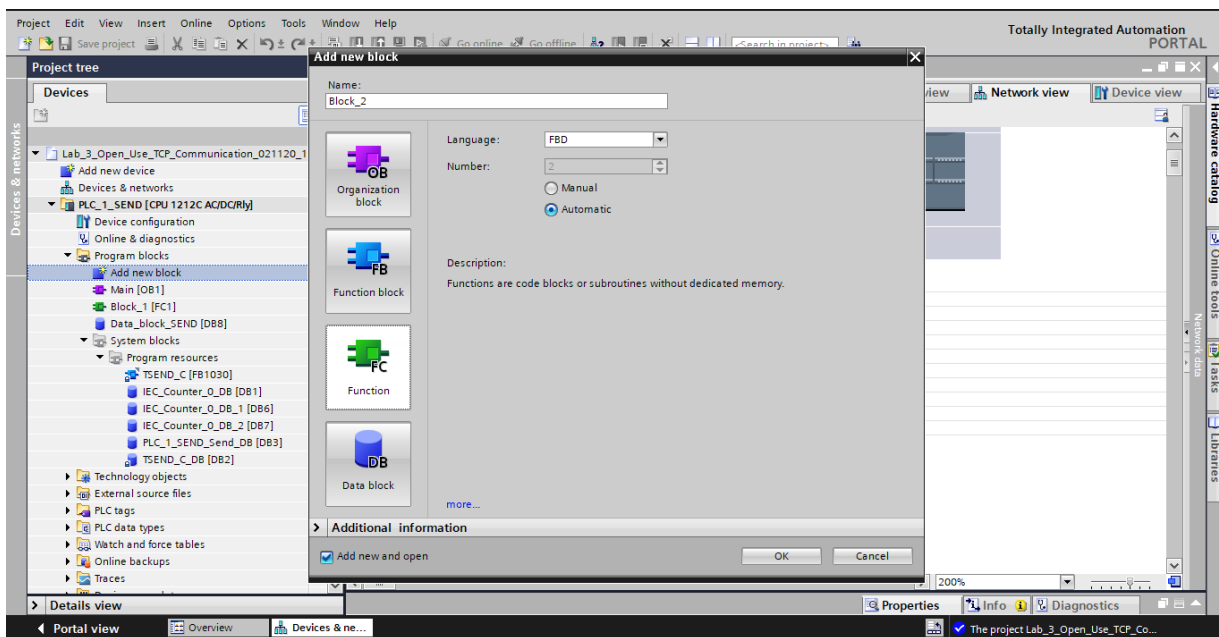


Рисунок 2.3 - Установка функції «FC1» і блок даних «DB8» в папці «Program blocks» використавши команду «Add new block»

Провести налаштування глобальних блоків даних «DB» в параметрі «Attributes» без опції «Optimized block access» для PLC_1_SEND (рис. 2.4).

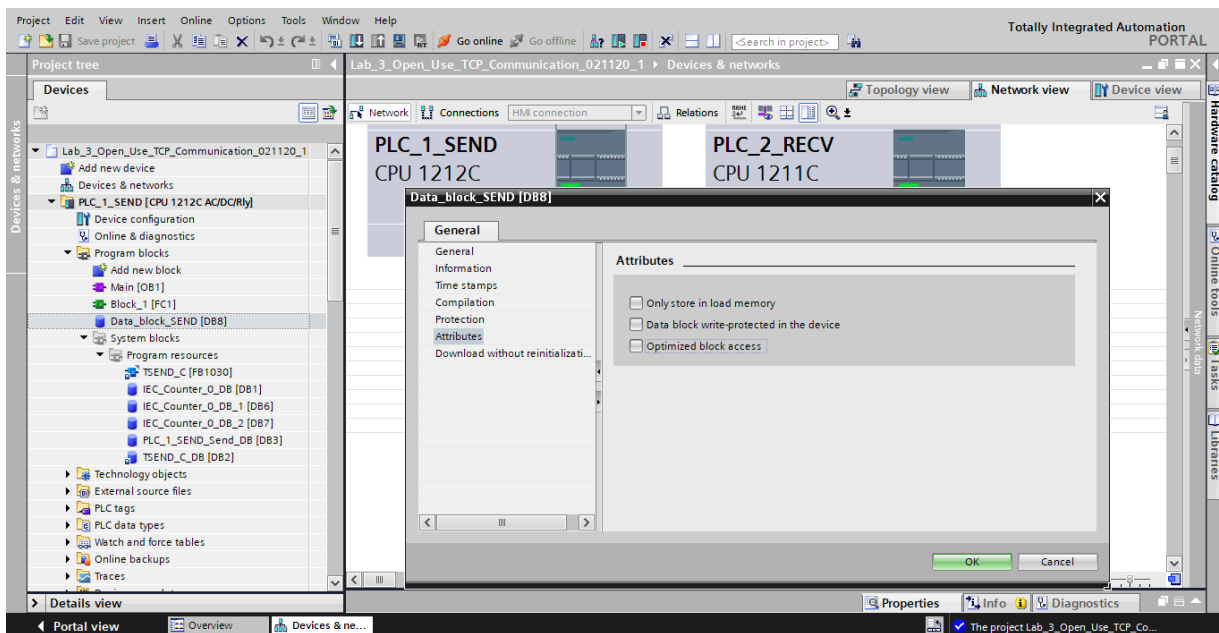


Рисунок 2.4 - Налаштування глобальних блоків даних «DB» в параметрі «Attributes» без опції «Optimized block access» для PLC_1_SEND

Такі ж операції провести для PLC_2_RECV.

4) Відкрити глобальні блоки даних «DB» в дереві проекту для PLC_1_SEND та PLC_2_RECV, а також створити для них структуру даних з визначеним форматом (рис. 2.5) [6].

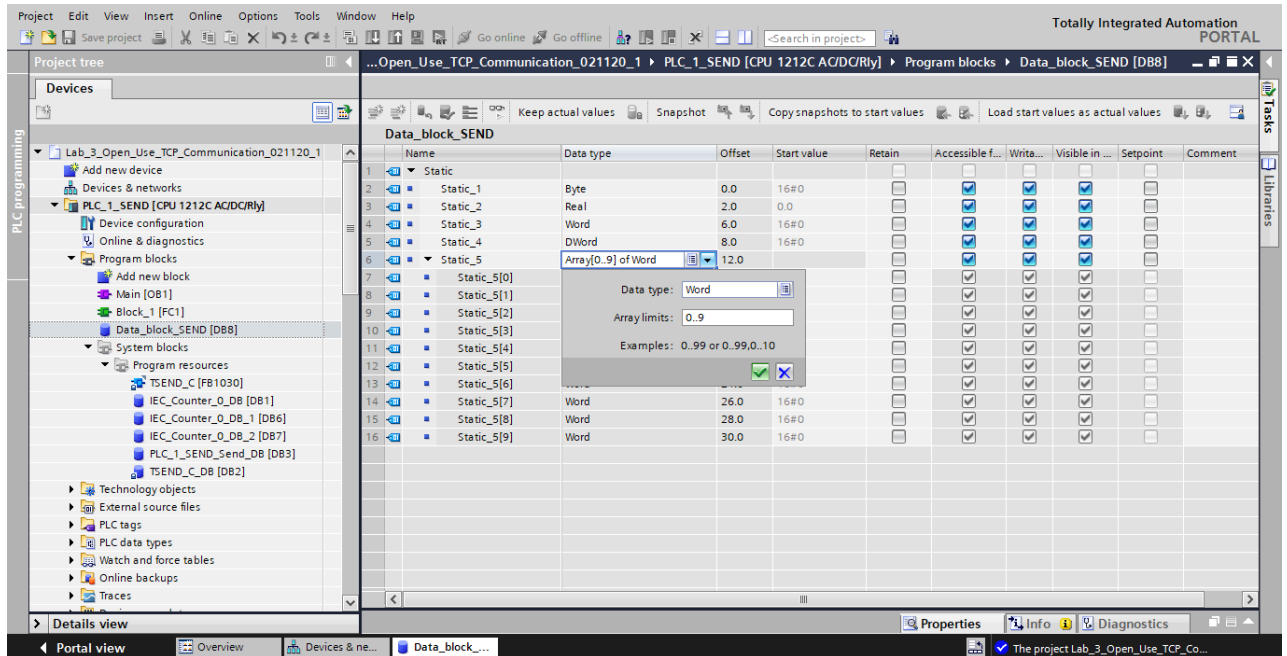


Рисунок 2.5 – Відкриття глобального блоку даних «DB8» в дереві проекту для PLC_1_SEND та PLC_2_RECV і створення з визначеним форматом

5) В організаційному блоці програмного циклу PLC «Main [OB1]» розробити прикладну програму на мові FBD (Functional Block Diagram) для запису даних визначеного формату в глобальний блок даних «DB8» для PLC_1_SEND та для їх передачі в PLC_2_RECV на основі TCP Open User Communication (рис. 2.6).

На рис. 2.7 показано прикладну програму на мові FBD для передачі даних визначеного формату в глобальний блок даних «DB8» для PLC_1_SEND, що створена в програмному блоці функції «Block_1 [FC1]» і повинна завантажуватись в програмний цикл PLC - «Main [OB1]».

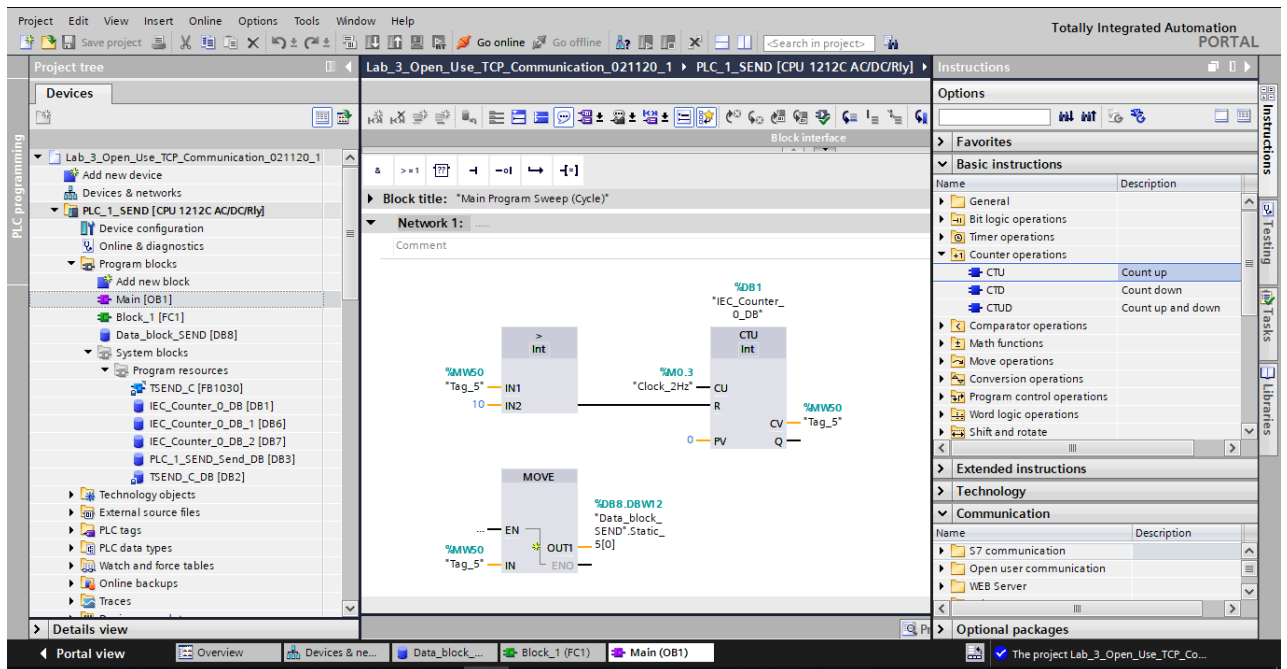


Рисунок 2.6 – Прикладна програма на мові FBD для передачі даних визначеного формату в глобальний блок даних «DB8» PLC_1_SEND

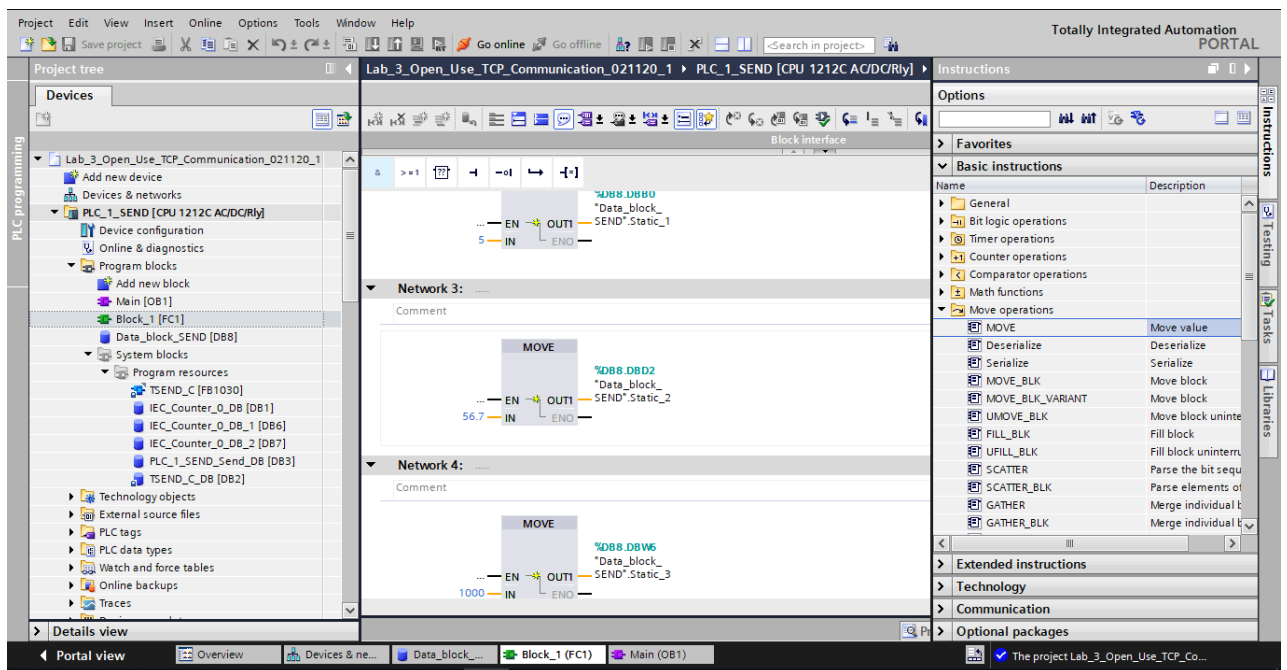


Рисунок 2.7 – Прикладна програма на мові FBD для передачі даних визначеного формату в глобальний блок даних «DB8» для PLC_1_SEND,

Завантажити функцію «Block_1 [FC1]» з дерева проекту у блок програмного циклу «Main [OB1]» PLC_1_SEND (рис. 2.8).

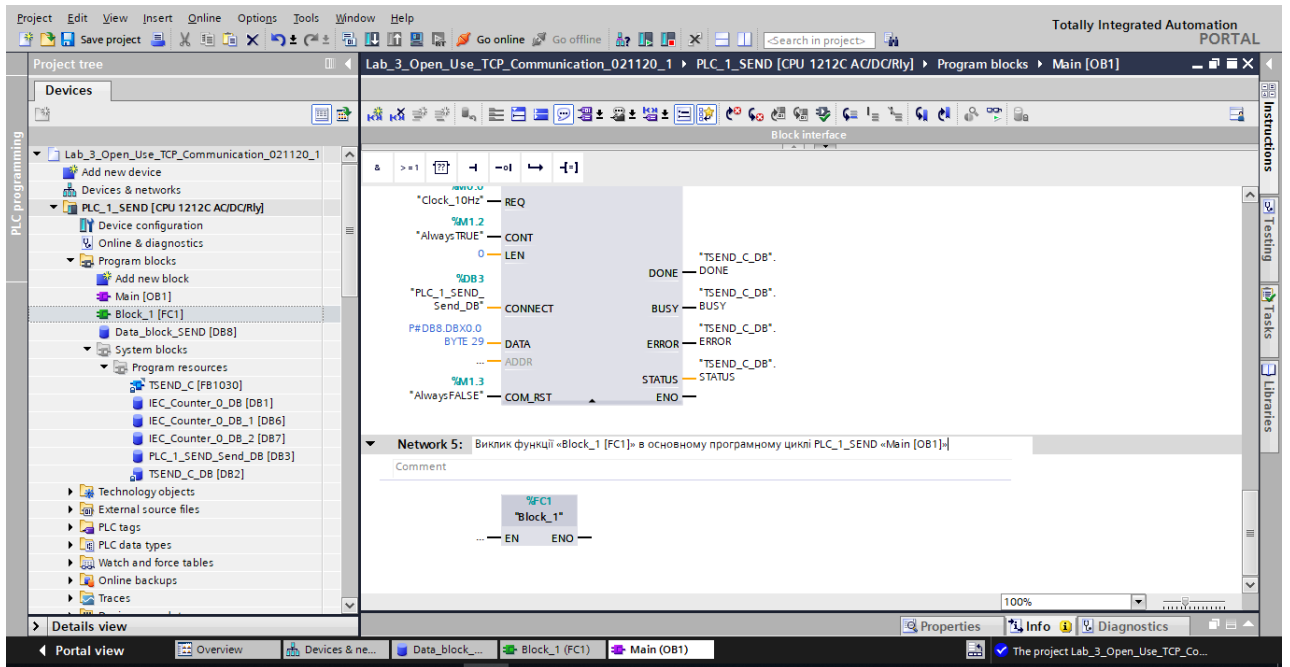


Рисунок 2.8 – Завантаження функції «Block_1 [FC1]» з дерева проекту у блок програмного циклу «Main [OB1]» PLC_1_SEND

б) У блоці програмного циклу «Main [OB1]» PLC_1_SEND завантажити комунікаційну програмну інструкцію «TSEND_C» з меню розділів програмних інструкцій: «Communication» → «Open user communication» (рис. 9).

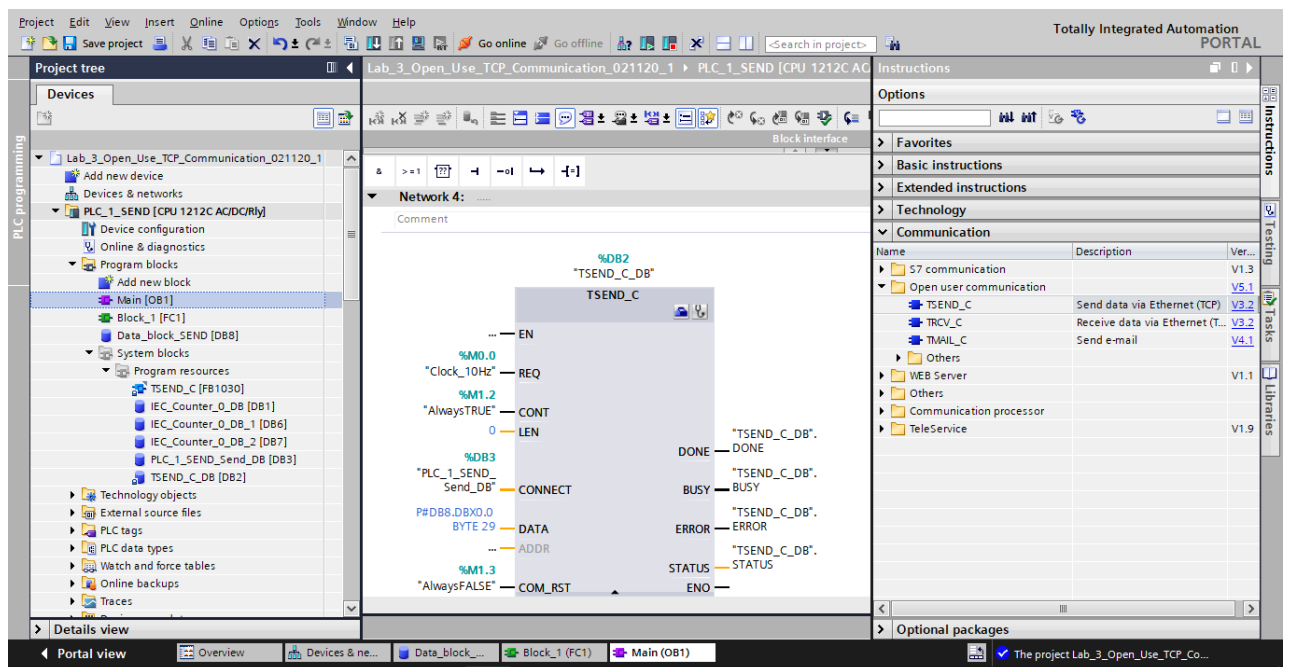


Рисунок 2.9 – Завантаження «TSEND_C» в програмний цикл «Main [OB1]» PLC_1_SEND з «Communication» → «Open user communication»

Виконати параметрування входів-виходів програмної інструкції «TSEND_C» (див. рис. 2.9). Виходи діагностики під'єднати до екземплярного блоку даних (Instanse Data Block) «TSEND_C_DB [DB2]» (рис. 2.10).

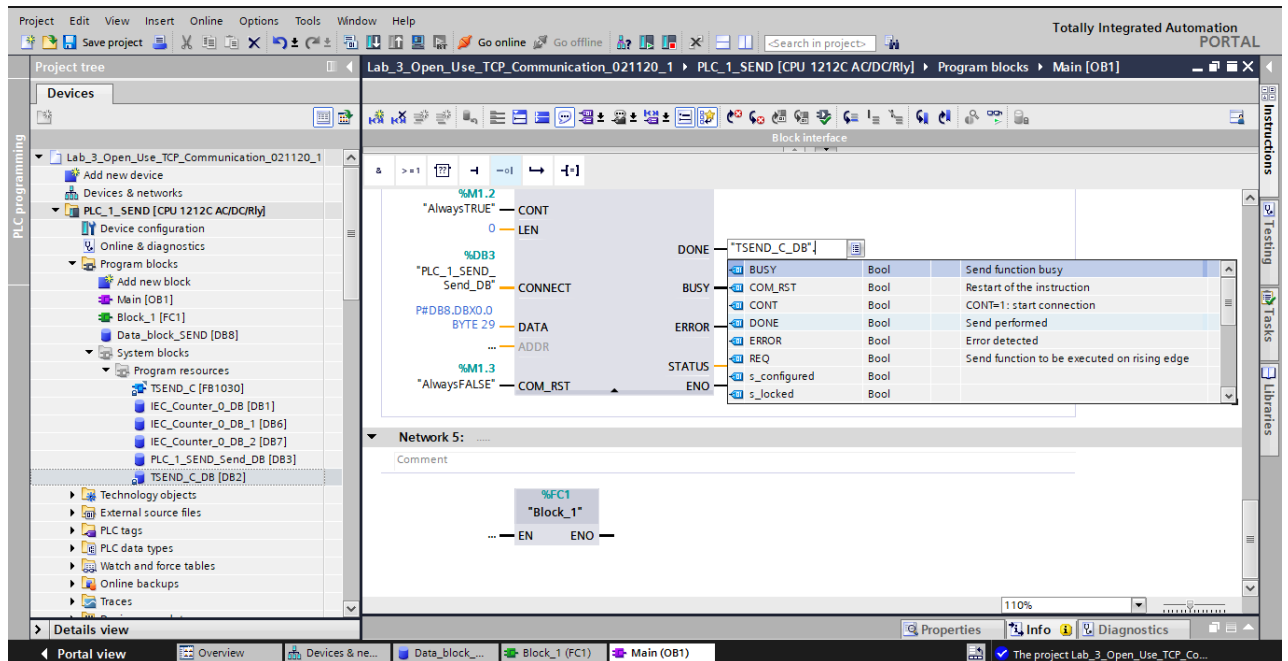


Рисунок 2.10 – Під'єднання виходів діагностики («DONE», «BUSY», «ERROR» і «STATUS») програмної інструкції «TSEND_C» до «TSEND_C_DB [DB2]»

Визначити вхід «DATA» із синтаксисом P#DB8.DBX0.0 BYTE 29. Число повинно вказувати загальну суму байтів даних, що передаються з урахуванням формату даних:

- Byte – 1 байт (байт);
- Int – 2 байти (Integer - ціле число);
- DInt - 4 байти (Double Integer - подвійне ціле число);
- Word - 2 байти (Word - слово);
- DWord - 4 байти (Double Word - подвійне слово);
- Real - 4 байти (Real - число з плаваючою точкою);
- LReal – 8 байт (LReal - число з плаваючою точкою з подвійною точністю).

Вхід «Connect» параметрується після завантаження і налаштування програмної інструкції «TSEND_C» в «Properties» для PLC_1_SEND (рис. 2.11).

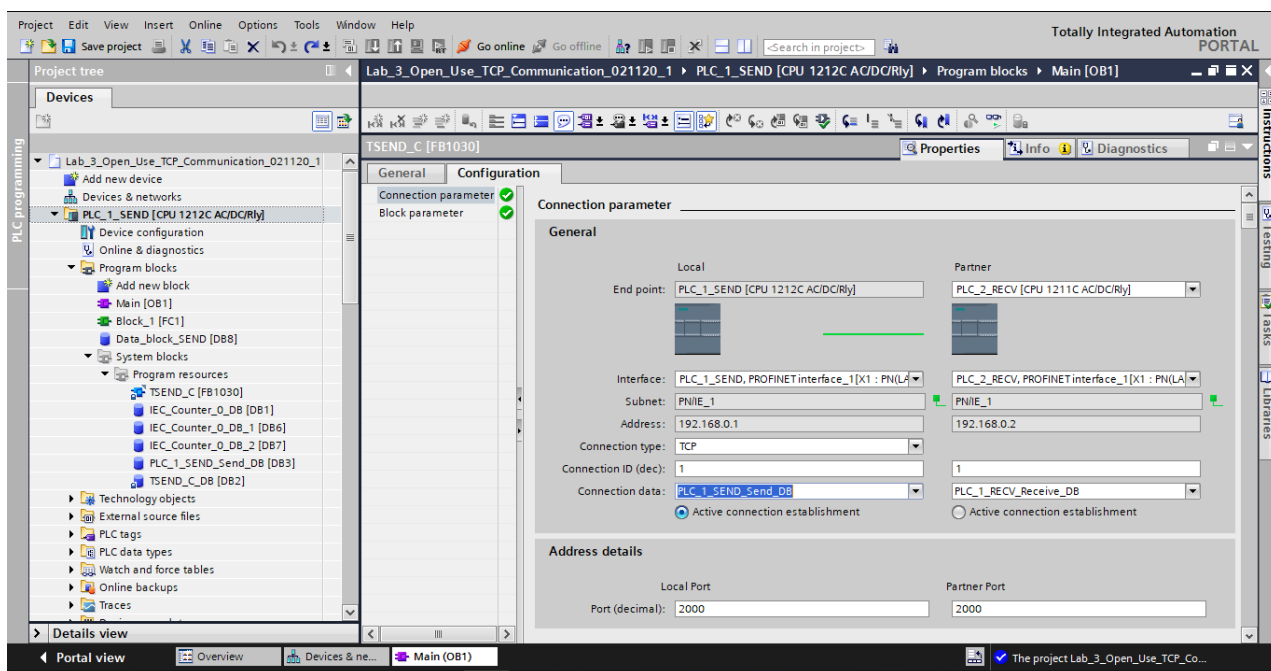


Рисунок 2.11 – Налаштування програмної інструкції «TSEND_C» в «Properties» для PLC_1_SEND

Таке ж параметрування виконати для програмної інструкції «TRECVC» для PLC_2_RECV (рис. 2.12-2.13).

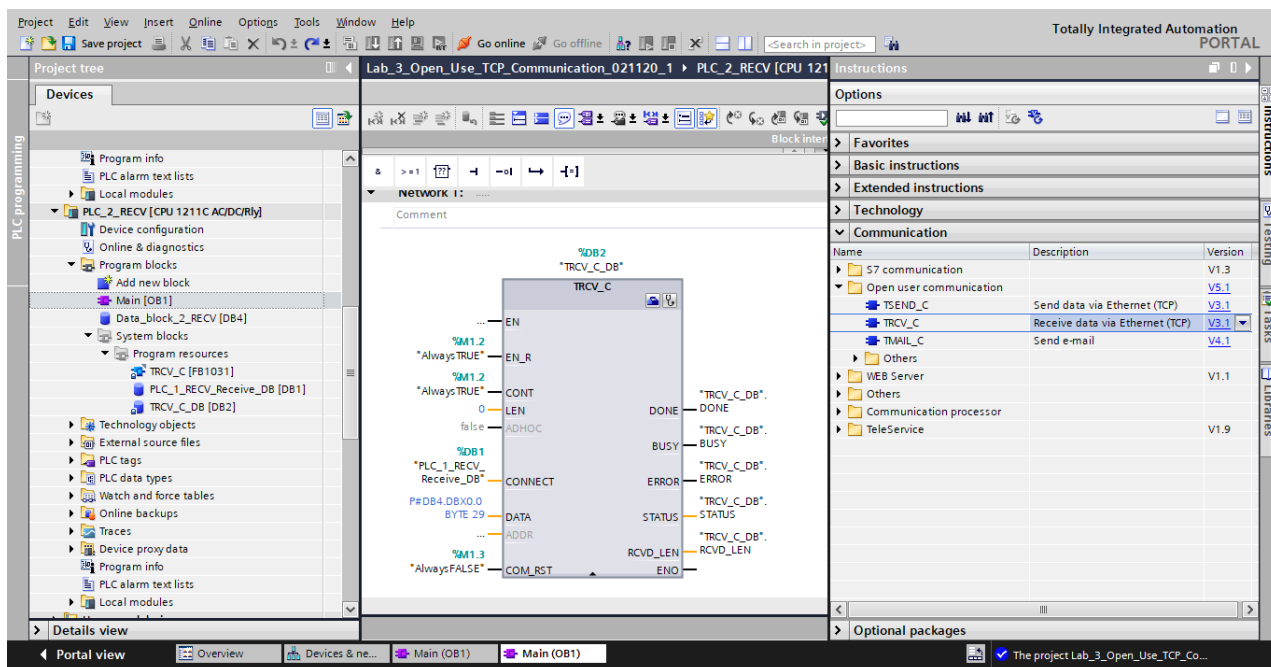


Рисунок 2.12 – Завантаження «TRECVC» в програмний цикл «Main [OB1]» PLC_1_SEND з «Communication» → «Open user communication»

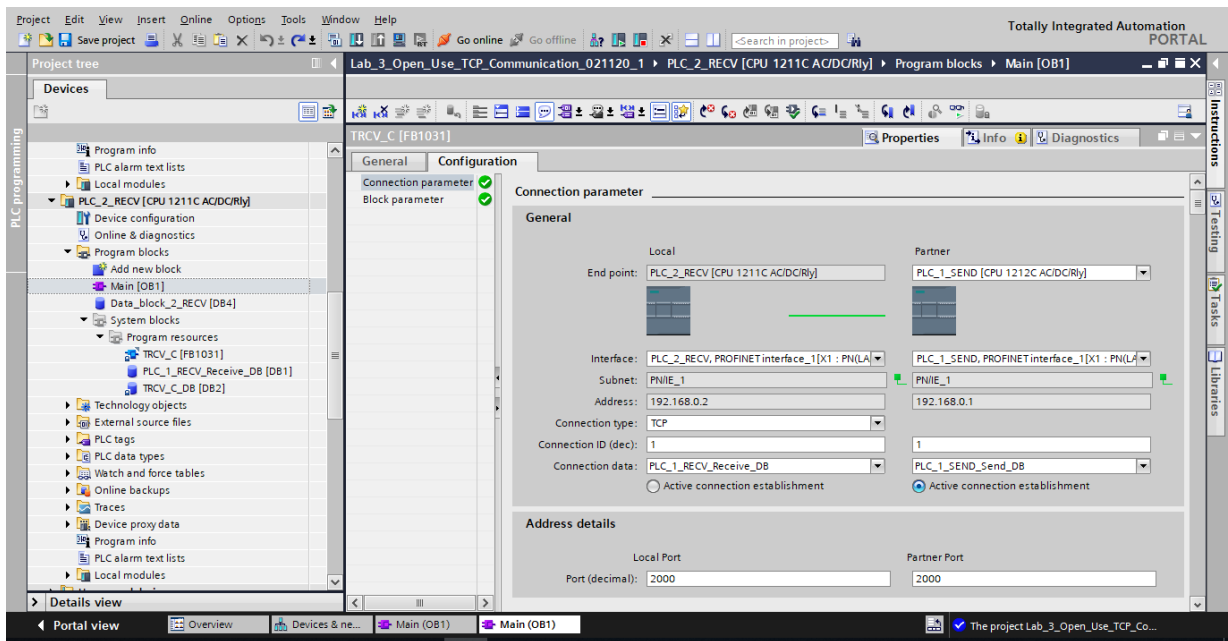


Рисунок 2.13 – Налаштування інструкції «TSEND_C» для PLC_1_SEND

При цьому, структура даних в глобальних блоках даних «DB» в передаючому і приймальному PLC повинна бути однаковою.

7) Виконати компіляцію обох PLC. Виконати завантаження кожного PLC з проекту в симулятор PLCSIM. Виконати симуляцію проекту в режимі «on-line».

2.3 Симуляція проекту в симуляторі PLCSIM в режимі «on-line»

На рис. 2.14-2.15 показано результати симуляції в симуляторі PLCSIM [7-9] програмних блоків «DB8» і «TSEND_C» в режимі «on-line».

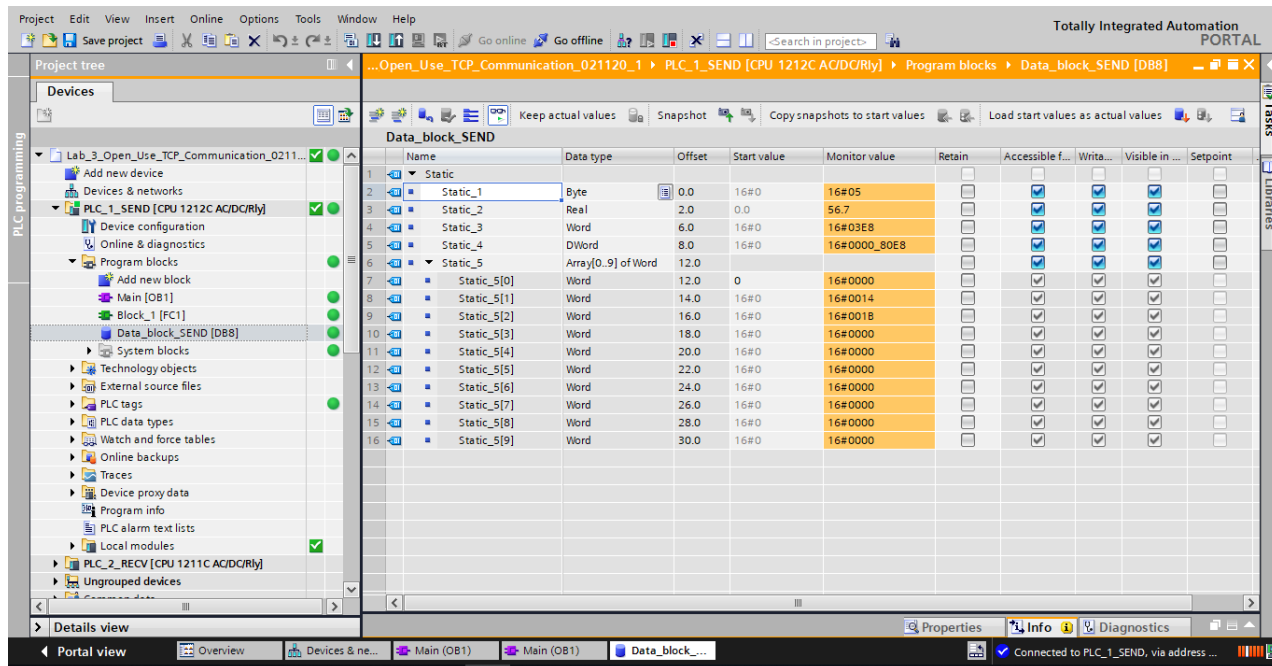


Рисунок 2.14 – Симуляція блоку даних «DB8», що підлягає передачі через програмну інструкцію «TSEND_C» в програмі симуляторі PLCSIM в «on-line»

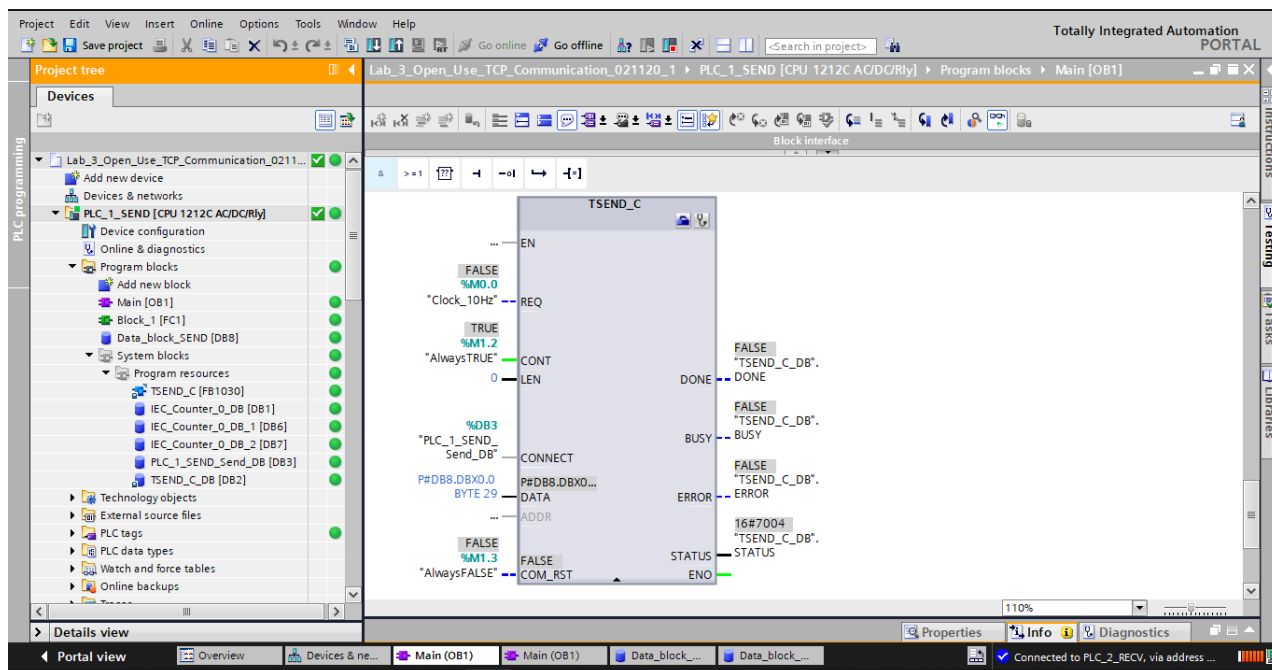


Рисунок 2.15 – Симуляція комунікаційної програмної інструкції «TSEND_C» в програмі симуляторі PLCSIM в режимі «on-line»

На рис. 2.16-2.17 показано результати симуляції в симуляторі PLCSIM програмних блоків «DB4» і «RCV_C» в режимі «on-line».

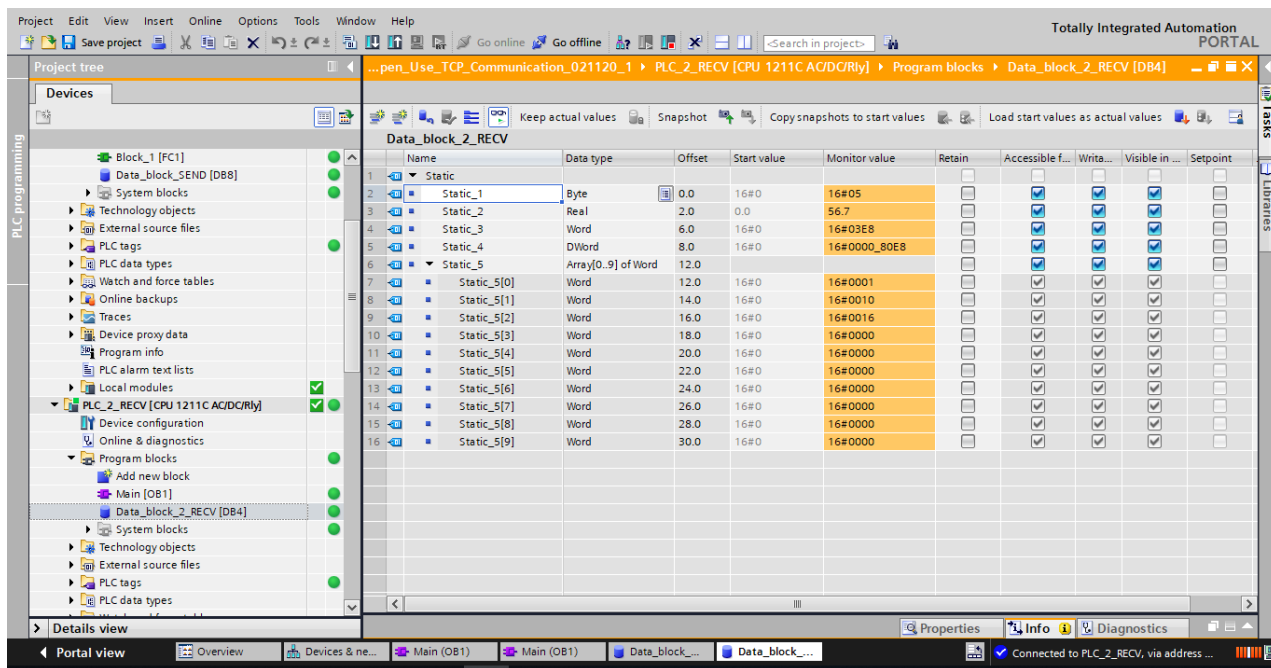


Рисунок 2.16 – Симуляція блоку даних «DB4», що підлягає передачі через програмну інструкцію «TRECVC» в програмі симулятора PLCSIM «on-line»

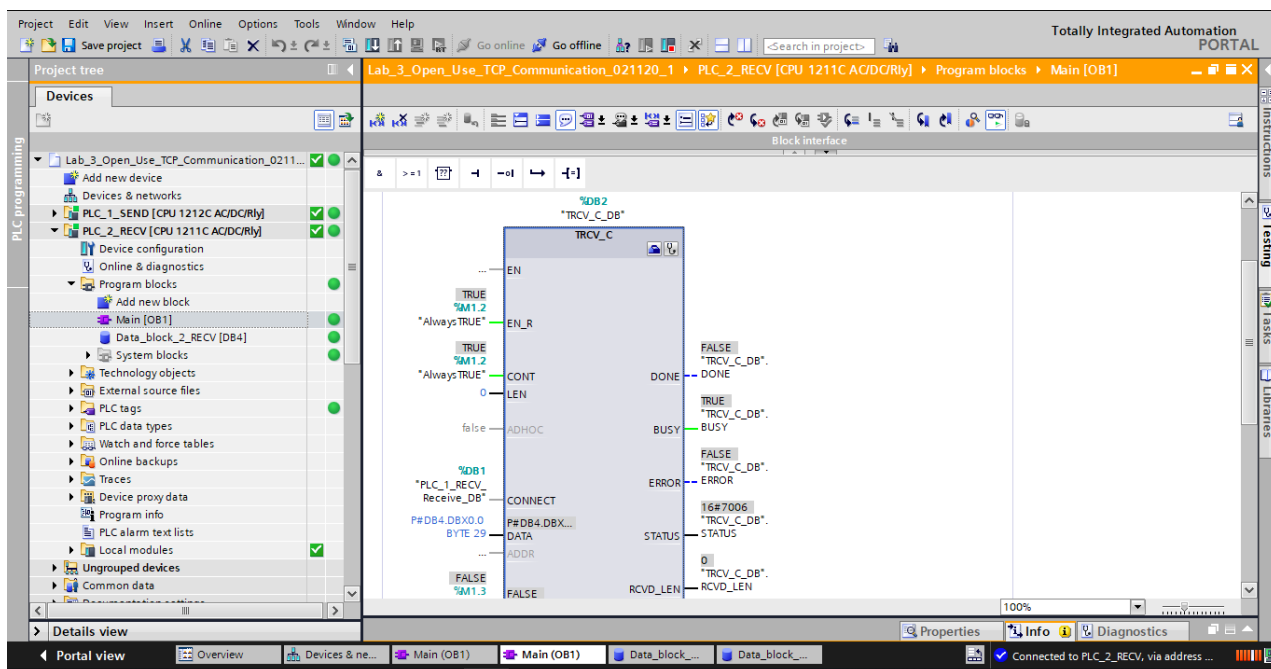


Рисунок 2.17 – Симуляція комунікаційної програмної інструкції «TRECVC» в програмі симулятора в режимі «on-line»

Таким чином, в результаті симуляції проекту » в програмі симуляторі PLCSIM отримано такий результат – інформаційні дані у визначеному форматі з блоку даних «DB8» успішно передані з PLC_1_SEND у блок даних «DB4» PLC_2_RECV.

					КРБ.СІ - 02.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

3 ІНСТРУМЕНТАРІЙ «SIMATIC AUTOMATION TOOL» ДЛЯ ПАРАМЕТРУВАННЯ І ДІАГНОСТИКИ PLC

У сучасних автоматизованих системах керування промисловими процесами важливу роль відіграє правильна конфігурація мережевих параметрів пристроїв, таких як PLC, панелі оператора, децентралізовані модулі вводу-виводу тощо.

Одним з інструментів для параметрування, діагностики та обслуговування пристроїв у мережі PROFINET є «SIMATIC Automation Tool» - інструментарій для швидкого і зручного виконання базових мережевих операцій та інших операцій [10-11].

3.1 Робота з мережевими функціями

«SIMATIC Automation Tool» забезпечує встановлення IP-адрес та імен PROFINET для окремих пристроїв у мережі. Окрема увага приділяється типовим ситуаціям, таким як наявність однакових IP-адрес або імен, робота з невідтримуваними пристроями, особливості налаштування після перезавантаження та обмеження, пов'язані з використанням маршрутизаторів.

3.1.1 Вибір мережевого інтерфейсу для комунікації з PLC

Необхідно вибрати мережевий інтерфейс до мережі PROFINET.

Команда «Auto» застосовується для автоматичного додавання IP-адреси до мережевого інтерфейсу для комунікації з пристроями пристроїв (рис. 3.1).

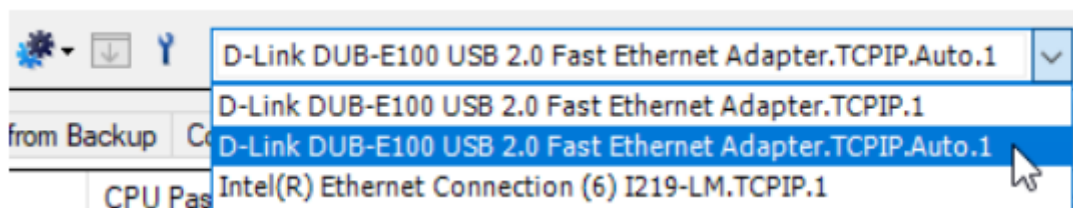


Рисунок 3.1 – Автоматичний вибір IP-адреси

					КРБ.СІ - 02.00.00.000 ПЗ	Арк. 30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

3.1.2 Сканування комунікаційної мережі

Активувати кнопку на панелі інструментів, щоб просканувати мережу PROFINET на наявність усіх пристроїв (рис. 3.2). Під час сканування в мережу надсилається DCP (Digital Content Protection) broadcast-команда [12-13]. «SIMATIC Automation Tool» відобразить у «Device table» усі доступні пристрої.



Рисунок 3.2 – Режим сканування комунікаційної мережі

3.1.3 Додавання пристроїв за маршрутизаторами

Вибрати команду меню «Edit > Insert > Device» або «Edit > Insert > Multiple Devices», щоб додати пристрої, які знаходяться за маршрутизаторами, до таблиці «Device table» (рис. 3.3). Ці команди також доступні через відповідну піктограму.

Сканування мережі не виявляє пристрої за маршрутизаторами, оскільки вони не реагують на DCP broadcast-команду. Щоб додати такий пристрій, необхідно окремо ввести його IP-адресу. «SIMATIC Automation Tool» відображає пристрої, що знаходяться за маршрутизаторами синім текстом у «Device table».

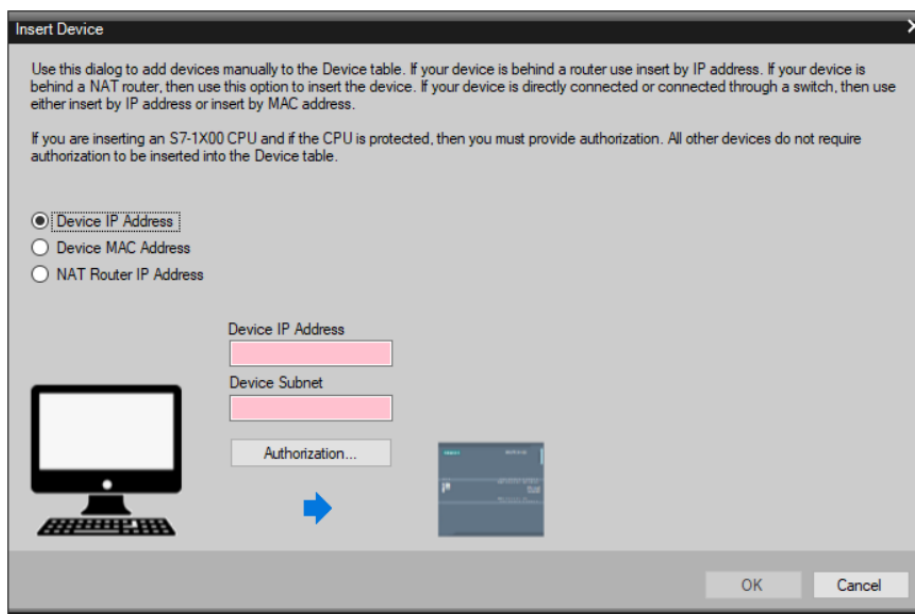


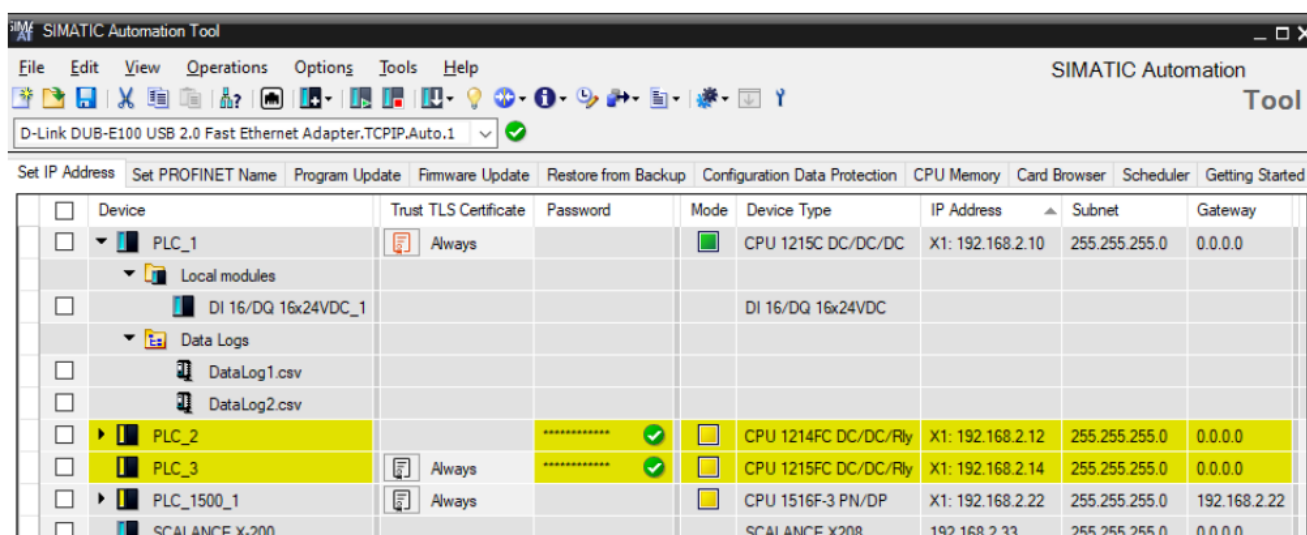
Рисунок 3.3 – Додавання пристроїв за маршрутизаторами у «Device table»

					КРБ.СІ - 02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		31

3.1.4 Робота з «Device table»

«Device table» відображає підключені пристрої. «SIMATIC Automation Tool» показує колонки з даними про кожен пристрій. Щоб виконати операцію, необхідно обрати пристрій, встановивши маркер зліва. Далі скористатися панеллю інструментів або головним меню, щоб вибрати потрібну операцію.

Можна вибрати декілька пристроїв, і «SIMATIC Automation Tool» виконає обрану операцію для всіх вибраних пристроїв (рис. 3.4). Якщо PLC захищено, активувати колонку «Password», щоб ввести облікові дані для автентифікації пристрою. Більшість операцій у «SIMATIC Automation Tool» вимагають наявності прав на читання та запис для PLC.



Device	Trust TLS Certificate	Password	Mode	Device Type	IP Address	Subnet	Gateway
<input type="checkbox"/> PLC_1	<input type="checkbox"/> Always		<input checked="" type="checkbox"/>	CPU 1215C DC/DC/DC	X1: 192.168.2.10	255.255.255.0	0.0.0.0
<input type="checkbox"/> Local modules							
<input type="checkbox"/> DI 16/DQ 16x24VDC_1				DI 16/DQ 16x24VDC			
<input type="checkbox"/> Data Logs							
<input type="checkbox"/> DataLog1.csv							
<input type="checkbox"/> DataLog2.csv							
<input type="checkbox"/> PLC_2		***** <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CPU 1214FC DC/DC/Rly	X1: 192.168.2.12	255.255.255.0	0.0.0.0
<input type="checkbox"/> PLC_3	<input type="checkbox"/> Always	***** <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CPU 1215FC DC/DC/Rly	X1: 192.168.2.14	255.255.255.0	0.0.0.0
<input type="checkbox"/> PLC_1500_1	<input type="checkbox"/> Always		<input type="checkbox"/>	CPU 1516F-3 PN/DP	X1: 192.168.2.22	255.255.255.0	192.168.2.22
<input type="checkbox"/> SCALANCE X-200				SCALANCE X208	192.168.2.33	255.255.255.0	0.0.0.0

Рисунок 3.4 – Відображення доступних мережевих пристроїв

3.1.5 Зчитування «Event Log»

У нижній частині вікна «SIMATIC Automation Tool» розташований «Event Log». Коли обираються пристрої та виконуються операції, «Event Log» відображає результати виконаної операції для кожного пристрою (рис. 3.5).

Якщо PLC захищено, необхідно ввести пароль рівня доступу або пароль користувача з правами читання та запису, щоб мати змогу виконувати більшість операцій у «SIMATIC Automation Tool».

Event Log							
	Date	Time	Device	MAC Address	IP Address	Event	Result
✓	5/13/2020	6:22 PM	PLC_2	00:1B:1B:70:D8:EF	X1: 192.168.2.12	Transition to RUN	The operation completed successfully.
✗	5/13/2020	6:19 PM	PLC_1	00:1C:06:09:38:8E	X1: 192.168.2.10	CPU Password	The CPU password entered is invalid.
✓	5/13/2020	6:19 PM	PLC_3	28:63:36:83:1A:1B	X1: 192.168.2.20	Set IP Address	The operation completed successfully.
✗	5/13/2020	6:18 PM	PLC_3	28:63:36:83:1A:1B	X1: 192.168.2.14	New IP Address	The new IP address is not valid.

Рисунок 3.5 – Відображення результатів виконаних операцій

3.2 Розширена функціональність «SIMATIC Automation Tool»

«SIMATIC Automation Tool» показує пристрої, підключені до мережі (рис. 3.6). Можна обрати один або кілька пристроїв для виконання операцій.

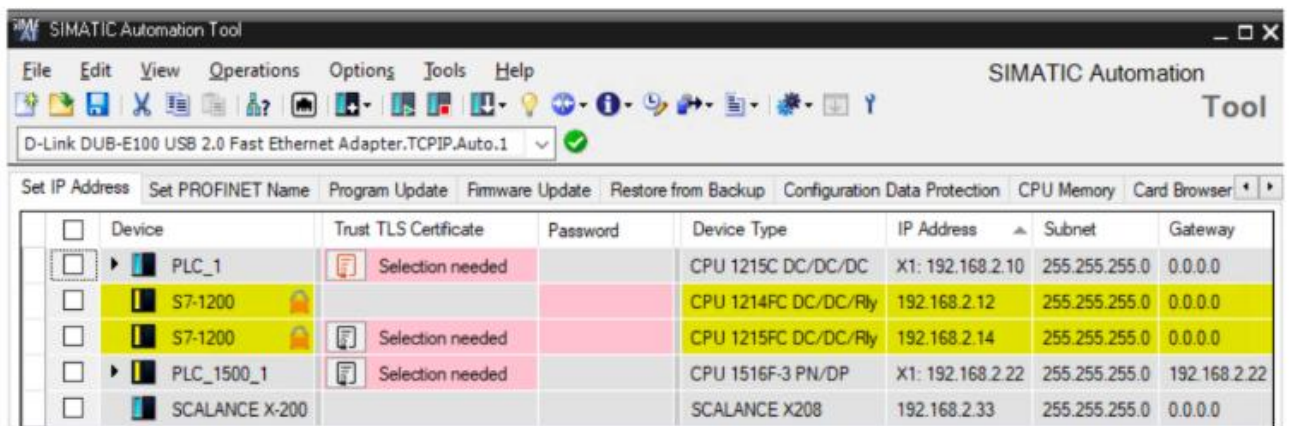


Рисунок 3.6 – Вивід доступних пристроїв в «SIMATIC Automation Tool»

За допомогою «SIMATIC Automation Tool» можна виконувати такі задачі:

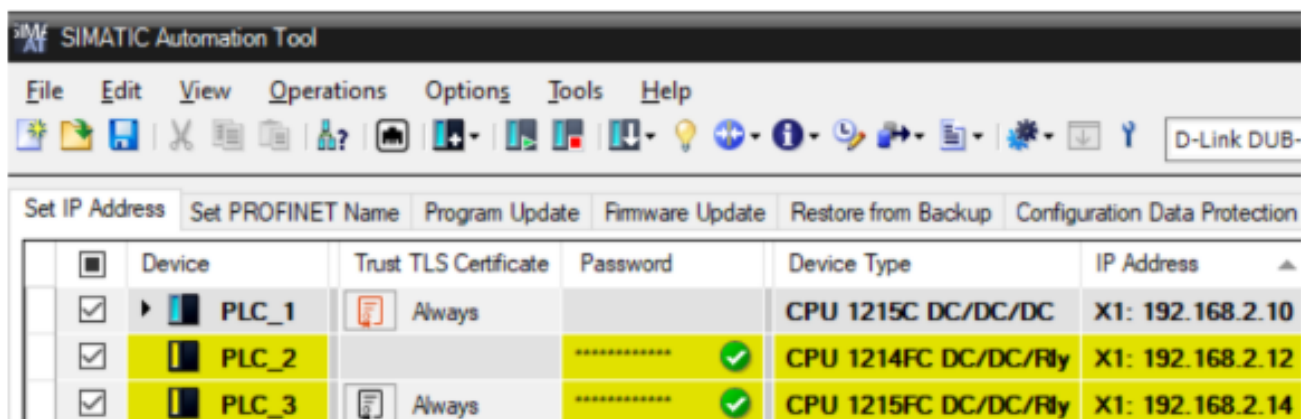
- ідентифікація пристроїв;
- додавання пристроїв;
- перегляд діагностики пристроїв;
- зчитування службових даних із пристроїв;
- установка режиму роботи PLC;
- установка часу на PLC;
- установка IP-адреси;
- установка PROFINET-імені;
- скидання параметрів зв'язку;
- скидання пристроїв до заводських налаштувань.

Вивід рядка стану

У нижній частині вікна «SIMATIC Automation Tool» розташований рядок стану. У ньому відображається кількість пристроїв у таблиці пристроїв, типи цих пристроїв, скільки з них не доступні в мережі та скільки пристроїв обрано. Під час виконання операцій відображається кількість ще не завершених операцій для кожного типу. У меню Довідка (Help) програми «SIMATIC Automation Tool» є доступ до каталогу пристроїв. Це файл Microsoft Excel, що містить перелік підтримуваних пристроїв і версій. Для кожного пристрою вказані доступні операції.

Встановлення таймера поточного часу на PLC

Як приклад розглянемо випадок, коли потрібно встановити час пристрою для PLC у мережі. Під час сканування мережі знайдено три пристрої, які вже мають IP-адреси (рис. 3.7). Для цієї операції оберіть одну з перших п'яти вкладок у таблиці пристроїв.



	Device	Trust TLS Certificate	Password	Device Type	IP Address
<input checked="" type="checkbox"/>	PLC_1	Always		CPU 1215C DC/DC/DC	X1: 192.168.2.10
<input checked="" type="checkbox"/>	PLC_2		***** ✓	CPU 1214FC DC/DC/Rly	X1: 192.168.2.12
<input checked="" type="checkbox"/>	PLC_3	Always	***** ✓	CPU 1215FC DC/DC/Rly	X1: 192.168.2.14

Рисунок 3.7 – Приклад встановлення таймера поточного часу на PLC

Щоб встановити час пристрою відповідно до часу вашого програмного пристрою, виконайте такі кроки:

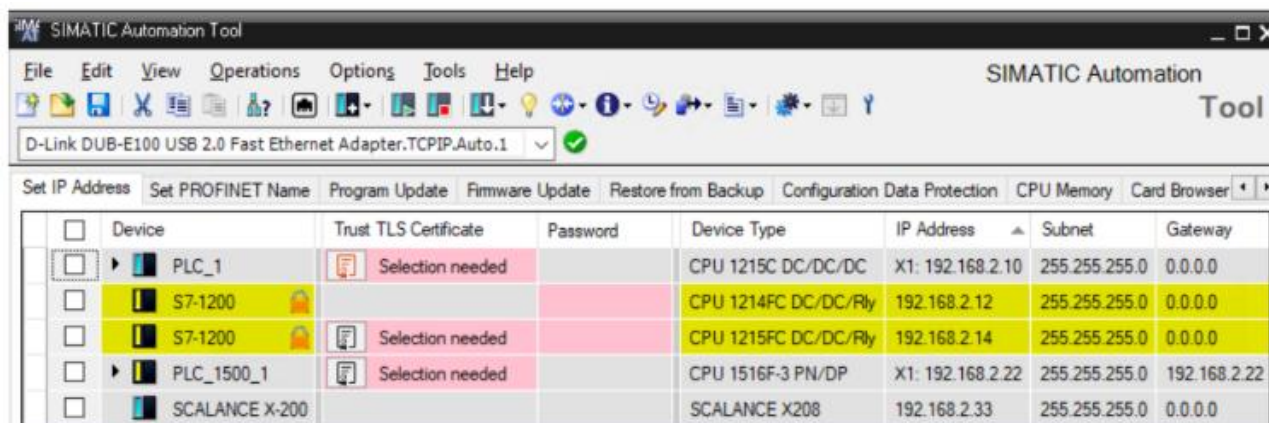
Якщо у стовпці "Trust TLS Certificate" для пристрою відображається повідомлення "Selection needed", потрібно встановити довіру на "Always", щоб мати можливість виконувати операції з пристроєм.

Операції сканування мережі

Щоб просканувати мережу, активувати кнопку «Scan» на панелі інструментів. Також можна вибрати команду меню «Operations > Scan Network». Сканування виявляє пристрої, які підключені безпосередньо до мережі через Ethernet-інтерфейс — або на самому пристрої, або через підключений модуль СМ чи СР.

Також є можливість відфільтрувати сканування, щоб воно охоплювало лише конкретні пристрої в мережі. Для налаштування фільтрації необхідна розширена ліцензія. Щоб виконати сканування з фільтром, активувати кнопку «Filtered Scan» на панелі інструментів або виберіть відповідну команду з меню «Operations > Scan Network». Після сканування в таблиці пристроїв «Device table» відобразатимуться лише ті пристрої, що відповідають фільтру.

Якщо таблиця пристроїв містить пристрої, які більше не підключені до мережі, їхні рядки відобразатимуться курсивом. Також можна вручну додати один або кілька пристроїв у таблицю. Осередки, що підсвічені червоним кольором, вказують на необхідність введення даних (рис. 3.8).



<input type="checkbox"/>	Device	Trust TLS Certificate	Password	Device Type	IP Address	Subnet	Gateway
<input type="checkbox"/>	▶ PLC_1	Selection needed		CPU 1215C DC/DC/DC	X1: 192.168.2.10	255.255.255.0	0.0.0.0
<input type="checkbox"/>	S7-1200			CPU 1214FC DC/DC/Rly	192.168.2.12	255.255.255.0	0.0.0.0
<input type="checkbox"/>	S7-1200	Selection needed		CPU 1215FC DC/DC/Rly	192.168.2.14	255.255.255.0	0.0.0.0
<input type="checkbox"/>	▶ PLC_1500_1	Selection needed		CPU 1516F-3 PN/DP	X1: 192.168.2.22	255.255.255.0	192.168.2.22
<input type="checkbox"/>	SCALANCE X-200			SCALANCE X208	192.168.2.33	255.255.255.0	0.0.0.0

Рисунок 3.8 – Результат сканування пристроїв

Ідентифікація пристроїв

Проблема з ідентифікацією пристрою може виникнути, наприклад, якщо після останнього сканування мережі були внесені зміни до пристрою через TIA Portal. Така проблема також може виникнути у разі відмови пристрою.

«SIMATIC Automation Tool» не виконує жодних операцій над пристроєм, у якого є проблема з ідентифікацією.

Якщо пристрій з MAC-адресою вже існує в таблиці, сканування мережі оновлює поля IP-адреси, Підмережі та Шлюзу для цього рядка таблиці пристроїв. Усі інші поля даних залишаються незмінними. Якщо сканування мережі знаходить новий пристрій, тоді «SIMATIC Automation Tool» створює новий рядок для пристрою.

Порівняння фактичного обладнання з конфігурованим

Якщо PLC в мережі відрізняється від конфігурованого PLC, колонка «Configuration» таблиці пристроїв вказує результат порівняння. Запис може містити один або декілька з наступних результатів порівняння:

- діагностична помилка;
- не сконфігуровано;
- відповідає;
- не відповідає.

Для PLC, «SIMATIC Automation Tool» порівнює фактичний PLC з конфігурацією, а також наступне:

- дисплей (тільки S7-1500);
- сигнальні плати;
- локальні сигнальні модулі.

«SIMATIC Automation Tool» оцінює наступну інформацію для порівняння:

- тип пристрою;
- артикул;
- версія мікропрограми.

Сканування мережі оновлює колонку «Configuration» для всіх пристроїв у мережі. Крім того, коли ви оновлюєте пристрій або виконуєте операцію над пристроєм, «SIMATIC Automation Tool» оновлює колонку «Configuration» для вибраного пристрою або пристроїв. Як і багато інших колонок таблиці пристроїв, можна показати або приховати колонку «Configuration».

					КРБ.СІ - 02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		36

Вставка одного або кількох пристроїв

Можна вставити пристрій у «Device table». Додати можна лише пристрій, який є унікальним серед інших пристроїв. SIMATIC Automation Tool» підтримує пристрої, що знаходяться за маршрутизаторами.

Щоб вставити пристрій, виконати такі дії:

- вибрати команду меню «Insert > Device» у меню «Edit» або активувати відповідну піктограму.

У діалоговому вікні «Insert Device» вибрати тип адреси для введення:

- Device IP Address;
- Device MAC address;
- NAT Router IP Address.

Якщо обрано IP-Address, ввести IP-адресу пристрою.

За потреби змінити підмережу пристрою.

Якщо обрано MAC-address, ввести MAC-адресу пристрою.

Якщо обрано NAT Router IP-address, діалогове вікно зміниться і дозволить ввести таку інформацію: NAT Router IP Address - ввести IP-адресу NAT (Network Address Translation) роутера. NAT Router Subnet - за потреби змінити підмережу NAT роутера. Device IP address - ввести IP-адресу пристрою, який вставляється за роутером. Password.

Якщо пристрій за роутером — захищений CPU S7-1X00, потрібно ввести пароль CPU або користувача, щоб дозволити вставлення пристрою в «Device table» (рис. 3.9).

«SIMATIC Automation Tool» перевіряє коректність даних пристрою. Адреса пристрою або пара адрес роутера та пристрою повинні бути унікальними в мережі. Введений пароль повинен забезпечувати дійсну автентифікацію для захищеного пристрою. Якщо перевірка успішна, «SIMATIC Automation Tool» вставляє пристрій у «Device table». Якщо перевірка неуспішна, у «Event Log» відображається повідомлення про помилку.

					КРБ.СІ - 02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		37

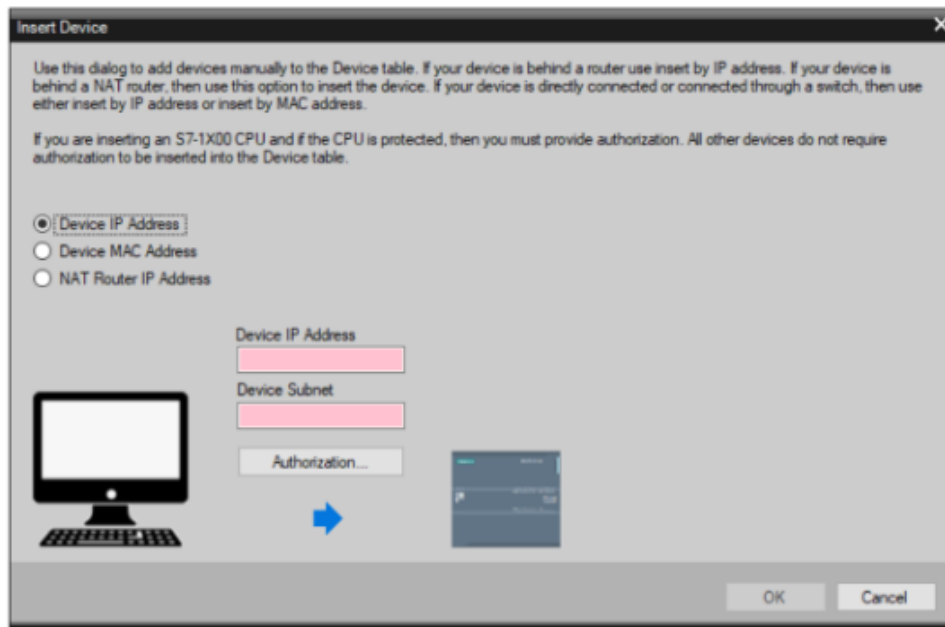


Рисунок 3.9 – Приклад встановлення пристрою за маршрутизатором

IP-адреси NAT роутера

Для багатьох типів NAT роутерів NAT Router IP address — це фізична IP-адреса NAT роутера. Роутер транлює одну мережеву IP-адресу на IP-адресу іншого пристрою. NAT (Network Address and Port Translation) роутери забезпечують кілька IP-адрес, які налаштовують як «Mascard», щоб представляти кілька NAT роутерів з «Destination IP» адресами. Для кожної Destination IP-адреси налаштовують Translated Destination IP-адресу [14].

Для «SIMATIC Automation Tool» NAT Router IP-address може бути будь-якою з налаштованих Destination IP-адрес. IP-адреса пристрою буде Translated Destination IP-адресою, що відповідає NAT Router (Destination IP) Address, який налаштовано.

Ідентифікація мережевих пристроїв

Для пристроїв на кореновому рівні у таблиці пристроїв «Device table» операція «Identify» допомагає фізично локалізувати пристрої в мережі. Локалізація пристрою за допомогою блимання світлодіодів або екранів HMI

Можна використовувати операцію «Identify» у режимі RUN та режимі STOP. Щоб ідентифікувати пристрої, виконати наступні дії:

					КРБ.СІ - 02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		38

Вибрати один або кілька пристроїв для включення в операцію. Можна скористатися маркером «Devices» у верхній частині таблиці пристроїв «Device table», щоб вибрати або зняти вибір з усіх пристроїв. Як альтернатива, можна скористатися командою меню «View > Select», щоб отримати доступ до команд «Select Row(s)» та «Deselect Row(s)».

Вибрати команду меню «Operations > Identify» або активувати кнопку панелі інструментів для ідентифікації вибраних пристроїв. CPU, SCALANCE та інші пристрої блимають своїми світлодіодами для позначення свого розташування. Пристрої HMI виконують миготіння екрану.

Ідентифікація невідтримуваних пристроїв

Операція «Identify» є операцією на основі MAC-адреси, яка використовує DCP (Discovery and Configuration Protocol). «SIMATIC Automation Tool» може використовувати операції DCP MAC-адреси для всіх безпосередньо підключених мережевих пристроїв.

Невідтримувані пристрої можуть не блимати світлодіодами або екранами HMI залежно від апаратної конфігурації пристрою. За замовчуванням «SIMATIC Automation Tool» відображає невідтримувані пристрої. Можна вимкнути цю опцію в налаштуваннях «General settings».

3.3 Діагностика мережевих пристроїв

Діагностика CPU містить запис для кожної події діагностики. Кожен запис включає дату та час виникнення події, категорію події та опис події. Записи відображаються у хронологічному порядку, де найновіша подія знаходиться вгорі. Коли журнал заповнюється, нова подія замінює найстарішу подію в журналі. При втраті живлення події зберігаються.

Діагностика пристрою містить такі типи записів:

- подія системної діагностики (кожна помилка CPU та помилка модуля);
- зміни стану CPU (кожне вмикання живлення, перехід у STOP та перехід у RUN).

					КРБ.СІ - 02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		39

Можна скористатися маркером «Display device Time Stamp in PG/PC local time», щоб переглядати часові мітки у часі CPU або у часі персонального комп'ютера (PG/PC).

Зчитування сервісних даних пристрою

Якщо пристрій переходить у несправний стан, пристрій зберігає інформацію про несправність, яку можна завантажити на PG/PC.

Сервісні дані містять декілька файлів, які стискаються в один файл формату .zip з іменем файлу, що базується на назві PLC та MAC-адресі. Унікальний номер у дужках додається до імені файлу, щоб уникнути дублювання імен файлів. Можна налаштувати або прийняти шлях до сервісних даних за замовчуванням у налаштуваннях «Service Data».

Щоб зчитати сервісні дані з вибраних пристроїв, виконати наступні дії:

- вибрати один або кілька пристроїв для включення в операцію. Можна скористатися маркером «Devices» у верхній частині таблиці пристроїв «Device table», щоб вибрати або скасувати вибір усіх пристроїв. Як альтернатива, можна скористатися контекстним меню правої кнопки «миші» або командою меню «View > Select», щоб отримати доступ до команд «Select Row(s)» та «Deselect Row(s)»;

- для кожного вибраного захищеного CPU активувати колонку «Password», щоб ввести автентифікаційні дані з правами доступу для читання для CPU;

- вибрати команду «Operations > Diagnostics > Read Service Data», щоб розпочати операцію. Як альтернатива, активувати кнопку панелі інструментів «Show device diagnostics» і вибрати «Read Service Data» з контексного меню кнопки;

- активувати кнопку «Continue» у діалоговому вікні "Upload Service Data".

SIMATIC Automation Tool зчитує сервісні дані з вибраних пристроїв і зберігає файли в папці сервісних даних . Журнал подій (Event Log) показує результати операції.

					КРБ.СІ - 02.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Встановлення режиму роботи CPU

Щоб змінити режим роботи пристрою, виконайте наступні дії:

- вибрати один або кілька пристроїв для включення в операцію. Можна скористатися маркером «Devices» у верхній частині таблиці пристроїв «Device table», щоб вибрати або скасувати вибір усіх пристроїв. Як альтернатива, можна скористатися контекстним меню правої кнопки «миші» або командою меню «View > Select», щоб отримати доступ до команд «Select Row(s)» та «Deselect Row(s)».

Для кожного вибраного CPU ввести пароль, якщо використовується, у колонку «Password» на поточній відкритій вкладці.

Встановити режим роботи на RUN або STOP:

– вибрати RUN у меню «Operations» або активувати кнопку RUN на панелі інструментів (рис. 3.10);

– вибрати STOP у меню «Operations» або активувати кнопку STOP на панелі інструментів(рис. 3.10).



Рисунок 3.10 – Встановлення режиму роботи PLC (RUN або STOP)

Потрібно підтвердити запит на зміну режиму роботи. Після того як підтверджено запит, «SIMATIC Automation Tool» встановлює для вибраних CPU режим RUN або STOP. «SIMATIC Automation Tool» не змінює режим роботи без підтвердження.

Журнал подій «Event Log», розташований під таблицею пристроїв, відображає результати операції.

					КРБ.СІ - 02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		41

Встановлення імені PROFINET мережевого пристрою

Щоб змінити ім'я PROFINET-пристрою, конфігурація пристрою в завантаженому проекті TIA Portal має підтримувати цю зміну.

Дійсні імена PROFINET відповідають стандартним правилам іменування DNS (Domain Name System). Якщо ви введете недійсне ім'я, «SIMATIC Automation Tool» перетворить його у дійсне ім'я PROFINET. Можна побачити перетворене ім'я у колонці «PROFINET Converted Name».

Щоб встановити ім'я PROFINET для одного або декількох пристроїв, виконати наступні кроки:

- перейти на вкладку «Set PROFINET Name»;
- вибрати один або декілька пристроїв для операції. Можна використати маркер «Device» у верхній частині таблиці пристроїв для вибору або зняття вибору всіх пристроїв. Також можна скористатися контекстним меню або меню «View > Select» для команд «Select Row(s)» та «Deselect Row(s)»;
- ввести нове ім'я PROFINET у колонку «New PROFINET Name»;
- вибрати команду «Update» в меню «Operations» або активувати кнопку «Update» і вибрати у контекстному меню «PROFINET Name» (рис 3.11).

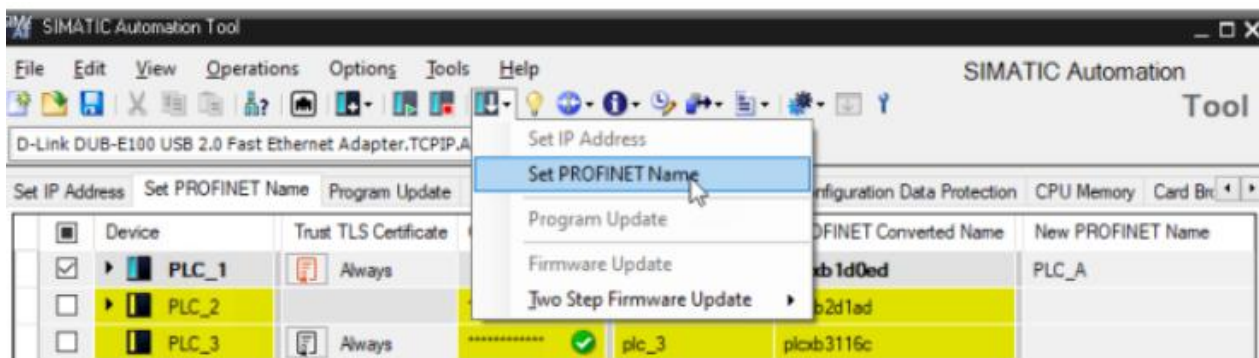


Рисунок 3.11 – Встановлення імені PROFINET для мережевого пристрою

Операція «Update» встановлює нові імена PROFINET для вибраних пристроїв. Якщо ввести недійсне ім'я PROFINET згідно з правилами іменування PROFINET, «SIMATIC Automation Tool» виправить ім'я на дійсне. Колонка «PROFINET Converted Name» відображає перетворене ім'я. Журнал подій «Event Log» під таблицею пристроїв показує результати цієї операції.

Дублікат імен PROFINET, якщо два або більше пристроїв мають однакові імена PROFINET, «SIMATIC Automation Tool» позначає дублікати червоними клітинками. Для таких пристроїв «SIMATIC Automation Tool» підтримує повну функціональність та відображає всю іншу інформацію (рис. 3.12).

Set IP Address	Set PROFINET Name	Program Update	Firmware Update	Restore from Backup	Configuration Data Protection	CPU Memory	Card Browser	Sche
<input type="checkbox"/>	Device	Trust TLS Certificate	Password	MAC Address	IP Address	PROFINET Name	PROFINET Converted Name	
<input type="checkbox"/>	PLC_1			28.63.36.80:7F:15	X1: 192.168.2.11	plc_1	plcxb1d0ed	
<input type="checkbox"/>	PLC_1		✓	28.63.36.85:22:C1	X1: 192.168.2.13	plc_1	plcxb1d0ed	

Рисунок 3.12 – Відображення всієї інформації притстроїв

Операції на основі MAC-адреси використовують DCP (Discovery and Configuration Protocol). DCP — це стандарт Ethernet. «SIMATIC Automation Tool» може використовувати операції DCP MAC-адрес для всіх безпосередньо підключених мережевих пристроїв (CPU, HMI, децентралізовані I/O та інші пристрої).

Вибрати рядок непідтримуваного пристрою, ввести нові дані у відповідну колонку та оновити імена PROFINET непідтримуваних пристроїв так само, як і підтримуваних. Непідтримувані пристрої можуть не прийняти зміну залежно від апаратної конфігурації пристрою. За замовчуванням «SIMATIC Automation Tool» відображає непідтримувані пристрої. Можна вимкнути цю опцію в «General settings».

Таким чином, застосування інструментарію «SIMATIC Automation Tool» забезпечує наступні функції при роботі з апаратними засобами Simatic S7:

- ідентифікацію мережевих пристроїв;
- додавання мережевих пристроїв пристроїв;
- діагностику мережевих пристроїв;
- зчитування службових даних із мережевих пристроїв;
- установку режимів роботи і поточного часу PLC;
- параметрування IP-адреси і PROFINET-імені мережевих пристроїв;
- обслуговування пристроїв (скидання на заводські установки, оновлення мікропрограмного забезпечення).

ВИСНОВКИ

1. На основі опрацювання технічної документації, розроблено апаратно-програмне та методичне забезпечення лабораторного практикуму «Програмне та технічне забезпечення промислових комунікацій» на базі обладнання Simatic S7.

2. Виконано конфігурування, параметрування і налагодження комунікаційного середовища проекту. Розроблено прикладне програмне забезпечення для обміну даними між двома PLC S7-1200 на основі протоколу TCP «Open User Communication».

3. Наведено приклад адаптованої до практикуму інструкції із застосування програмного пакету «SIMATIC Automation Tool» для ідентифікації, параметрування, діагностики і обслуговування мережевих пристроїв Simatic S7 на основі PROFINET.

4. Розроблені апаратно-програмне та методичне забезпечення лабораторного практикуму «Програмне та технічне забезпечення промислових комунікацій» надає можливість виконувати практикум з використанням середовища розробки TIA Portal і симулятора PLCSIM.

					КРБ.СІ - 02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		44

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. Open User Communication with TSEND_C and TRCV_C. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/808/67196808/att_108115/v3/net_s7-1200_isoontcp_en.pdf.

2. Николайчук М.Я. Організація і дослідження елементів комунікаційного середовища WEB-орієнтованих систем управління розподіленими технологічними об'єктами // Методи та прилади контролю якості. 2014. - №2(33). - С. 133-138.

3. Basic Examples for Open User Communication (OUC). [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://support.industry.siemens.com/cs/document/109747710/basic-examples-for-open-user-communication-\(ouc\)?dti=0&lc=en-UA](https://support.industry.siemens.com/cs/document/109747710/basic-examples-for-open-user-communication-(ouc)?dti=0&lc=en-UA).

4. Zamikhovskyi, L., Nykolaychuk, M., & Levytskyi, I. (2024). Organizing the automated system of dispatch control over pump units at water pumping stations. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5(2 (131), 61–75. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.313531>.

5. Simatic S7-1200 Programmable controller. System Manual: Siemens (A5E02486680-AP, V4.6 11/2022). – 1374 p. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/829/109814829/att_1120874/v1/s71200_system_manual_en-US_en-US.pdf.

6. SIMATIC STEP 7 Basic/Professional V17 and SIMATIC WinCC V17. SIEMENS: – System Manual – 05/2021 – 20236 p. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109798671/simatic-step-7-basic-professional-v17-and-simatic-wincc-v17?dti=0&lc=en-UA>.

					КРБ.СІ - 02.00.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

7. Engineering Tools S7-PLCSIM V17 online help. Programming and Operating Manual. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/780/109797780/att_1067574/v1/S7-PLCSIMenUS_en-US.pdf.

8. Николайчук М.Я. Методика організації лабораторного практикуму «Технології і засоби проектування систем управління» [Текст] / М.Я. Николайчук // Збірник тез доповідей Всеукр. наук.- практ. конф. молодих учених і студентів «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ, ТЕХНІЦІ ТА ПРОМИСЛОВОСТІ» / - 13 жовтня 2022, м. Івано-Франківськ. – С. 239-240.

9. Волочий В.І, Николайчук М.Я. // Імітаційне моделювання компонентів системи керування газорозподільними пунктами на базі PLC Simatic S7-1200 // V Міжнародна науково-практична конференція “SCIENTIFIC RESEARCH: MODERN CHALLENGES AND FUTURE PROSPECTS”, 16-18.12.2024, Мюнхен, Німеччина. Рр. 167-174. URL: <https://sci-conf.com.ua/v-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-scientific-research-modern-challenges-and-future-prospects-16-18-12-2024-myunhen-nimechchina-arhiv/>.

10. SIMATIC Automation Tool User Guide. Application Manual. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/353/109817353/att_1131194/v1/SAT_User_Guide_V5_0_en-US_en-US.pdf.

11. PROFINET. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://docs.tia.siemens.cloud/r/simatic_s7_1200_manual_collection_eses_20/communication/profinet/.

12. Л.М.Заміховський, М.Я.Николайчук, І.Т.Левицький. Організація і тестування TCP-сервера системи збору і обробки технологічних параметрів. Матеріали III Міжнародної науково-практичної "Прикладні науково-технічні дослідження" Івано-Франківськ (3-5 квітня 2019 року). – С 48.

					КРБ.СІ - 02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		46

13. DCP – Discovery and Configuration Protocol. [Електронний ресурс].
Режим доступу: <https://profinetuniversity.com/naming-addressing/profinet-dcp//>.

14. What is the Emergency address (Emergency IP) of a CPU and when is this enabled or disabled? [Електронний ресурс]. [Документ] / Siemens Industry Online Support. – Режим доступу: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/97649773>.

					КРБ.СІ - 02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		47

БІБЛОГРАФІЧНА ДОВІДКА

Тема бакалаврської роботи: «Апаратно-програмне забезпечення лабораторного практикуму «Програмне та технічне забезпечення промислових комунікацій»».

Обсяг пояснювальної записки в аркушах – 48 арк.

Перелік креслень графічної частини:

1) КРБ.СІ – 02.00.00.001 Е2 – Організація TCP «Open User Communication» між двома PLC S7-1200. Схема функціональна (аркушів - 1).

2) КРБ.СІ – 02.00.00.002 Е2 – Апаратна конфігурація проекту на базі PLC S7-1200. Схема функціональна (аркушів - 1).

3) КРБ.СІ – 02.00.00.003 Е2 – Комунікаційна програмна інструкція TSEND_C для передачі даних з PLC. Схема функціональна (аркушів - 1).

4) КРБ.СІ – 02.00.00.004 Е2 – Комунікаційна програмна інструкція TRECVC для прийому даних в PLC. Схема функціональна (аркушів - 1).

5) КРБ.СІ – 02.00.00.005 Е2 – Блоки даних PLC з переданими і прийнятими даними визначеного формату. Схема функціональна (аркушів - 1).

6) КРБ.СІ – 02.00.00.006 Е2 – Інтерфейс програмного забезпечення «SIMATIC Automation Tool». Схема функціональна (аркушів - 1).

Дата виконання бакалаврської роботи «20» червня 2025 р.

Студент _____ Дідоха А. А.