

Національний університет «Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка»

(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до магістерської роботи

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему:

**Розроблення комплексу лабораторних робіт на базі навчально-наукового
центру Siemens Національного університету «Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка»**

Виконав: студент 6 курсу, групи 601МЕ
спеціальності

141 – Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Калашник Єгор Дмитрович

(прізвище та ініціали)

Керівник Галай В.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення Навчально-науковий інститут
інформаційних технологій та робототехніки

Кафедра, циклова комісія автоматики, електроніки та телекомунікацій

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки _____

(шифр і назва)

Спеціальність 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри
автоматики, електроніки та
телекомунікацій

_____ О.В. Шефер

“06” вересня 2021 року

З А В Д А Н Н Я **НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Калашнику Єгору Дмитровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема проекту (роботи)** Розроблення комплексу лабораторних робіт на
базі навчально-наукового центру Siemens Національного університету
"Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"

керівник проекту (роботи) Галай Василь Миколайович, к.т.н., доцент

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

затверджена наказом вищого навчального закладу від № 688фа від
25.08.2021р.

2. **Строк подання студентом проекту (роботи)** 15.12.21

3. **Вихідні дані до проекту (роботи)** лабораторне обладнання Siemens, PLC
410E, перетворювач частоти Siemens G120C, середовище програмування PCS
7 і TIA Portal, SCADA система WinCC, Starter.

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які
потрібно розробити)** Опис та характеристика обладнання, Середовища
розробки PCS 7 і TIA Portal, SCADA система SIMATIC WinCC, Емулятор S7-
PLCSIM, робота частотного перетворювача SINAMICS G120C, робота із
програмою STARTER.

5. **Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових
креслень).** Алгоритми створення проекту PCS 7 в середовищі програмування
STEP 7, обладнання навчально наукового центру Siemens, утиліти для роботи
в програмному середовищі STEP 7, імітаційна платформа для віртуального

введення в експлуатацію SIMIT, дослідження частотного перетворювача SINAMICS G120C, характеристики двигуна, що зняті з будованого осцилографа STARTER.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економіка	Григор'єва Олеся Володимирівна		

7. Дата видачі завдання 06.09.20

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Розділ 1. Загальна характеристика обладнання та програмного забезпечення в навчально-науковому центрі Siemens Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» Слайд 1, 2	27.10.21	30%
2	Розділ 2. Науково-дослідна частина. Дослідження характеристик, принципу дії та будови обладнання навчально-наукового центру Сіменс. Дослідження програмного середовища програмування та автоматизації STEP 7. Слайди 3, 4, 5	24.11.21	60%
3	Розділ 3. Дослідження роботи частотного перетворювача SINAMICS G120C. Розділ 4. Економічна частина Висновки Слайд 6, 7, 8, 9	15.12.21	100%

Студент _____
(підпис)

Калашник Є.Д.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____
(підпис)

Галай В.М.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОМУ ЦЕНТРІ SIEMENS НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»	8
1.1 Опис та характеристика обладнання.....	8
1.1.1 Програмований логічний контролер SIMATIC S7-400	8
1.1.2 Центральний процесор контролера CPU 410E	13
1.1.3 Система розподіленого вводу-виведення SIMATIC ET 200SP.....	14
1.1.4 Компактний польовий модуль SIMATIC CFU	16
1.1.5 Частотний перетворювач SINAMICS G120C DP	17
1.1.6 Цифровий перехідний датчик тиску із інтегрованими діагностичними функціями Siemens SITRANS P DS III.....	18
1.2 Середовища розробки PCS 7 і TIA Portal	19
1.2.1 Система керування процесом для комплексної задачі автоматизації SIMATIC PCS 7	19
1.2.2 Інтегрована середа розробки програмного забезпечення TIA Portal ..	22
1.2.3 Програмне забезпечення SIMATIC STEP 7	23
1.2.4 SCADA система SIMATIC WinCC	25
1.2.5 Емулятор S7-PLCSIM.....	26
1.2.6 Імітаційна платформа для віртуального введення в експлуатацію SIMIT... ..	26
2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	28
2.1 Дослідження характеристик, принципу дії та будови обладнання навчально-наукового центру Сіменс.....	28
2.1.1 SIMATIC S7-400.....	28
2.1.2 Система вводу-виведення SIMATIC ET 200SP [18].....	38
2.1.3 Цифровий перехідний датчик тиску SITRANS P DS III	43
2.1.4 Тренувальний стенд на базі частотного перетворювача SINAMICS G120C.....	48

2.2 Дослідження програмного середовища програмування та автоматизації STEP 7.....	49
3 ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ЧАСТОТНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА SINAMICS G120C	62
3.1 Характеристики обладнання стенду на базі частотного перетворювача G120C.....	62
3.2 Базове введення частотного перетворювача в експлуатацію за допомогою IOP та програми STARTER	68
3.2.1 Введення частотного перетворювача в експлуатацію за допомогою IOP.....	68
3.2.2 Введення частотного перетворювача в експлуатацію за допомогою програми STARTER.....	70
3.3 Використання вбудованого осцилографа.....	78
3.4 Налаштування цифрових та аналогових входів та виходів.....	80
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	83
4.1 Визначення затрат на виготовлення стендів для дослідження роботи в навчально-науковому центрі Siemens і втілення в загальну роботу лабораторних розробок.....	83
4.2 Розрахунок витрат з монтажу та налагодження навчально-наукового центру Siemens.....	84
4.3 Визначення загальної суми затрат на навчально-науковий центр.....	84
4.4 Розрахунок річного фонду часу роботи навчально-наукового центру Siemens.....	85
4.4 Розрахунок поточних витрат на оплату праці обслуговування лабораторних стендів.....	85
4.5 Визначимо вартість 1 години проведення лабораторних занять для двох груп людей	85
4.6 Висновки за розділом.....	86
ВИСНОВКИ.....	87
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	88
ДОДАТКИ.....	90

ВСТУП

Siemens AG (Сіменс АГ) – другий у світі та найбільший у Європі міжнародний концерн, що працює у галузі електротехніки, електроніки, енергетики, машинобудування, медицини, зв'язку та світлотехніки.

Сіменс АГ вирішує багато завдань у світі. Основними напрямками компанії є цифрова промисловість, інтелектуальна інфраструктура, транспортні рішення, Сіменс Медицина, Сіменс Енергетика [1].

Компанія Siemens має п'ять регіональних офісів в Україні (у Львові, Харкові, Дніпрі, Одесі, Кривому Розі; два інженерних центра в Києві та Дніпрі. Центральний офіс знаходиться в столиці, Києві.

У вересні 2019 року Siemens Ukraine відкрила один із перших в Україні навчально-науковий центр нафтових і газових промислів в Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», у місті Полтава.

Полтавська область займає лідируючі позиції в загальному обсязі нафто- і газовидобутку в Україні. Зараз тут видобувається, транспортується і переробляється до 50% нафти і газу всієї країни. Тут розташовані провідні розвідувальні, бурові, видобувні, транспортувальні і переробні підприємства енергетичного та екологічного спрямування [2].

Навчально-науковий центр в університеті облаштований різноманітними стендами, наприклад як, модульні програмовані контролери SIMATIC S7-400, багатофункціональні станції для побудови систем розподіленого вводу-виведення SIMATIC ET200SP, частотні перетворювачі SINAMICS G120C, цифрові датчики тиску SITRANS P DS III та інші. Наявність таких контролерів дає можливість вивчати процеси автоматизації різноманітних виробничих процесів, що є ключовим напрямком моєї спеціальності.

Звичайно, поява такого навчального центру дає можливість більш поглиблено вивчати роботу із продуктами Сіменс, але для роботи із обладнанням та програмним забезпеченням повинна бути необхідна інформація та практика, на яку можна опиратися.

Метою даної роботи є розроблення комплексу лабораторних робіт, що спрямовані на створення необхідної бази знань і навичок для подальшого розвитку у напрямку автоматизації процесів виробництва.

Основні напрямки роботи у лабораторії Сіменс включають:

- Знайомство із технічним обладнанням, огляд характеристик, будови та принципу дії. Дослідження програмного забезпечення STEP 7.
- Дослідження роботи частотного перетворювача SINAMICS G120C. Його налаштування у програмі Starter.
- Створення проекту у Simatic Manager. Робота з емулятором S7-PLCSIM та інші.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОМУ ЦЕНТРІ SIEMENS НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»

1.1 Опис та характеристика обладнання

1.1.1 Програмований логічний контролер SIMATIC S7-400

SIMATIC S7-400 – модульний програмований контролер, що призначений для побудови систем автоматизації середнього і високого ступіню складності.

Даний контролер розроблений для побудови систем автоматичного керування, що відрізняються підвищеною надійністю функціонування. Наявність резервованої структури дозволяє продовжувати роботу у разі однієї чи кількох відмов у його компонентах. Як правило, такі системи керують виробництвами, простій яких спричиняє великі економічні втрати.

Завдяки своїй високій надійності контролер S7-400 може використовуватися:

- у системах із високими витратами на перезапуск виробництва у разі відмови контролера;
- у системах з високою вартістю простою;
- у системах управління обробкою цінних матеріалів (наприклад, у фармацевтичній промисловості);
- у системах без постійного контролю з боку обслуговуючого персоналу;
- у системах з невеликою кількістю обслуговуючого персоналу.

Програмовані контролери призначені для побудови систем автоматики безпеки та протиаварійного захисту, в яких виникнення відмов не спричиняє появу небезпеки для життя обслуговуючого персоналу та не призводить до забруднення навколишнього природного середовища.

S7-400 має модульну конструкцію. Він може комплектуватися широким спектром модулів, що встановлюються в монтажних стійках у будь-якому порядку. Система включає у складі:

- Модулі блоків живлення (PS): використовуються для підключення SIMATIC S7-400 до джерел живлення = 24/48/60/120/230 В або 120/230В.
- Модулі центральних процесорів (CPU, ЦП): у складі контролера можуть використовуватися центральні процесори різної продуктивності. Усі ЦП оснащені вбудованими інтерфейсами MPI і PROFIBUS DP, деякі моделі – вбудованим інтерфейсом PROFINET. При необхідності, у базовому блоці контролера може бути використано до 4 ЦП.
- Сигнальні модулі (SM): для вводу-виводу дискретних та аналогових сигналів.
- Комунікаційні модулі (CP): для організації послідовної передачі даних через PtP інтерфейс, побудова систем розподіленого вводу-виводу на основі PROFIBUS DP і PROFINET IO, обміну даними через промислові мережі PROFIBUS, PROFINET та Industrial Ethernet, а також через Internet.
- Функціональні модулі (FM): для вирішення типових задач керування (швидкісне рахування, позиціонування, автоматичне керування і т.д.).
- Інтерфейсні модулі (IM): для побудови систем локального та розподіленого вводу-виводу.
- Монтажні стійки: являються конструктивною основою контролера і дозволяють розміщувати від 4 до 18 модулів контролера. У всі монтажні стійки вбудована паралельна шина (P-шина) для швидкого обміну даними із сигнальними і функціональними модулями. Усі стійки, за виключенням ER1 і ER2 мають послідовну комунікаційну шину (K-шину) для швидкого обміну великими об'ємами даних із функціональними модулями і комунікаційними процесорами.

Якщо необхідний набір модулів не може бути встановлений у базову стійку контролера S7-400, то його система вводу-виводу може бути доповнена необхідним набором стійок розширення. Така система може включати до свого складу один базовий блок та до 21 стійки розширення. Зв'язок між базовим блоком і стійками розширення підтримується через передавальні та приймаючі інтерфейсні модулі. З цією метою базова стійка, в якій встановлено один або кілька центральних процесорів S7-400, комплектується необхідним набором передавальних інтерфейсних модулів. Кожна стійка розширення комплектується одним приймальним інтерфейсним модулем.

Програмований контролер S7-400 здатний виконувати одночасне обслуговування систем локального та розподіленого вводу-виводу. Застосування системи локального вводу-виводу рекомендується у випадках розміщення базового блоку та стійок розширення на невеликих відстанях один від другого. Наприклад, в одній або поряд шафах управління, що стоять. Максимальна відстань між базовим блоком та останньою стійкою розширення лінії може досягати:

- 1.5 м в лінії із ланцюгом живлення 5 В,
- 5 м в лінії без ланцюга живлення 5 В.

Система розподіленого вводу-виводу дозволяє охоплювати автоматизоване обладнання, розміщене на великих площах і значних видаленнях один від одного. Вона може включати до свого складу стійки розширення контролера S7-400 і стійки розширення програмованих контролерів SIMATIC S5. Максимальна відстань між базовим блоком і останньою стійкою розширення в лінії може досягати:

- 100 м при використанні стійок розширення S7-400,
- 600 м під час використання стійок розширення SIMATIC S5.

Додатково система розподіленого введення-виводу S7-400 може включати до свого складу:

- Модулі станцій ET 200, приводи та прилади польового рівня, що підключаються до контролера через мережі PROFIBUS DP/PA та/або PROFINET IO.
- Прилади польового рівня AS-Interface, що підключаються до мережі PROFIBUS DP через комунікаційний модуль DP/ASi Link Advanced або до мережі PROFINET IO через комунікаційний модуль IE/ASi Link PN IO.

Функції контролера.

Програмовані контролери S7-400 забезпечують підтримку широкого набору функцій, що дозволяють суттєво спростувати процеси розробки прикладного програмного забезпечення, його налагодження, діагностики та пошуку несправностей при виконанні пуско-налагоджувальних робіт та експлуатації готової системи:

- Висока швидкодія та підтримка математичних операцій, що дозволяють виконувати ефективну обробку даних та забезпечують суттєве розширення можливих областей застосування контролерів.
- Зручний інтерфейс налаштування параметрів із загальним набором інструментальних засобів для всіх модулів.
- Підтримка функцій людино-машинного інтерфейсу нарівні операційної системи центрального процесора. Усі операції з обміну даними з приладами та системами людино-машинного інтерфейсу виконуються автоматично з використанням однакових символічних імен та загальної бази даних проекту.
- Діагностичні функції, вбудовані в операційну систему центрального процесора і дозволяють здійснювати безперервний моніторинг роботи системи, виявляти помилки та відмови. Діагностичні повідомлення з відмітками дати та часу накопичуються в буфері діагностичних повідомлень центрального процесора.
- Кодування програмних блоків та парольний захист доступу до програми та даних, виключення можливості їх модифікації та копіювання.

- Розширений набір системних функцій, що підтримують обслуговування комунікаційних задач, завдань управління програмою тощо.

Діагностичні функції використовуються для визначення станів відповідних сигнальних модулів та оцінки їх працездатності. Апаратні переривання пов'язані з перевіркою вхідних сигналів контролера на відповідність заданим при конфігуруванні сигнальних модулів умовам. Запити діагностичних та апаратних переривань формуються сигнальними модулями. Формування переривань відбувається у моменти виконання умов, заданих при налаштування кожного модуля.

Технологія CiR (Configuration in Run) дозволяє вносити зміни у конфігурації існуючих систем управління без зупинки виробничого процесу:

- CiR дозволяє здійснювати розширення та оптимізацію існуючих систем управління без зупинки технологічного обладнання. Зміни, що вносяться, не викликають появи несприятливих ефектів. Модифікація системи управління вимагає менших витрат і виконується у короткі терміни.

- Зміна конфігурації системи керування під час її роботи забезпечує високу гнучкість та мінімальне час реакції на зміни у складі автоматизованого обладнання.

- Особливо важливе значення технологія CiR має для безупинних виробництв. Після виконання змін немає необхідності в перезапуску та синхронізації системи управління.

Під час роботи системи управління технологія CiR дозволяє:

- Додавати нові станції розподіленого введення-виводу або прилади польового рівня, що виконують функції відомих пристроїв PROFIBUS DP або PROFIBUS PA. Додавати нові лінії PROFIBUS DP або PROFIBUS PA.

- Додавати нові модулі до існуючих станцій SI MATIC ET 200M для збільшення кількості каналів вводу-виводу.

- Скасувати введені конфігурації. Наприклад, додані прилади польового рівня (відомі пристрої DP/PA) і модулі можуть бути видалені.

- Виконувати переналаштування модулів станцій SIMATIC ET 200M та ET 200iSP. Наприклад, у разі заміни одних датчиків іншими або для зміни граничних значень із параметра, що вимірюється [3].

1.1.2 Центральний процесор контролера CPU 410E

Контролери S7-400, що розташовані в навчально-науковому центрі Siemens в університеті працюють на базі процесора CPU 410E.

CPU 410E ґрунтується на апаратній частині CPU 410-5H і щонайменше дорівнює йому за технологією міцної конструкції без вентилятора, а також за високими стандартами якості. Цей контролер також можна налаштувати для додатків високої доступності або безпеки. CPU 410E може обробляти до 200 об'єктів процесу (ОП).

Області застосування: це спеціальні застосування у водопровідній і водовідведеній промисловості, нафтогазовій промисловості та харчовій промисловості. У поєднанні з CPU 410-5H, CPU 410E також можна використовувати як розподілене рішення для автоматизації, наприклад, для високомодульних технологічних модулів, які можна інтегрувати в цілу установку через Plug-and-Produce.

Переваги та функції:

- Гнучкість у використанні: стандартний, високодоступний і орієнтований на безпеку – відповідно до вимог переробної промисловості
- Діапазон робочих температур від 0 до +70 °C, конформне покриття, використовується у небезпечній зоні 2.
- Підключення PROFIBUS і PROFINET з повним резервуванням
- Підтримує PROFINET R1, S2, MRP і (H)CiR
- Мінімізація простоїв і максимальна доступність завдяки широким можливостям змін під час роботи (зміна під час роботи)
- Робота без батареї для ще простішого використання та більшої доступності завдяки наявності завантажувальної зберігаючої пам'яті.

- Розширені функції безпеки для підвищення безпеки системи
- Підтримка SysLog і SIEM
- Градуїований захист доступу «Захист польового інтерфейсу»
- Оптимальна підтримка концепцій «модульної автоматизації» [4].

1.1.3 Система розподіленого вводу-виведення SIMATIC ET 200SP

Залежно від типу головного модуля вона може виконувати такі функції:

- функції приладу вводу-виведення PROFINET IO у поєднанні з інтерфейсними модулями IM 155-6 PN всіх модифікацій;
- функції керованого пристрою PROFIBUS DP у поєднанні з інтерфейсним модулем IM 155-6 PB HF;
- функції S7-1500 сумісного периферійного контролера у поєднанні з центральними процесорами CPU 1510SP(F)-1 PN та CPU 1512SP(F)-1 PN;
- функції S7-1500 сумісного відкритого контролера у поєднанні з промисловим комп'ютером CPU 1515SP PC2 (F/T/TF).

Станції ET 200SP характеризуються такими показниками:

- Широка гама електронних і силових модулів.
- Висока щільність каналів вводу-виведення на кожний електронний модуль станції. Мінімальні монтажні об'єми для встановлення станції.
- Керування конфігурацією із програми користувача.
- Можливість запуску із неповним складом модулів для часткового введення в експлуатацію.
- Гнучкі можливості формування потенційних груп.
- Висока продуктивність, обмін даними через внутрішню шину станції із швидкістю 100 Мбіт/с.
- Підтримка функцій оновлення вбудованого програмного забезпечення для всіх модулів.
- Підтримка функцій поштучної чи масової «гарячої» заміни модулів.
- Заміна модулів без повторного конфігурування системи.

- Зручне під'єднання зовнішніх ланцюгів сигнальних і технологічних модулів через віджимні контакти без використання інструмента.
 - Підтримка протоколу PROFINET для реалізації алгоритмів енергозбереження.
 - Підтримка функцій ідентифікації та обслуговування.
- Модулі системи ET 200SP мають ступінь захисту IP20, повинні встановлюватися в шафи керування, мають два варіанти виконання (SIMATIC ET 200SP та SIPLUS ET200SP).

Функції.

Станція ET 200SP виконує функції стандартного приладу вводу-виведення в мережі PROFINET IO або функції стандартного веденого пристрою мережі PROFIBUS DP. Звернення до каналів вводу-виведення станції зі сторони веденого мережевого пристрою виконується тим самими способами, що і до каналів системи локального вводу-виводу.

Обмін даними через мережу підтримується інтерфейсним модулем станції.

В мережі PROFINET IO станція ET 200SP з інтерфейсними модулями IM 155-6 PN ST/HF має змогу підтримувати функції загального пристрою вводу-виведення, а також механізми загальних каналів вводу (MSI) або виведення (MSO) для окремих своїх модулів.

Інтерфейсний модуль IM 155-6 DP HF виконує функції керованого пристрою та оснащений 9-полюсним гніздом з'єднувача D-типу для підключення до мережі PROFIBUS (RS 485).

Інтерфейсні модулі IM 155-6 PN виконують функції приладів вводу-виводу PROFINET IO та оснащені вбудованим 2-канальним комутатором.

Вони дозволяють виконувати безпосереднє підключення станції до магістральної або кільцевої мережі PROFINET. Модуль IM 155-6 PN Basic підключається до мережі через два вбудовані гнізда RJ45 і здатний підтримувати обмін даними лише в режимі RT. Модулі IN 155-6 PN ST/HF/HS підключаються до мережі через знімний мережевий адаптер і здатні підтримувати обмін даними в режимах RT та IRT.

Вичерпна діагностика на рівні окремо взятих каналів у поєднанні з текстовими повідомленнями, що вільно конфігуруються, дозволяють виконувати швидкий пошук і локалізацію несправностей, суттєво знижувати час простою виробничого устаткування. Підтримка функцій I&M дозволяє виконувати чітку ідентифікацію та обслуговування модулів станції.

Найповнішу підтримку всіх функціональних можливостей станції ET 200SP забезпечує середа програмування STEP 7 Professional V14 та STEP 7 Safety Advanced V14 [5].

1.1.4 Компактний польовий модуль SIMATIC CFU

SIMATIC Compact Field Unit (CFU) призначений для під'єднання польових пристроїв PROFIBUS PA через мережу PROFINET. SIMATIC CFU може встановлюватися на польовому рівні і має наступні характеристики:

- Системний інтерфейс за стандартом Industrial Ethernet.
- Резервоване з'єднання PROFINET (S2) для забезпечення підвищеного коефіцієнта готовності польової шини.
- Універсальність з'єднання за рахунок використання шинних адаптерів PROFINET (наприклад, електричних, оптичних або змішаних).
- Комбінація цифрової польової шини і дискретного вводу-виведення.
- 8 інтерфейсів PROFIBUS PA для під'єднання польової шини.
- 8 цифрових вільно налаштованих входів/виходів.
- Готовність до віддаленого встановлення.
- Для встановлення в небезпечних зонах включно до Zone 2-22.
- Розширений температурний діапазон від -40 до +70 °C.
- Конформне покриття.
- Може використовуватися на висоті до 4000 м.
- Підвищений захист від електромагнітних впливів, відповідність рекомендаціям NAMUR NE21.
- Просте застосування.

- Автоматична адресація PROFIBUS PA польових пристроїв.
- Підтримувані системою виявлення і інтеграція польових пристроїв в РСУ із використання стандартизованих PA-профілей і різноманітних помічників для введення у роботу, замін і проведення сервісних робіт.
- Наявність діагностичних повідомлень відповідно із рекомендаціями NAMUR NE107.
- Для встановлення використовується стандартна 35 мм рейка [6].

1.1.5 Частотний перетворювач SINAMICS G120C DP

Частотний регулятор має компактні розмір і моноблочну конструкцію, випускається потужністю від 0,55 до 132 кВт. Електропривод Siemens G120C підтримує основні інтерфейси для обміну даними. При необхідності швидко скопіювати параметри, це можна легко зробити за допомогою панелі оператора BOP и IOP або за допомогою MMC карти пам'яті. Для налаштування параметрів привода за допомогою ПК використовуються програми Sizer та Starter. Перетворювач під'єднується до ПК через USB. При монтажі декількох перетворювачів допускається їх встановлення стінка до стінки. Частотний привод має векторне керування без датчика ОС, автоматичне зниження потоку з ECO U/f.

Привод має 6 цифрових і 1 аналоговий вхід, а також 2 цифрових і 1 аналоговий вихід.

SINAMICS підтримує безперервну і енергоефективну роботу насосів, вентиляторів і компресорів в безперервному режимі або режимі високої динамічної продуктивності. Переваги включають в себе високоточне керування потоком, короткий час відклику і запобігання шкідливих рівнів вібрації та кавітації.

У задачах, що потребують високих динамічних характеристик і точності, SINAMICS забезпечує точне позиціонування окремих вісей, їх узгоджену інтерполяцію, наприклад при вирішенні складних роботизованих задач [7].

1.1.6 Цифровий перехідний датчик тиску із інтегрованими діагностичними функціями Siemens SITRANS P DS III

Ця серія перетворювачів включає в себе цифрові датчики тиску для виміру надлишкового тиску, абсолютного тиску, диференційного тиску, витрат та рівня.

Може використовуватися в системах різноманітної конфігурації:

- В якості відокремленого пристрою при підключенні необхідного допоміжного живлення.

- В якості складної системної середи, наприклад SIMATIC S7.

Зв'язок здійснюється за протоколом HART із використанням:

- HART-комунікатора (навантаження 230 ... 1100 Ом).

- ПК із HART-модемом і відповідним програмним забезпеченням, наприклад SIMATIC PDM (навантаження 230 ... 500 Ом).

- Системи керування із підтримкою протокола HART, наприклад SIMATIC PCS7.

Області застосування.

В залежності від версії вимірювальний перетворювач використовується для роботи із корозійними, некорозійними і небезпечними газами, парами та рідинами.

Використовується для наступних типів вимірювання:

- Вимірювання надлишкового тиску.

- Вимірювання абсолютного тиску.

- Диференційного тиску.

При відповідному налаштуванні параметрів і встановленні допоміжних компонентів (таких як дросельні шайби і розділювачі тиску) вимірювальний перетворювач тиску також може використовуватися для наступних типів вимірювання: рівень, об'єм, маса, об'ємні витрати, витрати маси.

Вихідний сигнал – завжди незалежний від навантаження постійний струм у діапазоні 4 ... 20 мА [8].

В небезпечних зонах можливе встановлення іскробезпечної та вибухобезпечної версії вимірювального перетворювача. Пристрої мають сертифікат типових випробувань ЕС і відповідають узгодженим європейським директивам CENELEC.

1.2 Середовища розробки PCS 7 і TIA Portal

1.2.1 Система керування процесом для комплексної задачі автоматизації SIMATIC PCS 7

SIMATIC PCS 7 – розподілена система керування, програмно-апаратний комплекс автоматизованої системи керування технологічними процесами [10].

Являє собою однорідну, функціонально повну інтегровану систему, що створює універсальну платформу для вирішення задач комплексної автоматизації різних галузей промислового виробництва, з допомогою якої може бути забезпечена економічна, широкомасштабна інтеграція систем керування усіма виробничими процесами в єдину систему керування підприємством.

Компоненти SIMATIC PCS 7 включають системи людино-машинного інтерфейсу (НІМ), системи автоматизації, мережі зв'язку, розподілені (віддалені) засоби вводу-виведення, і вбудовані засоби проектування. Системи SIMATIC PCS 7 можуть налаштовуватися системними проектувальниками відповідно до конкретних вимог замовника або при використанні обладнання інших виробників (ОЕМ) за допомогою стандартних інтерфейсів.

SIMATIC PCS 7 може бути повністю об'єднана із корпоративною інформаційною мережею за допомогою інтерфейсів, що засновані на використанні міжнародних промислових стандарті для обміну даними, таких як Ethernet, TCP/IP, OPC або aGlance. Це дозволяє мати доступ до даних процесу в будь-який час і в будь-якому місці, наприклад на рівнях:

- ERP (Планування ресурсів підприємства).
- MIS (Системи керування інформацією).

- MES (Виконавчі виробничі системи).
- Розширене керування процесом.
- Діагностика і віддалений супровід, і обслуговування систем через Інтернет/Інтранет.

SIMATIC PCS 7 заснована на використанні технології PROFIBUS і дозволяє інтегрувати в систему керування процесом розподілені польові системи.

До складу SIMATIC PCS 7 входять:

- Інженерна система – Engineering System (ES).
- Операторська система та система моніторингу – Operator System and Monitoring System (OS).
- Станція технічного обслуговування – Maintenance Station.
- Системи автоматизації – Automation Systems (AS).
- Комунікація – Communication.
- Розподілена периферія – Distributed peripheral.

Система оператора (OS) – вікно і шлюз у процеси; звідси можна спостерігати і керувати усіма шагами технологічного процесу. Інженерна система (ES) дає доступ до даних будь-де потрапившим у систему – уникають подвійного введення.

Для побудови системи PCS 7 використовуються:

- Фірмові ПЛК SIMATIC S7-300, SIMATIC S7-400.
- Системи розподіленого вводу-виведення SIMATIC DP, що побудовані на основі станцій ET200M/S/iSP/pro.
- Спеціалізоване програмне забезпечення – система розробки SIMATIC STEP 7, що включає в себе CFC, SFC, SCL і SIMATIC Manager.
- Системи людино-машинного інтерфейсу SIMATIC HMI: робочі станції і сервера на основі ПЗ WinCC, Web-клієнти на основі Internet Explorer.
- Промислові мережі SIMATIC NET: Industrial Ethernet і PROFIBUS.
- Пакет SIMATIC BATCH – організація пакетного керування процесом.
- Зв'язок із системами верхнього рівня і заводського керування.

Створення проекту.

Проект створюється в середі (в системі) проектування ES. Вона складається з різноманітних додатків. Всі додатки надають користувачу графічний інтерфейс для забезпечення простого керування і зрозумілого відображення даних проекту.

Основні додатки, що використовуються:

- SIMATIC Manager – центральний додаток, що надає можливість звертатися до всіх інших додатків, які можна використовувати при створенні PCS 7-проекту. Запуск утиліти SIMATIC Manager є відправною точкою при створенні проекту.

- HW Config – це утиліта конфігурування апаратного забезпечення системи в цілому, наприклад, CPU, джерела живлення, комунікаційних процесорів.

- CFC-редактор / SFC-редактор – редактори для створення CFC-схем (charts) і послідовного керування (sequential controls).

- PCS 7 OS із різними редакторами (PCS 7 OS with various editors) – для створення конфігурації операторських станцій (OS).

SIMATIC Manager – центральний додаток і деяким чином «ядро» («core») системи PCS 7. Це відправна точка, починаючи з якої можна відкривати усі інші додатки, в яких можна задавати установки для PCS 7-проекту.

Утиліта SIMATIC Manager і всі інші додатки зв'язані один з одним. При відкритті SIMATIC Manager можна побачити, наприклад, усі блоки, що вставлені в CFC-схему (CFC chart) за допомогою CFC-редактора. Це надає перевагу при конфігуруванні операторської станції (OS). Можна просто і швидко візуалізувати змінну процесу (process tag) із CFC-схеми (chart) під час конфігуруванні операторської станції (OS).

Утиліта SIMATIC Manager представляє для використання три різних уявлень (view). Ці три уявлення мають одну важливу особливість, яка полягає в тому, що об'єкти, які вони містять, насправді існуючі в єдиному екземплярі, можуть бути відображені та піддані обробці у трьох різних уявленнях (views). Всі ці уявлення в основному мають однакову структуру: у лівій панелі можна бачити

структуру виду "дерево" (tree structure), а в правій панелі – відображення вмісту об'єкта, вибраного в ієрархічній структурі лівої панелі. Кожне уявлення дає свої власні переваги, залежно від наявного завдання.

- «Уявлення компонентів» – «Component view» – це вид у SIMATIC Manager, що представляє фізичне розташування в пам'яті окремих об'єктів, наприклад, схем (charts) і блоків (blocks). В уявленні компонентів можна одразу побачити, які блоки і які схеми належать тому чи іншому PLC.

- «Уявлення установки» – «Plant view» – це вид у SIMATIC Manager, що представляє ієрархічну структуру установки. Можна розділити установку на частини чи блоки і, використовуючи це уявлення, можна бачити, які схеми (charts) і які діаграми процесу (process pictures) належать тому чи іншому блоку установки.

- «Уявлення об'єктів процесу» – «Process object view» – це вид в SIMATIC Manager, що представляє деталі окремих об'єктів іншого виду – уявлення установки (plant view). Дане уявлення, зокрема, корисно при необхідності назначити однакові значення параметрів великій кількості об'єктів, додати до них коментарі або встановити між ними зв'язок.

1.2.2 Інтегрована середа розробки програмного забезпечення TIA Portal

TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) – інтегрована середа розробки програмного забезпечення систем автоматизації технологічних процесів від рівня приводів і контролерів до рівня людино-машинного інтерфейсу [12].

До TIA Portal інтегрована низка програмних пакетів: SIMATIC STEP 7, SIMATIC STEP 7 Safety, SIMATIC WinCC, SIMATIC WinCC Unified, SINAMICS Startdrive та інші.

TIA Portal включає в себе інструментальні засоби для:

- Конфігурування і налаштування параметрів апаратури.

- Конфігурування систем промислового зв'язку.
- Програмування контролерів.
- Конфігурування панелей операторів SIMATIC.
- Тестування, виконання пуско-налагоджуваних робіт і обслуговування готової системи.

Основна відмінність TIA Portal від PCS 7 полягає в тому, що перша призначена більш для локальних або невеликих процесів автоматизації і більше акцентована на високу швидкість керування. У той час як PCS 7 являє собою розподілену систему управління (PCU) для децентралізованих і великих процесів автоматизації та акцентована на високу доступність та резервування системи.

Також відмінність в тому, що в TIA Portal потрібно, зазвичай, самостійно програмувати цілу систему блоків, наприклад, функції клапана, функції керування двигуном тощо. У PCS 7 всі ці блоки вже створені із великою кількістю додаткових функцій.

В іншому, вони представляють одне й те саме, лише відмінності у деталях, таких як тип ЦП, тип резервування, кількість входів-виходів тощо.

1.2.3 Програмне забезпечення SIMATIC STEP 7

Simatic STEP 7 – програмне забезпечення Siemens для розробки систем автоматизації ПЛК Simatic S7-300/S7-400/M7/C7 і WinAC. За допомогою цієї програми виконується комплекс робіт по створенню і обслуговуванню систем автоматизації на основі ПЛК Simatic S7-300 і S7-400. У першу чергу це роботи по програмуванню контролерів [13].

Програмований логічний контролер (ПЛК) – це мікропроцесорний пристрій, що призначений для керування технологічними процесами в промисловості. Принцип роботи ПЛК полягає в обробці по прикладній програмі користувача даних з модулів входів (наприклад, сигналів від під'єднаних датчиків) і подальшою видачею керуючих сигналів, за допомогою модулів виходів і модулів зв'язку, що забезпечують під'єднання виконавчих пристроїв.

В основі роботи лежить концепція проекту, під яким розуміється комплексне вирішення задачі автоматизації, в тому числі декілька взаємозалежних контролерів на базі фізичних мікроконтролерів, що з'єднують їх мережі і системи людино-машинного інтерфейсу.

В процесі конфігурації визначається склад обладнання в цілому, розбиття на модулі, способи під'єднання, використані мережі, вибираються налаштування для модулів, що використовуються. Система перевіряє правильність використання і під'єднання окремих компонентів. Завершується конфігурування завантаженням вибраної конфігурації в обладнання, що по суті є налаштування обладнання. Утиліти конфігурування дозволяють здійснювати діагностику обладнання, виявляти апаратні помилки або неправильний монтаж обладнання.

Програмування контролерів виконується редактором програм, що забезпечує написання програм трьома основними мовами:

- LAD (Ladder Diagram) – мова релейно-контактної логіки.
- FBD (Function Block Diagram) – мова функціональних блочних діаграм.
- STL (Instruction List) – мова списку інструкцій.

В додаток цим мовам, можуть бути додані інші додаткові мови, що поставляються окремо:

- SFC (Sequential Function Chart) – мова діграм стану.
- CFC (Continuous Flow Chart) – мова безперервних функціональних схем. По суті, це подальший розвиток FBD.
- SCL (ST, Structured Text) – структурна мова керування, за синтаксисом близька до Pascal.
- GRAPH 7 – мова керування послідовними технологічними процесами.
- HiGraph 7 – мова керування на основі графу стану системи.

В наших лабораторних завданнях, будуть використовуватися мови програмування SFC і CFC.

1.2.4 SCADA система SIMATIC WinCC

SIMATIC WinCC (Windows Control Center) – операторська система на основі ПК для керування і моніторингу технологічних процесів, машин і виробництв у всіх секторах – починаючи від простих станцій для одного керувача і закінчуючи розподіленими системи для багатьох користувачів із резервованими серверами і територіально розподіленими рішеннями із Web клієнтами. WinCC являє собою концентратор інформації для корпоративної вертикальної інтеграції.

Основна конфігурація системи включає стандартні для промисловості функції сигналізації та підтвердження подій, архівування повідомлень і вимірюваних значень, реєстрації всіх даних процесу, конфігурації, адміністрування користувачів і візуалізації [14].

Основні можливості WinCC:

- Візуалізація техпроцесу (Graphic Designer).
- Конфігурація і налаштування зв'язку із контролерами різних виробників (Tag Management).
- Відображення, архівування і протоколювання повідомлень від технологічного процесу (Alarm Logging).
- Відображення, архівування і протоколювання змінних (Tag Logging).
- Розширення можливостей системи за рахунок використання скриптів на мовах ANSI C, VBS і VBA.
- Проектування системи звітності (Report Designer).
- Взаємодія з іншими додатками, в тому числі і по мережі, завдяки використанню стандартних інтерфейсів OLE, ODBC і SQL забезпечує просту інтеграцію WinCC у внутрішню інформаційну мережу підприємства.
- Проста побудова систем клієнт-сервер.
- Побудова резервуючих систем.
- Розширення можливостей шляхом використання елементів ActiveX.
- Відкритий OPC-інтерфейс (OLE for Process Control).
- Взаємодія із пакетом SIMATIC Step 7.

1.2.5 Емулятор S7-PLCSIM

Емулятор S7-PLCSIM дозволяє тестувати програмні блоки користувача на комп'ютері або програматорі без використання реального програмованого контролера. Це дозволяє виконувати налагодження програми на ранніх стадіях розробки проекту, підвищувати якість програм, прискорювати та здешевити виконання пуско-налагоджуваних робіт.

S7-PLCSIM інтегрується в пакет STEP 7 і дозволяє отримувати наступний набір додаткових функцій:

- Тестування і налагодження програм.
- Тестові функції для різних способів представлення програм S7.
- Вибір режиму роботи: безперервне виконання програми або виконання одного циклу програми.
- Відображення вмісту акумуляторів, блоку регістрів, стеку.
- Інтерфейс користувача для відображення і модифікацій значень вхідних і вихідних сигналів, флагів, таймерів, лічильників і блоків даних.
- Фіксація помилок в організаційних блоках.

S7-PLCSIM імітує взаємодію центрального процесору SIMATIC S7 із областю відображення процесу. За аналогією із процедурами в реальному обладнанні тестувальна програма завантажується в емульований центральний процесор S7. S7-PLCSIM підтримує інтерфейс для обміну даних із різними додатками Windows. Зв'язок базується на використанні елементів керування ActiveX Control. S7-PLCSIM дозволяє:

- Здійснювати запис та зчитування змінних.
- Змінювати режими роботи емульованої системи (наприклад, виконувати 1 цикл програми).

1.2.6 Імітаційна платформа для віртуального введення в експлуатацію SIMIT

SIMIT – це імітаційна платформа для віртуального введення в експлуатацію програмного забезпечення користувача в системах автоматизації. При цьому SIMIT надає у ваше розпорядження широкий спектр моделювання заводу. Починаючи з моделювання вхідних і вихідних сигналів, через моделювання польового обладнання, до моделювання всього процесу.

За допомогою SIMIT можна виконувати моделювання на одній платформі, яка дозволяє проводити комплексні тести автоматизації проектів, а також віртуальне введення в експлуатацію систем, машин та процесів. Крім того, платформу моделювання також можна використовувати для реалістичного здійснення середовища для навчання персоналу.

Використання SIMIT, дозволяє створити імітаційну модель ваших машин або створити і закласти основу для цифрового двійника, віртуального відображення вашої технологічної реальності. SIMIT забезпечує покращену працездатність, спрощене імітаційне моделювання та більшу продуктивність, відкритість та гнучкість.

Основними цілями даної платформи є:

- Тестування ПЗ автоматики із використанням симуляції моделі (Virtual Commissioning, VCO)
- Навчання взаємодії із ПЗ автоматики із використанням симуляції моделі (Operator training, OTS).

Переваги платформи:

- розробка та тестування програмного забезпечення автоматизації перед введенням в експлуатацію;
- емуляція рівня сигналу, пристрою та процесу;
- графічний інтерфейс користувача для легкого використання;
- гарантія високої якості;
- підвищення ефективності витрат;
- використання як системи навчання оператора;
- інтегрований віртуальний контролер V9.0 з SIMIT Simulation V9.0.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

Комплекс лабораторних робіт включає в себе як теоретичні, так і практичні базові навички роботи із пристроями та програмним забезпеченням в лабораторії Siemens. В даному розділі будуть розглянуті головні пристрої з якими проводиться робота в лабораторії.

Лабораторні роботи можна поділити структурно на декілька етапів:

- Огляд та знайомство із обладнанням лабораторії та програмним забезпеченням.
- Дослідження роботи програмного забезпечення STEP 7 за допомогою утиліти SIMATIC Manager.
- Дослідження роботи частотного перетворювача SINAMICS G120C.
- Створення проекту на базі контролера S7-400, дослідження CFC-схем та послідовного керування у CFC/SFC редакторах, симуляція та керування процесом у середовищі WinCC.

2.1 Дослідження характеристик, принципу дії та будови обладнання навчально-наукового центру Сіменс.

2.1.1 SIMATIC S7-400

SIMATIC S7-400 – модульний програмований контролер, що призначений для побудови систем автоматизації середнього і високого ступіню складності [16].

Області застосування: машинобудування, автомобільна промисловість, складське господарство, технологічні установки, системи вимірювання і збору даних, текстильна промисловість, хімічне виробництво і т.д.

Дані контролери можуть включати до свого складу:

- Модуль центрального процесору (CPU). Залежно від ступеню складності задачі існують різні типи ЦП. При необхідності можна використовувати до 4 ЦП.

- Сигнальні модулі (SM), що призначені для вводу і виведення дискретних та аналогових сигналів.
- Комунікаційні процесори (CP) для організації мережевого обміну даними через Industrial Ethernet, PROFINET, PROFIBUS або PtP інтерфейс.
- Функціональні модулі (FM) – інтелектуальні модулі для вирішення задач швидкого рахування, позиціонування, автоматичного регулювання та інших.
- Інтерфейсні модулі (IM) для підключення стійок розширення до базового блоку контролера.
- Блоки живлення (PS) для живлення контролера від мережі змінного або постійного струму.



Рисунок 2.1.1 – Siemens CPU 410E H-System

Контролери в лабораторії Siemens виконані в модифікації S7-400H на базі процесорів CPU 410E. Це модифікація з резервованою структурою для побудови систем автоматизації підвищеної надійності (H-system).

Резервування – метод підвищення характеристик надійності технічних пристроїв або підтримка їх на необхідному рівні шляхом введення апаратної надлишковості за рахунок включення запасних (резервних) елементів і зв'язків, додаткових у порівнянні із мінімально необхідним для виконання заданих функцій у даних умовах роботи [15].

За станом резервних елементів до моменту ввімкнення їх у роботу розрізняють:

- Навантажений (горячий) резерв – резервні елементи навантажені так само, як і основні.
- Полегшений (очікуючий) резерв – резервні елементи навантажені менше, ніж основні.
- Ненавантажений (холодний) резерв – резервні елементи майже не мають навантаження.

Загальні можливості даного контролера:

- Резервування всіх основних функцій на рівні операційної системи ЦП.
- Підтримка локального, а також розподіленого вводу-виведення на основі мережей PROFIBUS DP/PA і PROFINET IO.
- Висока надійність функціонування, що забезпечена використанням одно- и двоканальних перемикаючих конфігурацій системи локального і розподіленого вводу-виведення.
- Горяче резервування. Автоматичне безударне перемикання на резервний блок у випадку відмови ведучого блоку.
- Використання систем розподіленого вводу-виведення на основі кільцевої мережі PROFINET IO і/або резервованих мереж PROFIBUS DP.

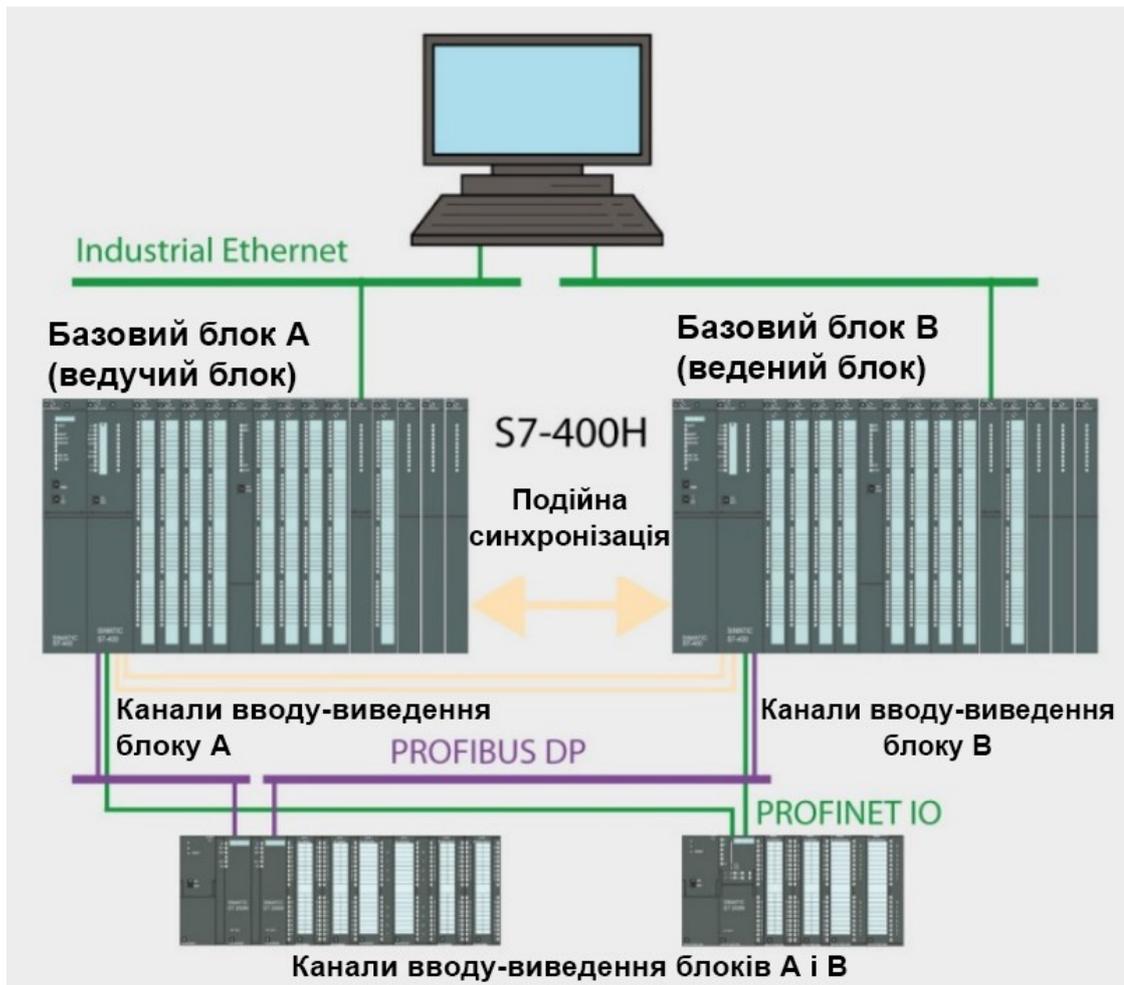


Рисунок 2.1.2 – Загальна схема резервованої системи S7-400N

Особливості S7-400N:

- Прозоре програмування:
 - Програми можуть розроблятися на всіх доступних для S7-400 мовах.
 - Програма, що написана для звичайного центрального процесора, може виконуватися і центральним процесором резервованого контролера та навпаки.
 - При написанні програми враховуються лише технологічні особливості об'єкту керування. Питання підвищення надійності функціонування системи вирішуються операційною системою і апаратною частиною контролера.

- Швидке безударне ввімкнення резерву. Типовий час перемикання із несправного ведучого на ведений процесор складає не більше 30 мс. На період перемикання операційна система виключає можливість втрати даних або сигналів переривань.

Основні принципи резервування.

В основу побудови даного контролера покладений принцип горячого резервування із підтримкою функцій безударного автоматичного перемикання на резервний блок у випадку відмови ведучого базового блоку. Відповідно даного принципу при нормальній роботі оба базових блоку знаходяться в активному стані і синхронно виконують одну й ту саму програму. При появі відмови усі функції керування приймає на себе справний базовий блок контролера.

Операційна система ЦП S7-400N виконує усі необхідні функції резервування і забезпечує підтримку:

- обміну даними між базовими блоками;
- ідентифікації відмов і вводу у роботу резервного базового блоку;
- синхронізації роботи базових блоків;
- тестування системи.

Для гарантованого ввімкнення резерву між базовими блоками необхідний надійний швидкий синхронізований зв'язок. Цей зв'язок підтримується через оптичні кабелі, що з'єднують два ЦП. Швидкість обміну даними дорівнює 150 Мбіт/с. Довжина синхронізуючих кабелів може досягати 10 км.

В S7-400N використовується подійна синхронізація, що виконується в моменти:

- прямого доступу до входів-виходів системи;
- обробки сигналів програмних і апаратних переривань;
- отримки аварійних повідомлень;
- оновлення часу користувачем;
- модифікації даних комунікаційними функціями.

В результаті оба базових блока контролера працюють з однією програмою користувача, з одними блоками даних, з однією складовою області відображення

процесу та з одними внутрішніми даними (бітами пам'яті, таймерами, лічильниками і т.д.).

Це дозволяє підтримувати оба базових блока в однакових станах у повній готовності безударного прийому на себе усіх функцій керування.

Для моніторингу свого стану програмований контролер S7-400N забезпечує підтримку широкого спектру функцій самодіагностики:

- система зв'язку між базовими блоками контролера;
- центральні процесори;
- мікропроцесори і спеціалізовані мікросхеми;
- запам'ятовуючий пристрій.

В системі вводу-виведення ПЛК S7-400N можуть використовуватися:

- одноканальній односторонній конфігурації;
- одноканальні перемикаючі конфігурації;
- двоканальні перемикаючі конфігурації;
- змішані конфігурації з елементами усіх наведених конфігурацій.

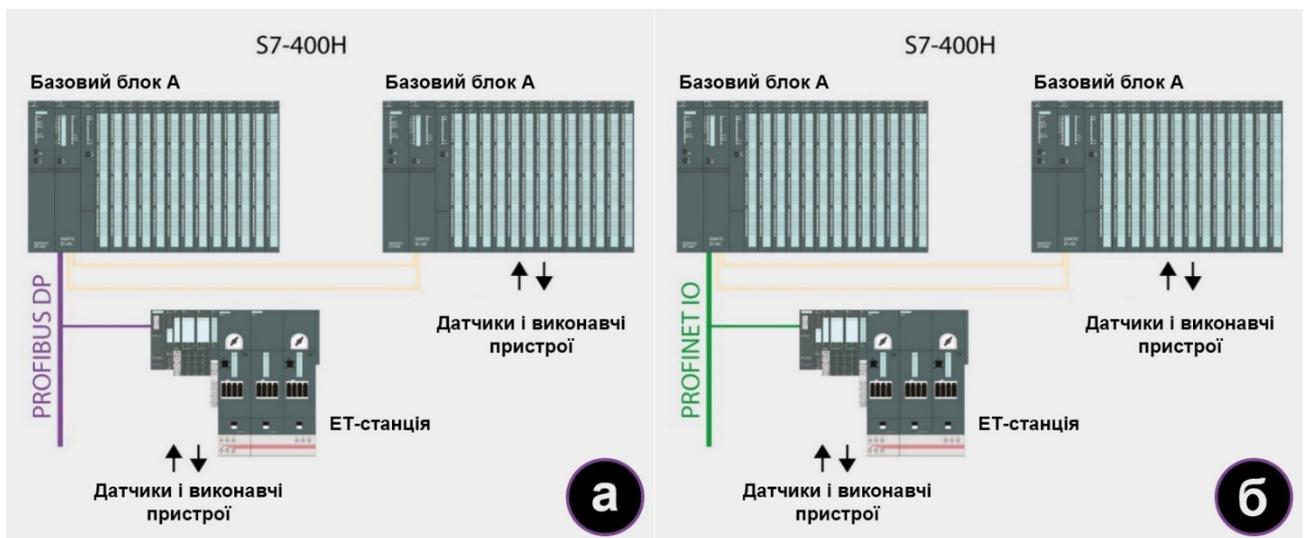


Рисунок 2.1.3 – Одноканальна одностороння конфігурація

а) на основі мережі PROFIBUS DP;

б) на основі мережі PROFINET IO.

Одноканальна одностороння конфігурація знаходить призначення:

- для керування окремими частинами процесу, що не мають підвищених вимог до надійності функціонування системи керування;
- для побудови симетричних резервованих структур вводу-виведення із підтримкою функцій резервування на рівні програми користувача.

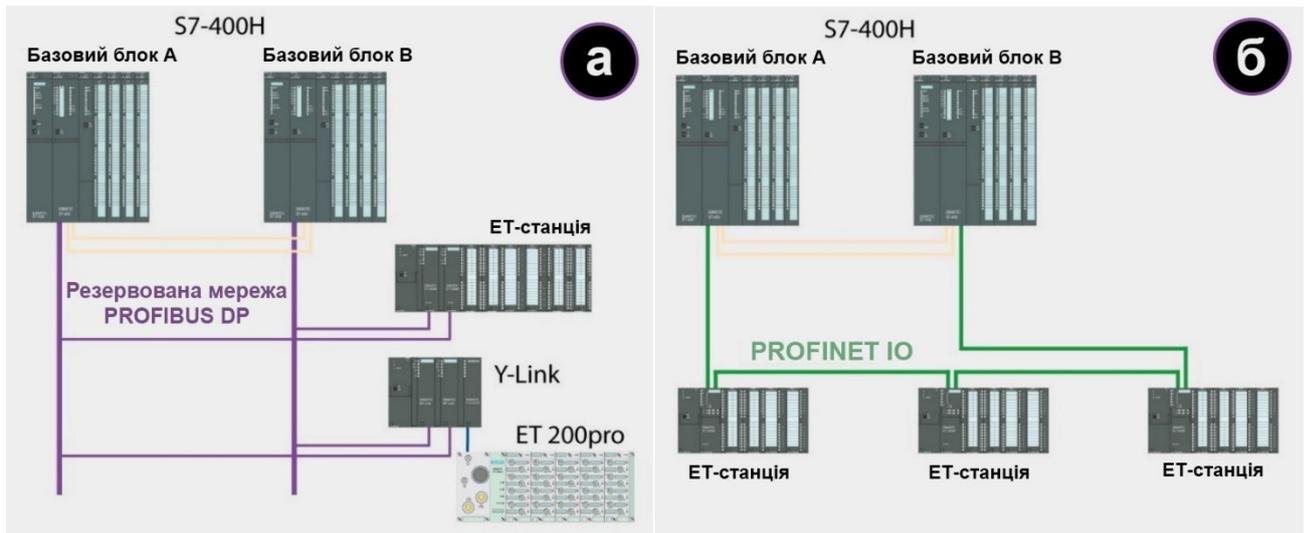


Рисунок 2.1.4 – Одноканальна перемикаюча конфігурація

- а) на основі мережі PROFIBUS DP;
- б) на основі мережі PROFINET IO.

Усі датчики і виконавчі пристрої під'єднуються до модулів вводу-виведення по стандартним одноканальним схемам: один канал на датчик/виконавчий пристрій. Доступ до всіх модулів вводу-виводу мають оба центральних процесора S7-400H. В нормальних режимах роботи керування процесом здійснює тільки ведучий базовий блок.

Двоканальна перемикаюча конфігурація.

Такі конфігурації можуть підтримуватися тільки центральними процесорами S7-400H із операційною системою V3.1 і вище. Звичайні і/або резервовані датчики і/або виконавчі пристрої під'єднуються через резервовані пари модулів вводу-виведення (два канали на звичайний або резервованій датчик/виконавчий пристрій).

Кожна пара резервованих модулів повинна створюватися на базі модулів однакових типів, що розміщується у базових блоках і/або стойках розширення контролера, а також у ET-станціях. Номера слотів не мають значення, але для підвищення надійності модулі резервованої пари рекомендується розміщувати у різних монтажних стійках контролера або у різних ET-станціях.

Двочанальні перемикаючі конфігурації системи вводу-виведення дозволяють зберігати працездатність системи автоматизації у таких випадках:

- при відмові одного із базових блоків контролера;
- при пошкодженні однієї із гілок мережі PROFIBUS DP;
- при відмові одного із інтерфейсних модулів ET-станції або відмови блоку зв'язку Y-Link;
- при відмові двох інтерфейсних модулів ET-станції;
- при відмові одного із сигнальних, функціональних або комунікаційних модулів резервованої пари.

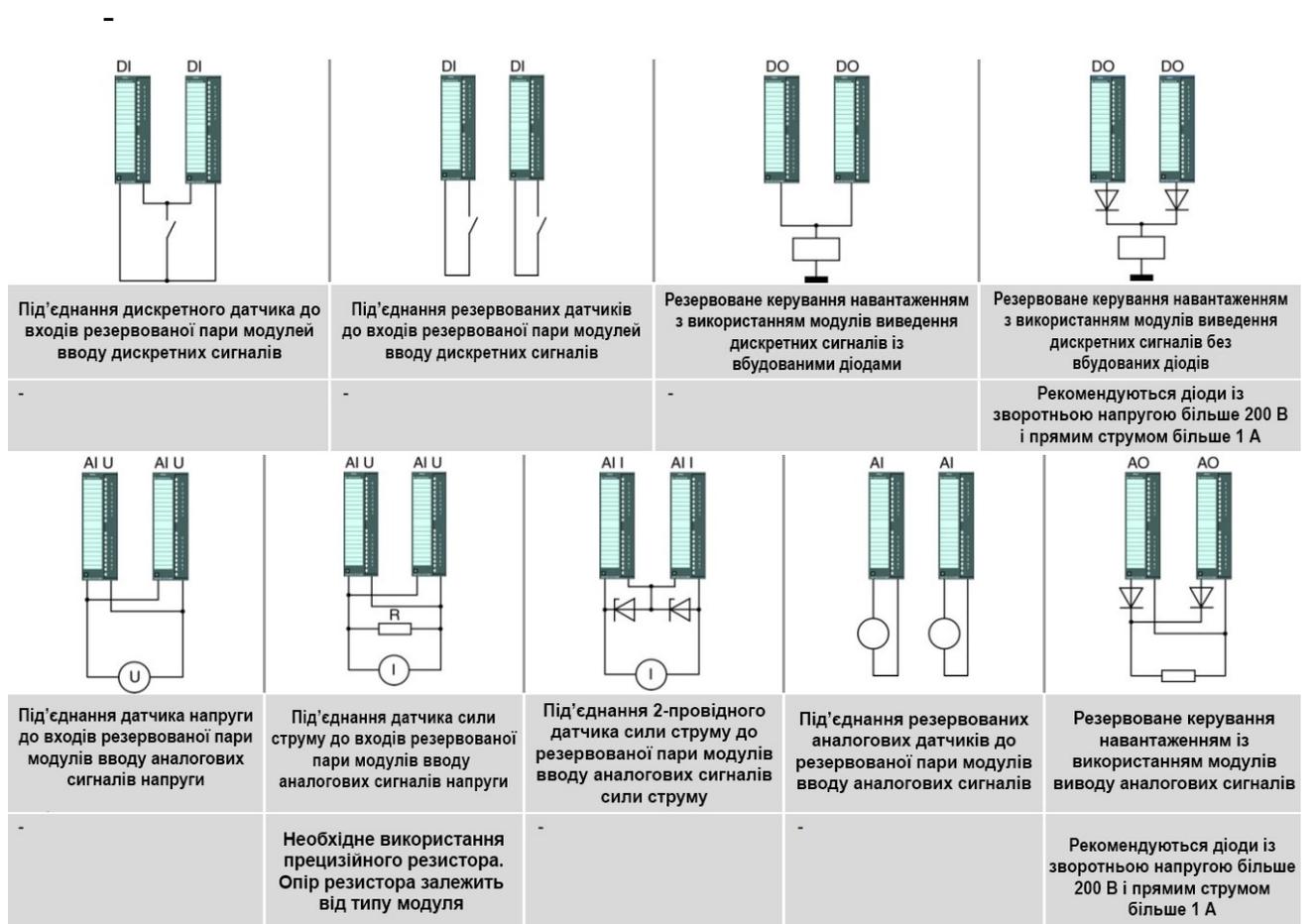


Рисунок 2.1.5 – Схеми під'єднання датчиків і виконавчих пристроїв

Як було зазначено система S7-400H виконана на базі процесорів CPU 410E.



Рисунок 2.1.6 – Загальний вид CPU 410E

Дані процесори створені на основі CPU 410-5H, але з деякими відмінностями [17].

Основні відмінності полягають у можливостях обробки кількості об'єктів процесу та робочою пам'яттю.

CPU 410E має робочу пам'ять (для програми і даних) 4 МБ (CPU 410-5H – 32 МБ) і може одночасно обробляти до 200 ОП.

На рисунку нижче приведене розташування органів керування та індикаторів.

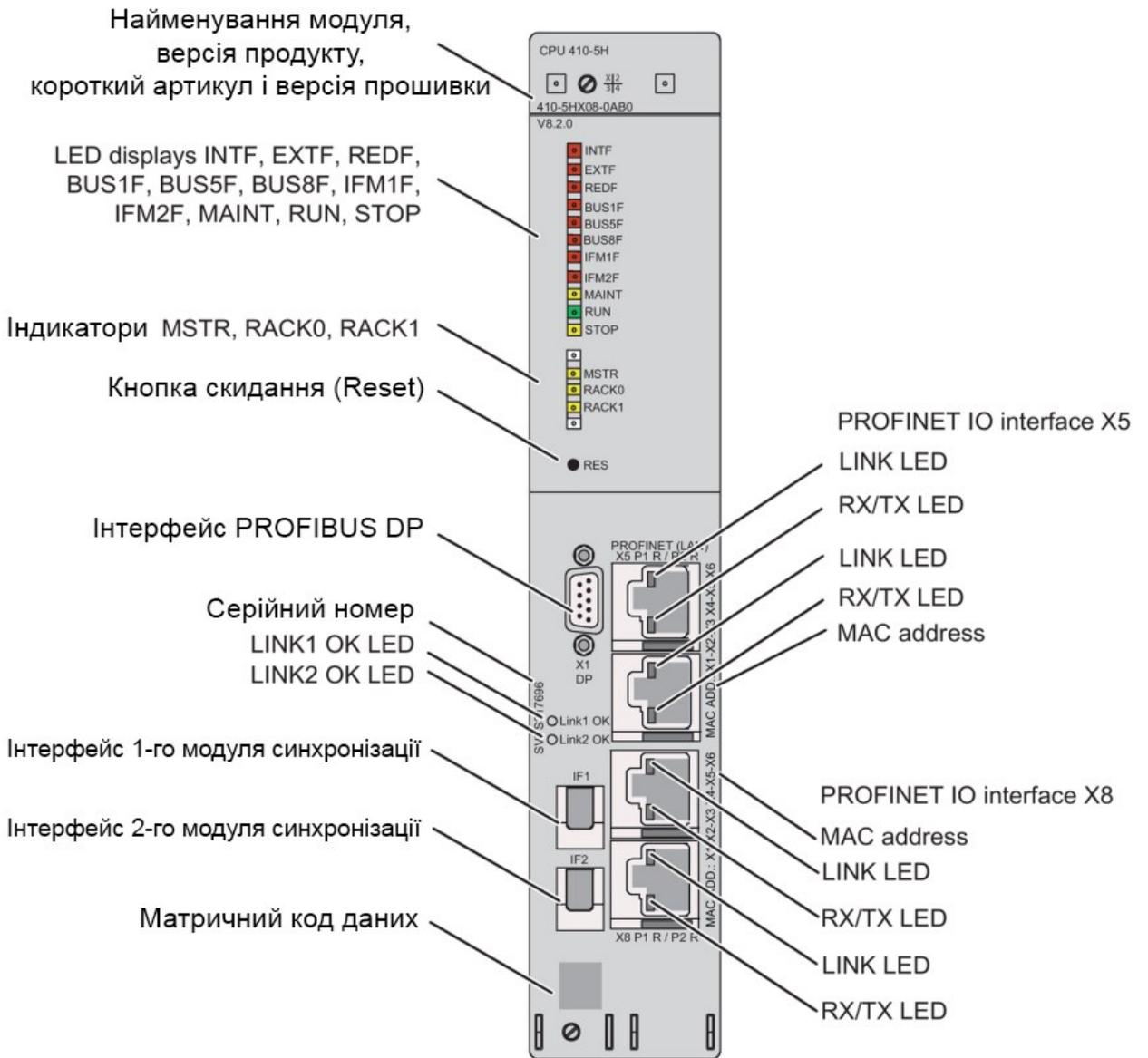


Рисунок 2.1.7 – Органи керування та індикатори процесору

2.1.2 Система вводу-виведення SIMATIC ET 200SP [18].



Рисунок 2.1.8 – Загальний вид SIMATIC ET 200SP

Многофункціональна система ET 200SP має модульну конструкцію і орієнтована:

- На побудову периферійних станцій вводу-виведення в мережах PROFINET IO або PROFIBUS DP.
- На побудову автономних або периферійних S7-1500 сумісних програмованих контролерів.

Модулі системи ET 200SP мають ступінь захисту IP20, повинні встановлюватися у шафи керування і мають два варіанта виконання: SIMATIC ET 200SP I SIPLUS ET 200SP.

Система монтується на стандартну 35 мм профільну шину DIN і в більшості випадків включає у свій склад:

- Інтерфейсний модуль для підтримки обміну даними із ведучим пристроєм мережі PROFINET IO або PROFIBUS DP або модуль центрального процесора.
- Електронні і силові модулі, що встановлюються на базові блоки.
- Сервер модуль, що встановлюється за останнім електронним модулем станції.

В залежності від типу головного модуля в одній системі ET 200SP може використовуватися до 64 електронних і силових модулів, що обслуговують до 1024 дискретних або до 256 аналогових каналів вводу-виведення.

Розглянемо окремо кожен модуль.

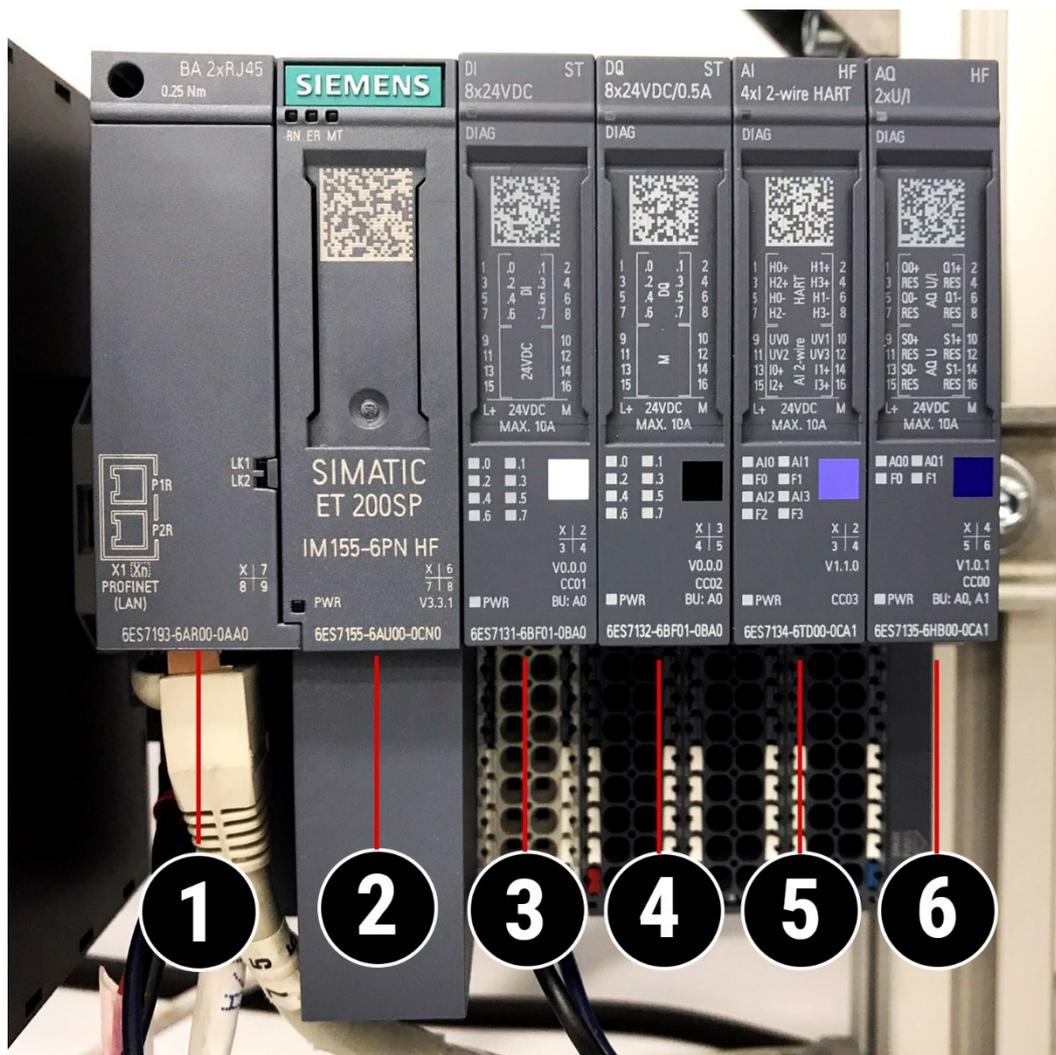


Рисунок 2.1.9 – ET-станція лабораторії Siemens

Модуль 1 (замовний номер: 6ES7193-6AR00-0AA0) – з’ємний мережевий адаптер (BA – Bus Adapter), має 2 роз’єма RJ45 для під’єднання до мережі PROFINET. Використання мережевих адаптерів дозволяє виконувати гнучкий вибір різних технологій під’єднання мережі, а також легко комбінувати різноманатні види каналів зв’язку без використання додаткових мережевих компонентів. Даний адаптер оснащений двома зеленими світлодіодами LK1 і LK2 для індикації процесів обміну даними через відповідні комунікаційні порти.

Модуль 2 (замовний номер: 6ES7155-6AU00-0CN0) – інтерфейсний модуль IM155-6PN HF з адресним простором вводу-виведення до 1440 байт для обслуговування до 64 модулів станції. Даний модуль призначений для під’єднання ET-станції до мережі PROFINET IO і підтримки обміну даними із контролером вводу-виведення.

Конструкція модуля:

- Діагностичні світлодіоди індикації наявності помилок в роботі модуля, режиму роботи модулі, наявності напруги живлення, запиту на обслуговування.
- З’ємний 2-полюсний термінальний блок для під’єднання ланцюга живлення 24 В.
- Інтерфейс під’єднання до мережі PROFINET IO із вбудованим 2-канальним комутатором реального масштабу часу (RT і IRT).
- Інтерфейс внутрішньої шини станції для під’єднання електронних модулів.

Функції IM 155-6 HF:

- Підтримка Ethernet сервісів ping, agr, мережевої діагностики SNMP/MIB-2, LLDP-MIB та MRP-MIB.
- Підтримка діагностики комунікаційних портів
- Можливість заборони роботи портів.
- Керування конфігурацією станції із програми користувача.
- Підтримка даних ідентифікації і обслуговування (I&M).
- Обмін даними в реальному масштабі часу в режимі RT та IRT.

- Виконання операцій пріоритетного запуску пристроїв вводу-виведення
 - Підтримка ізохронного режиму
 - Системне резервування (S2).
 - Одночасна численна заміна модулів станції.
 - Скидання на заводські налаштування за допомогою кнопки RESET.
- Електронні модулі ET-станції (рис. 2.1.9, 3-6).

Електронні модулі призначені для вводу і виведення дискретних або аналогових сигналів у системах автоматизації стандартного призначення, а також у системах протиаварійного захисту і забезпечення безпеки (F систем).

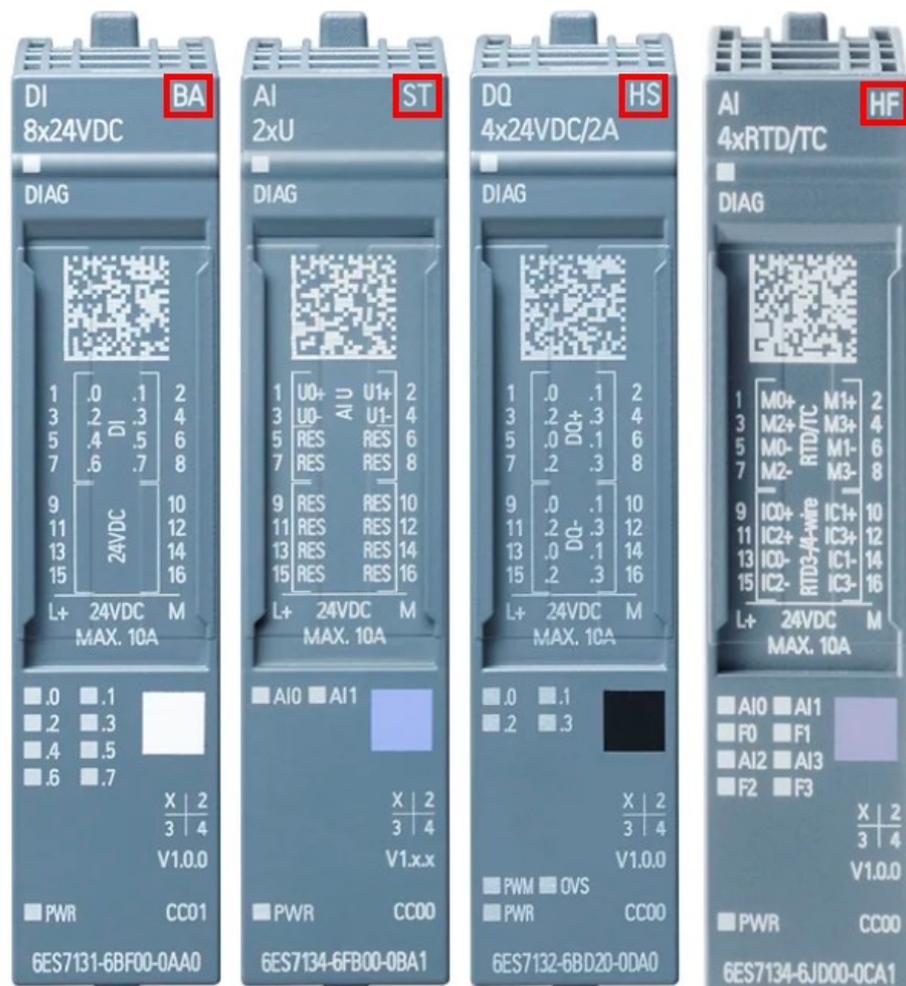


Рисунок 2.1.10 – Класи модулів ET 200SP

Усі електронні модулі станції діляться на декілька класів:

- Модулі класу BA (Basic) – відносно прості і недорогі модулі без підтримки діагностичних функцій.
- Модулі класу ST (Standard) із підтримкою діагностичних функцій на рівні модуля або групи каналів і можливістю зміни параметрів налаштування під час роботи.
- Модулі класу HS (High Speed) із малим часом фільтрації вхідних сигналів, введенням і виведенням імпульсних сигналів в дискретних модулях, а також коротким часом перетворення в аналогових модулях.
- Модулі класу HF (High Feature) із підтримкою діагностичних функцій на рівні окремих каналів і можливістю зміни параметрів налаштування під час роботи.

Усі електронні модулі встановлюються на базові блоки (BU), що монтується на стандартну 35 мм профільну шину DIN. Перше встановлення електронного модуля на базовий блок автоматичного супроводжується виконанням операції механічного кодування базового блоку. У подальшому на даний блок може встановлюватися тільки електронний блок такого самого типу. Це виключає можливість виникнення помилок при заміні модулів. Заміна електронних модулів може виконуватися під час роботи станції без демонтажу їх зовнішніх ланцюгів. В залежності від типу головного модуля станції (ІМ або CPU) така заміна може виконуватися поштучно або масово.

На фронтальній панелі кожного модуля нанесена інформація о його призначенні, версії апаратури і вбудованого програмного забезпечення, колірна позначка виду модуля і його колірний код, замовний номер і матричний 2D код модуля, а також схема під'єднання зовнішніх ланцюгів. За колірним кодом можна вибрати опціональну пластикову колірну накладку на термінальну коробку базового блоку.



Рисунок 2.1.11 – Загальний вид модуля

2.1.3 Цифровий перехідний датчик тиску SITRANS P DS III

Далі розглянемо будову та принцип дії цифрового перехідного датчика тиску із інтегрованими діагностичними функціями Siemens SITRANS P DS III [8].

Дані датчики, в залежності від конструкції, призначені для виміру надлишкового, абсолютного, диференційного тиску, витрат і рівня. Вихідним сигналом є постійний струм від 4 до 20 мА, який лінійно-пропорційний вхідному тиску.

Розглянемо окремо різні конструкції:

- Вимірювальний перетворювач надлишкового тиску.

Пристрій цієї конструкції вимірює тиск не агресивних і агресивних газів, парів і рідин. Можливі інтервали виміру від 0,01 до 400 бар.

- Вимірювальний перетворювач абсолютного тиску

Вимірює тиск не агресивних і агресивних газів, парів і рідин. Має дві серії: серія «Тиск» і серія «Диференційний тиск».

Серія «диференційний тиск» характеризується високим максимально доступним робочим тиском. Можливі інтервали виміру від 8,3 мбар до 160 бар.

- Вимірювальний перетворювач для диференційного тиску і витрат.

Використовується для виміру диференційного тиску (наприклад, активного тиску), невеликого позитивного або негативного перевантаження, або витрат $q = \sqrt{\Delta p}$ (разом із дросельним пристроєм). Можливі інтервали виміру від 1 мбар до 30 бар.

- Вимірювальний перетворювач рівня

Пристрій даної конструкції із навісним фланцем вимірює рівень не агресивних і агресивних рідин у закритих і відкритих резервуарах. Можливі інтервали виміру між 25 мбар і 5 бар. Діаметр навісного фланця складає DN80 або DN100 відповідно 3 або 4 дюйми.

При вимірюванні рівня у відкритих резервуарах від'ємне з'єднання вимірювальної комірки залишається відкритим (вимірювання «відносно атмосферного»), при вимірюванні у закритих резервуарах це з'єднання для компенсації статичного тиску повинно бути з'єднано із резервуаром.

Конструкція.

Пристрій складається, в залежності від потреб, із різноманітних складних частин.

Збоку на корпусі знаходиться типова табличка (рис. 2.1.13, 3) із номером замовлення. Завдяки йому і даним у вказівках замовлення можна визначити опційні деталі конструкції і можливий діапазон виміру (фізичні властивості вбудованих сенсорних елементів).

Навпроти знаходиться табличка допуску.

Корпус виготовлений із алюмінієвого лиття під тиском або точного лиття із нержавіючої сталі. Спереду і ззаду знаходяться по одній знімній круглій кришці. Передня кришка (6) може бути обладнана оглядовим склом з тим, щоб вимірювані величини могли бути зчитані безпосередньо із цифрового індикатора. Збоку, на вибір зліва або справа, знаходиться підвід (4) електричного з'єднання. Отвір, що не використовується в даний момент, закритий заглушкою (протилежна сторона). Позаду на корпусі знаходиться під'єднання захисного проводу.

Після відкручування задньої кришки відкривається доступ до електричних з'єднань для допоміжної енергії і екрана. У нижній частині корпусу знаходиться вимірювальна комірка із під'єднанням до процесу (1). Вона зафіксована від провертання стопорним гвинтом (8). Завдяки модульній конструкції, у випадку необхідності можлива заміна вимірювальної комірки і електроніки. Встановлені значення параметрування зберігаються. На верхній стороні корпусу видно пластиковий кожух (5), що відкривається.



Рисунок 2.1.12 – Конструкція SITRANS P DS III, вид спереду

Принцип роботи.

Вхідна величина від сенсора (рис. 2.1.14, 1) перетворюється в електричний сигнал. Даний сигнал підсилюється вимірювальним підсилювачем (2) і оцифровується в аналогово-цифровому перетворювачі (3). Цифрова інформація оброблюється у мікроконтролері, виправляється відповідно лінійності і температурної характеристики і перетворюється в цифрово-аналоговому перетворювачі (5) у вихідний струм від 4 до 20 мА. Діодна схема (10) здійснює захист від сплутування полярності. Специфічні параметри вимірювальних комірок, параметри електроніки і параметрування фіксуються у двох енергонезалежних ЗП (6). Перший ЗП з'єднаний із вимірювальною коміркою, другий – із електронікою. Тим самим можлива заміна електроніки і/або вимірювальної комірки (модульна конструкція).

Можливе параметрування вимірювального перетворювача через клавіши керування (8) і зчитування результатів виміру, повідомлень про помилки і режимів керування на цифровому індикаторі (9) безпосередньо на місці виміру. HART-модем (7) дозволяє здійснювати параметрування через протокол відповідно HART-специфікаціям.



Рисунок 2.1.13 – Схема електроніки SITRANS P DS III

2.1.4 Тренувальний стенд на базі частотного перетворювача SINAMICS G120C

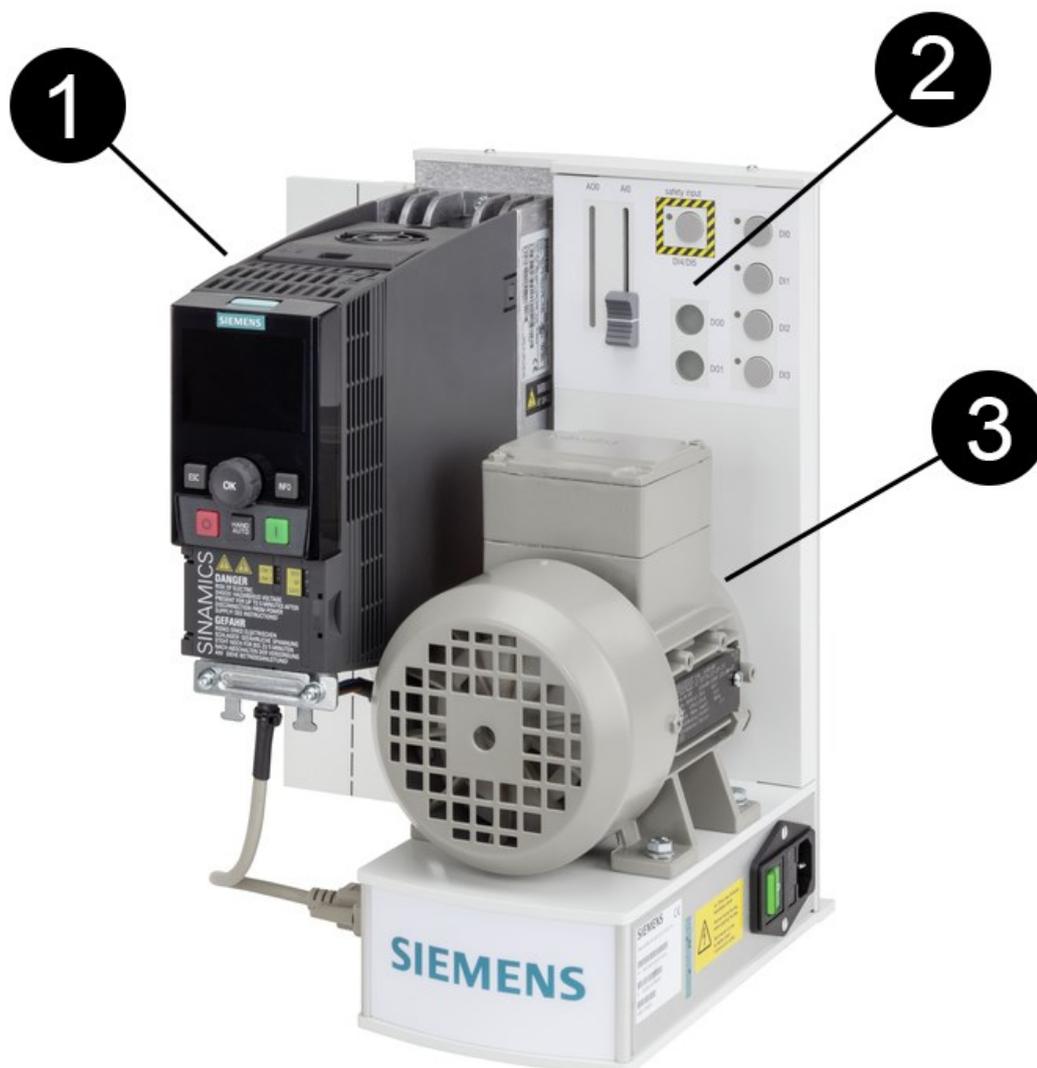


Рисунок 2.1.14 – Зовнішній вигляд стенду

- 1 – частотний перетворювач SINAMICS G120C із IOP
- 2 – панель керування цифровими та аналоговими сигналами
- 3 – трифазний асинхронний двигун 0,12 кВт

Головний елемент стенду, частотний перетворювач призначений для керування швидкістю трифазних двигунів. Він має моноблочну конструкцію, що включає в себе силовий та керуючий модулі та може оснащуватися базовою панеллю оператора (BOP-2) або інтелектуальною (IOP). SINAMICS G120C має

ступінь захисту IP20 і призначений для встановлення в електричну шафу, максимальна потужність роботи 0,55 кВт.

Існують різні варіанти вбудованих інтерфейсів (USS, Modbus RTU, PROFIBUS-DP, PROFINET, CANopen) для простої інтеграції у різні системи керування, а також має вбудовані цифрові і аналогові входи і виходи. Версія в лабораторії Сіменс має вбудований інтерфейс PROFIBUS-DP, що забезпечує інтеграцію у систему TIA (Totally Integrated Automation). Також даний перетворювач оснащений інтерфейсом USB, що дозволяє легко з'єднати його із ПК та налаштувати параметри і керувати двигуном у програмі STARTER.

2.2 Дослідження програмного середовища програмування та автоматизації STEP 7.

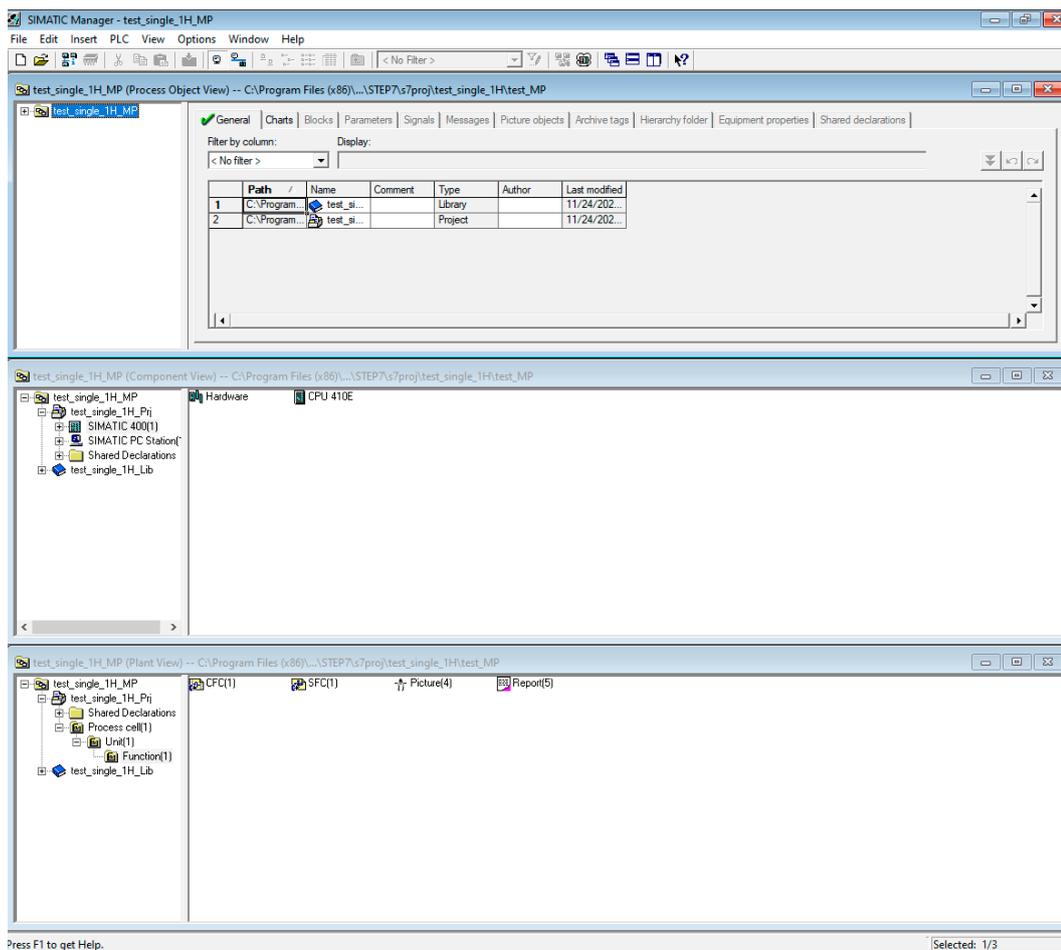


Рисунок 2.2.1 – Приклад відкритого вікна Simatic Manager

Після запуску утиліти, потрібно створити новий або відкрити вже існуючий проект. Усі дані автоматизації зберігаються у формі об'єктів у проекті. Коли формується проект, створюються папки для групування даних за допомогою установки необхідних станцій, принаймні з CPU. Крім того, створюються також папки програм користувача. Ви можете створити папку для своїх програм безпосередньо у папці проекту.

На наступному етапі Ви повинні конфігурувати Ваше обладнання та, якщо це необхідно, комунікації. Після цього необхідно створити програму та протестувати її.

Порядок створення даних автоматизації не є суворо фіксованим. Необхідно лише дотримуватися таких правил: якщо Ви бажаєте обробляти об'єкти (дані), вони мають існувати; якщо Ви бажаєте вставити (додати) об'єкти у проект, відповідні папки (шлях до об'єктів) мають бути доступні. Ви можете перервати розробку проекту у будь-який момент та продовжити її знову з будь-якої точки, знову запустивши SIMATIC Manager.

Отже, створення проекту автоматизації можна поділити на такі етапи:

- створення проекту (за допомогою програми-помічника або самостійно);
- конфігурація обладнання та їх компіляція;
- конфігурація комунікацій (мережі);
- створення програми користувача;
- тестування програми.

На наступних схемах відображені загальні алгоритми використання програмного середовища STEP 7.

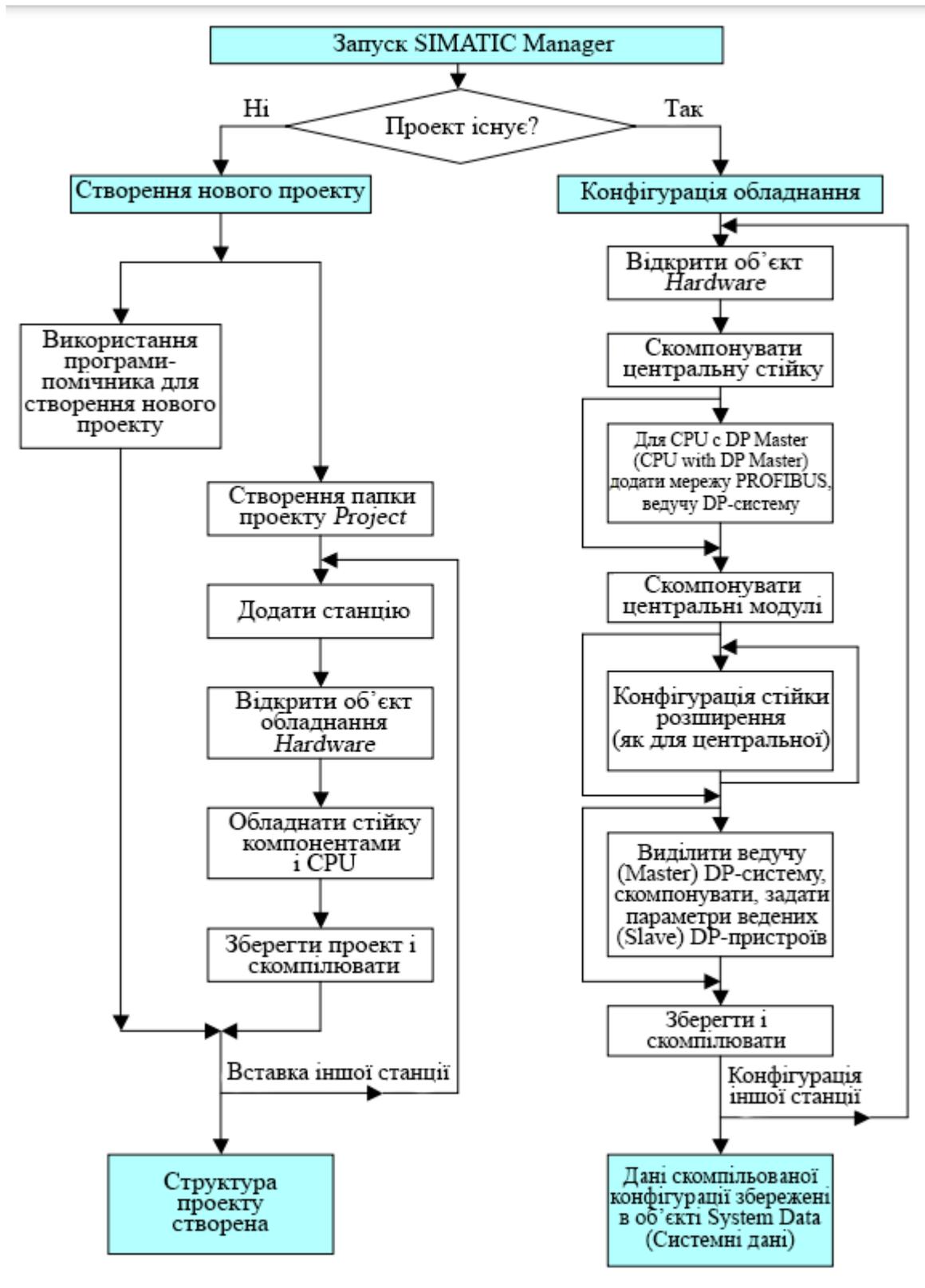


Рисунок 2.2.2 – Алгоритм створення проекту та конфігурації обладнання

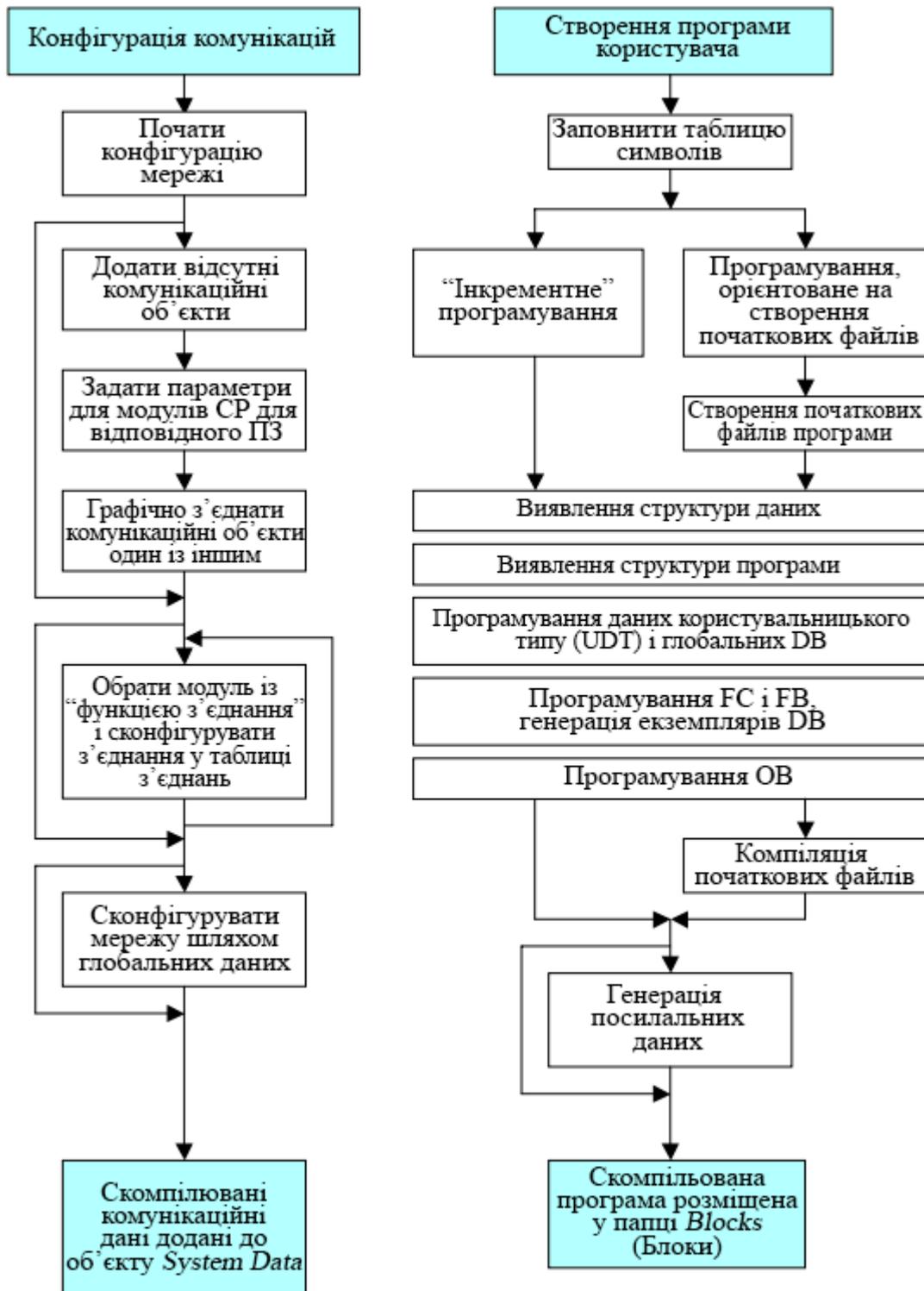


Рисунок 2.2.3 – Алгоритм конфігурації мережі та створення програми користувача

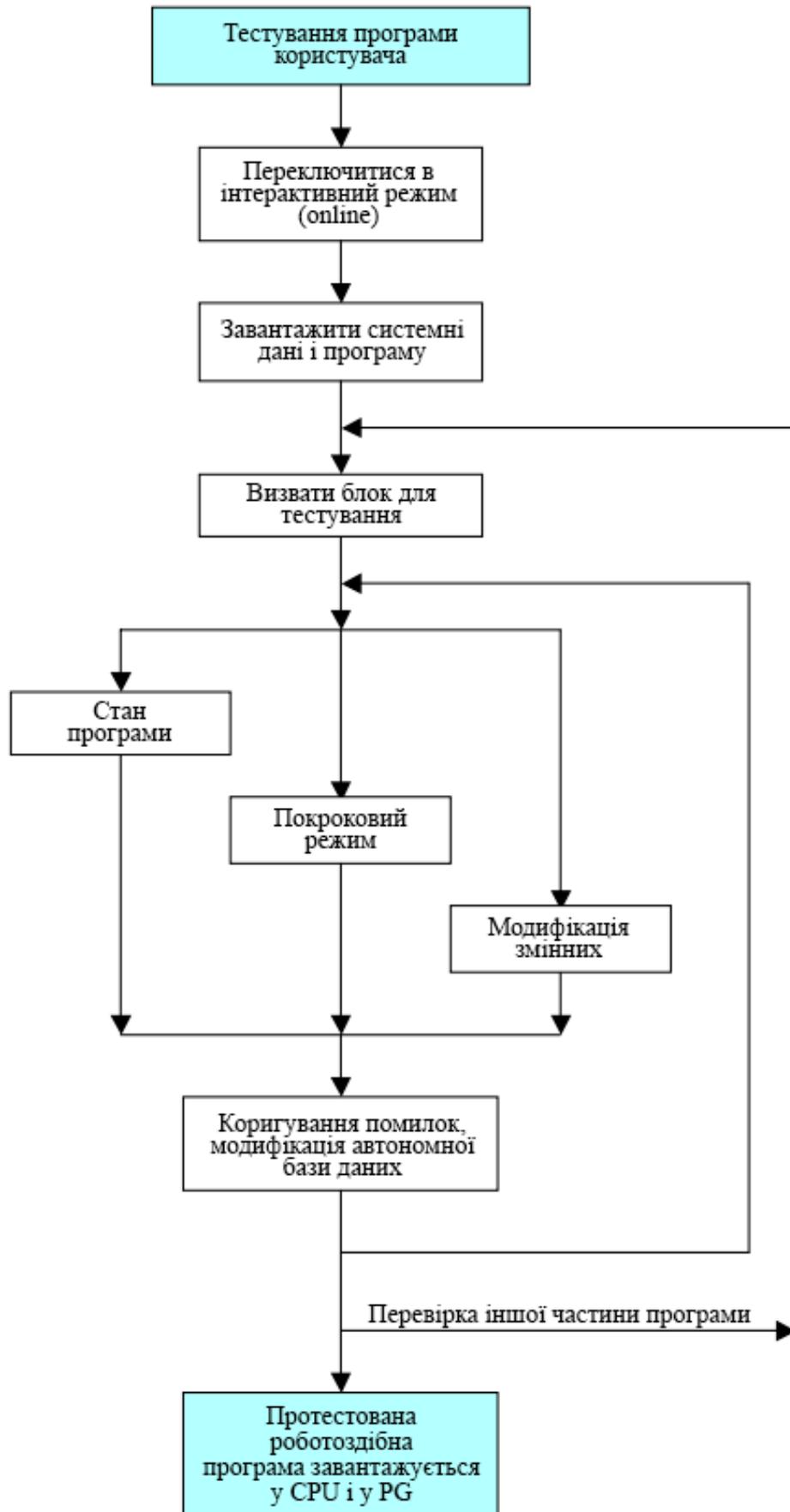


Рисунок 2.2.4 – Алгоритм тестування програми користувача

Базовий пакет STEP 7 включає наступні мови програмування: STL (statement list), LAD (ladder diagram), FBD (function block diagram) та додаткові у новіших версіях CFC та SFC. Також можлива поставка пакетів S7-SCL (Structured Control Language – структурна мова керування), S7-GRAPH (для графічної розробки програм систем автоматизації SIMATIC у вигляді послідовності кроків і переходів між ними), S7-HiGraph (для графічної розробки програм систем автоматизації SIMATIC у вигляді графу стану системи і переходів між ними).

При першому запуску активізується програма «мастер проекту» (Project Wizard). Ця програма може бути використана для швидкого створення нових проектів. Її можна вимкнути за допомогою елемента керування Check Box “Display Wizard on starting the SIMATIC Manager” («Відображати мастер-програму при запуску SIMATIC Manager»). Також мастер-програма може бути викликана при необхідності за допомогою команд меню: File > “New Project” Wizard.

За допомогою SIMATIC Manager і здійснюється роботи у середі STEP 7. «Логічні» об’єкти, що відображаються у вікнах SIMATIC Manager, відповідають «реальним об’єктам установки (процесу). Проект включає в себе установку (процес) в цілому, тоді як станція (station) відповідає програмованому контролеру (PLC).

Проект може містити кілька станцій, пов'язаних один з одним, наприклад, за допомогою підмережі MPI. Станція містить CPU, а CPU містить S7 програму. У свою чергу програма включає інші об’єкти, такі як об’єкт *Blocks* (блоки), що містить серед іншого скомпільовані блоки.

Структура	Об'єкт	Опис
Project		Папка для всіх об'єктів проекту
MPI [PTP, PROFIBUS, Ethernet]	Subnet (Підмережа)	Містить параметри для підмережі
SIMATIC 300/400 station		
Hardware (Апаратне забезпечення)	Configuration table (Таблиця конфігурації)	Містить дані конфігурації для станції і параметри для модулів
CPU xxx		
Connections (З'єднання)	Connection table (Таблиця з'єднань)	Містить дані комунікацій для вузлів мережі
S7 program		
Symbols (Символи)	Symbol table (Таблиця символів)	Містить символи (символьні імена) для абсолютної адресації GD
Sources		
Source files (Вихідні файли)	Source programs (Вихідні програми)	Містить вихідні файли програми користувача (STL-, SCL-програми...)
Blocks		Папка для скомпільованих об'єктів програми користувача
OB n	Організаційні блоки	Містять скомпільовані коди і дані програми користувача
FB n	Функціональні блоки	
FC n	Функції	
DB n	Блоки даних	
SFC n	Системні функції	Містять інтерфейс виводу системних блоків, що вбудовані у CPU
SFB n	Системні функц. блоки	
System data	Системні блоки даних	Містять скомпільовані дані для таблиці конфігурації
UDT n	Data types (типи даних користувача)	Містять визначення типів даних, що визначені користувачем
VAT n	Variable table (Таблиця змінних)	Містить змінні для моніторингу і модифікації
S7 program		Папка для програми користувача, яка призначена не для будь-якого CPU (має таку ж структуру, як і будь-яка S7-програма, призначена CPU)

Рисунок 2.2.5 – Ієрархічна структура об'єктів проекту STEP 7.

Об'єкти STEP 7 поєднуються в деревоподібну структуру. На рис. 2.2.5 відображені найважливіші компоненти цієї деревоподібної структури ("main branch" - "головна гілка"), які характерні для роботи з базовим пакетом S7 в автономному режимі (offline view). Об'єкти, виділені жирним шрифтом, містять

інші об'єкти. В автономному режимі (offline view) усі відображені на рисунку об'єкти доступні користувачеві. Ці об'єкти розташовані на жорсткому диску PG-програмера. Якщо PG знаходиться в інтерактивному зв'язку (online) з CPU (звичайна система управління з PLC), можна увімкнути інтерактивний режим (online view), обравши опції меню: View -> Online (Режим -> Інтерактивний). Ця опція викликає інше вікно проекту, що містить об'єкти призначеного пристрою; при цьому об'єкти, виділені на малюнку, більше не відображаються.

У STEP 7 "головні об'єкти", що знаходяться на верхньому рівні структурної ієрархії, це проекти (project) та бібліотеки (library).

Проекти (projects) використовуються для систематичного зберігання даних та програм для вирішення задач автоматизації. Найважливіші з них:

- дані конфігурації обладнання;
- параметри модулів;
- дані конфігурації мережевих комунікацій;
- програми (коди та дані, символи, вихідні програми).

Об'єкти у проекті організовані як ієрархічної системи. Першим кроком для редагування всіх об'єктів проекту є відкриття проекту. У наступних розділах обговорюється процес редагування цих об'єктів.

Бібліотеки (library) використовуються для зберігання багаторазово використовуваних компонентів програми. Бібліотеки організовані у вигляді ієрархічної системи. Вони можуть містити STEP 7 програми, які в свою чергу можуть містити програми користувача (компільовані блоки), вихідні тексти програм та таблиці символів. За винятком можливості інтерактивного (online) зв'язку (не можливе налагодження програми), створення програм або частин програм у бібліотеці забезпечує такі функціональні можливості як і в об'єкта.

В комплекті STEP 7 знаходиться стандартна бібліотека Standard Library, що містить такі розділи:

- System Function Blocks (системні функціональні блоки), які містять інтерфейси викликів системних блоків для створення програм автономному режимі, що функціонально забезпечується у CPU;

- S5-S7 Converting Blocks (блоки S5-S7 перетворення), що містять функції, що завантажуються для S5-S7 перетворення (для заміни стандартних функціональних блоків S5 у процесі конвертування програми);
- T1-S7 Converting Blocks (блоки T1-S7 перетворення), що містять додаткові завантажувані функції та функціональні блоки для T1 S7 перетворення;
- IEC Function Blocks (функціональні блоки IEC), що містять функції, що завантажуються для редагування комплексних змінних типів DATE_AND_TIME та STRING;
- Communication Blocks (комунікаційні блоки), які містять функції, що завантажуються для управління модулями CP;
- PID Control Blocks (блоки ПІД-керування), що містить завантажувані функціональні блоки для систем автоматичного керування;
- Organization Blocks (організаційні блоки), що містить шаблони для організаційних блоків (розділ оголошення змінних для стартової інформації) [19].

Як вже було зазначено спочатку створюється проект («в ручному» режимі або за допомогою Project Wizard). У більшій частині випадків використовується саме Project Wizard.

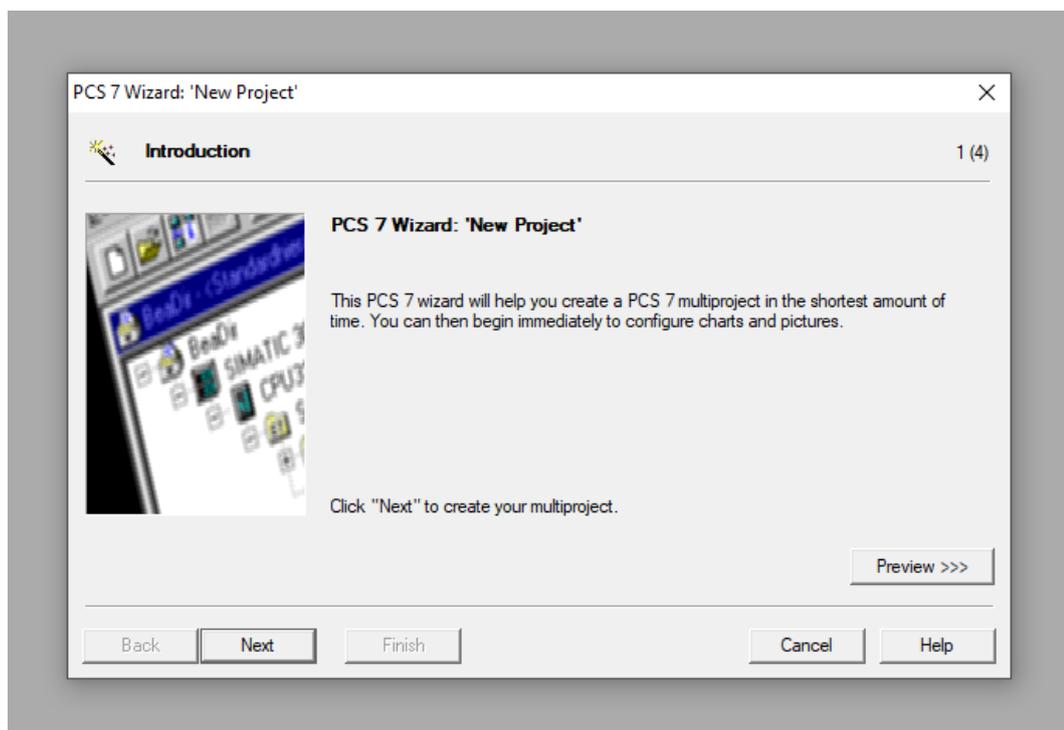


Рисунок 2.2.6 – Початкове вікно програми-помічника

Після створення проекту з'являються вікна уявлень проекту (детальніше дивіться у розділі 1.2.1, с. ...)

Далі, згідно із зазначеним алгоритмом (див. рис. 2.2.2), потрібно сконфігурувати обладнання. Даний етап здійснюється за допомогою утиліти HW Config. Її можна визвати перейшовши до уявлення компонентів (Component View), обравши каталог контролера і натиснути на Hardware.

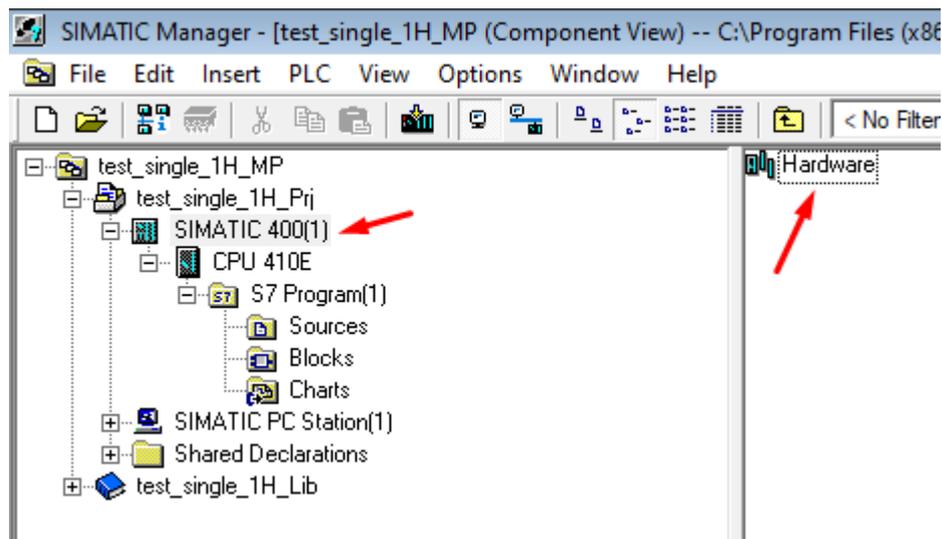


Рисунок 2.2.7 – Один із варіантів відкриття утиліти HW Config

Далі відкриється дана утиліта налаштування обладнання. Тут безпосередньо здійснюється вибір апаратних компонентів (CPU, CP, шини даних, цифрових та аналогових входів/виходів і т.д.).

Після необхідних налаштувань потрібно зберегти та скомпіювати дані.

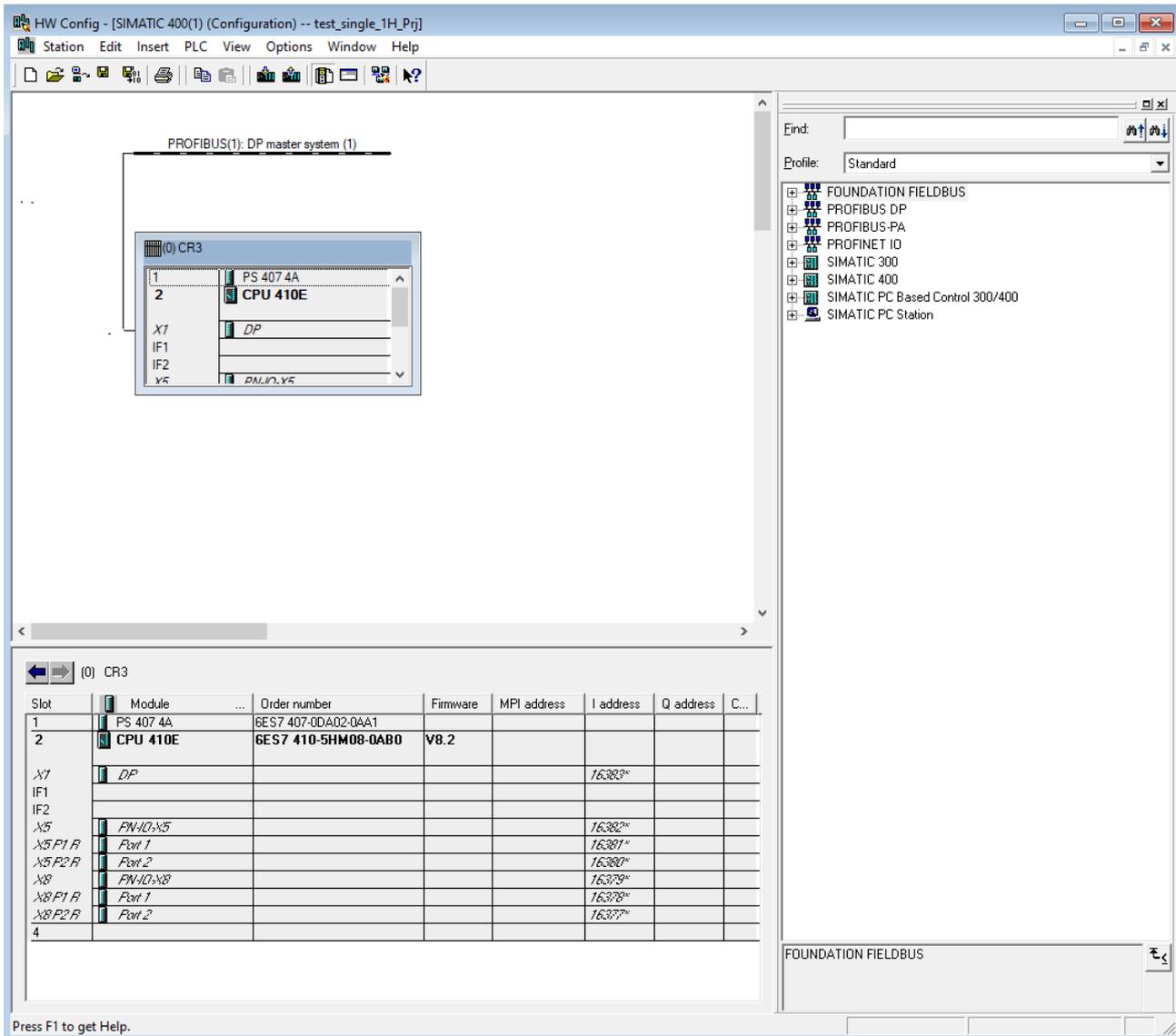


Рисунок 2.2.8 – Приклад відкритого вікна утиліти HW Config

Далі потрібно налаштувати комунікацію. Це здійснюється за допомогою утиліти NetPro. Один із варіантів як визвати дану утиліту наведено на рисунку 2.2.9.

Тут додаються відсутні комунікаційні об'єкти, задаються параметри для модулів CP, конфігурується зв'язок між елементами системи тощо (рис. 2.2.10).

Дана інформація є узагальненою для розуміння наявних інтерфейсів, із якими найчастіше потрібно буде працювати. Детальніше про створення програми користувача, програмування блоків, налаштування CFC/SFC-схем буде розглядатися під час лабораторних робіт.

Для візуалізації та керування техпроцесу використовується утиліта Graphics Designer, що входить до складу операторської системи керування і моніторингу технологічних процесів SIMATIC WinCC (детальніше див. 1.2.4, 25).

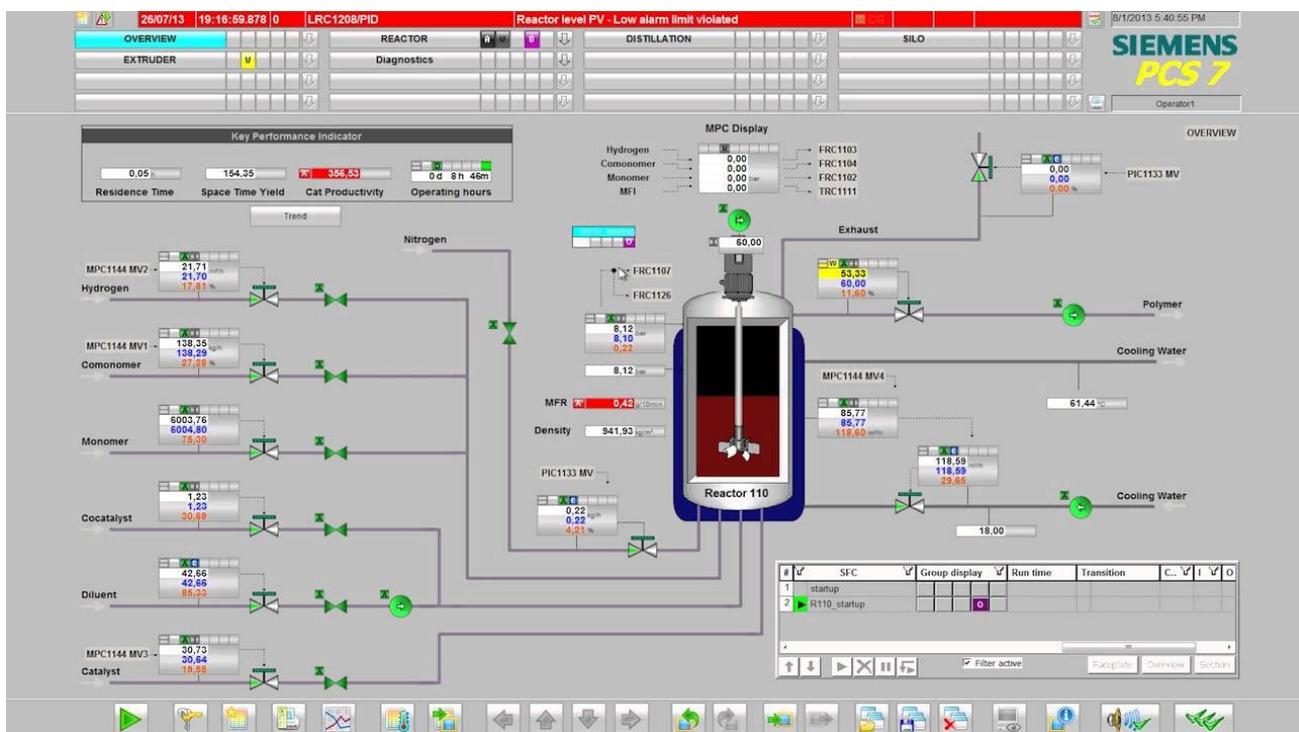


Рисунок 2.2.11 – Приклад відкритої утиліти Graphics Designer

3 ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ЧАСТОТНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА SINAMICS G120C

3.1 Характеристики обладнання стенду на базі частотного перетворювача G120C

Як було зазначено, даний перетворювач призначений для керування швидкістю трифазних двигунів, має модульну конструкцію, потужність 0,55 кВт.

Розглянемо будову та принцип дії частотного перетворювача.

Даний перетворювач складається із трьох основних елементів:

- силовий модуль;
- керуючий модуль;
- базова або інтелектуальна панель оператора (BOP-2/IOF).



Рисунок 3.1.1 – Конструкція модулів частотного перетворювача

Силовий модуль (рис. 3.1.1, а) виробляє напругу двигуна. Керуючий модуль (рис. 3.1.1, б) регулює та контролює силовий модуль. За допомогою базової або інтелектуальної панелі оператора (рис. 3.1.1, в) здійснюється керування і контроль перетворювача.

Розглянемо детальніше окремо кожен модуль.

Силовий модуль має наступні характеристики:

- ступінь захисту IP20/UL відкритого виконання;
- вбудований мережевий фільтр відповідно до EN 61800-3 C2 (Class A);

- вставні клеми під'єднання двигуна та живлення;
- проста заміна вентилятора на радіаторі;
- рядкова конструкція;
- діапазон робочої температури від -10° до $+40^{\circ}\text{C}$ без погіршення робочих характеристик;
- немає роз'єму проміжного контуру DC;
- внутрішній переривач розрахований на 100% номінальну потужність як довготривалу потужність гальмування.

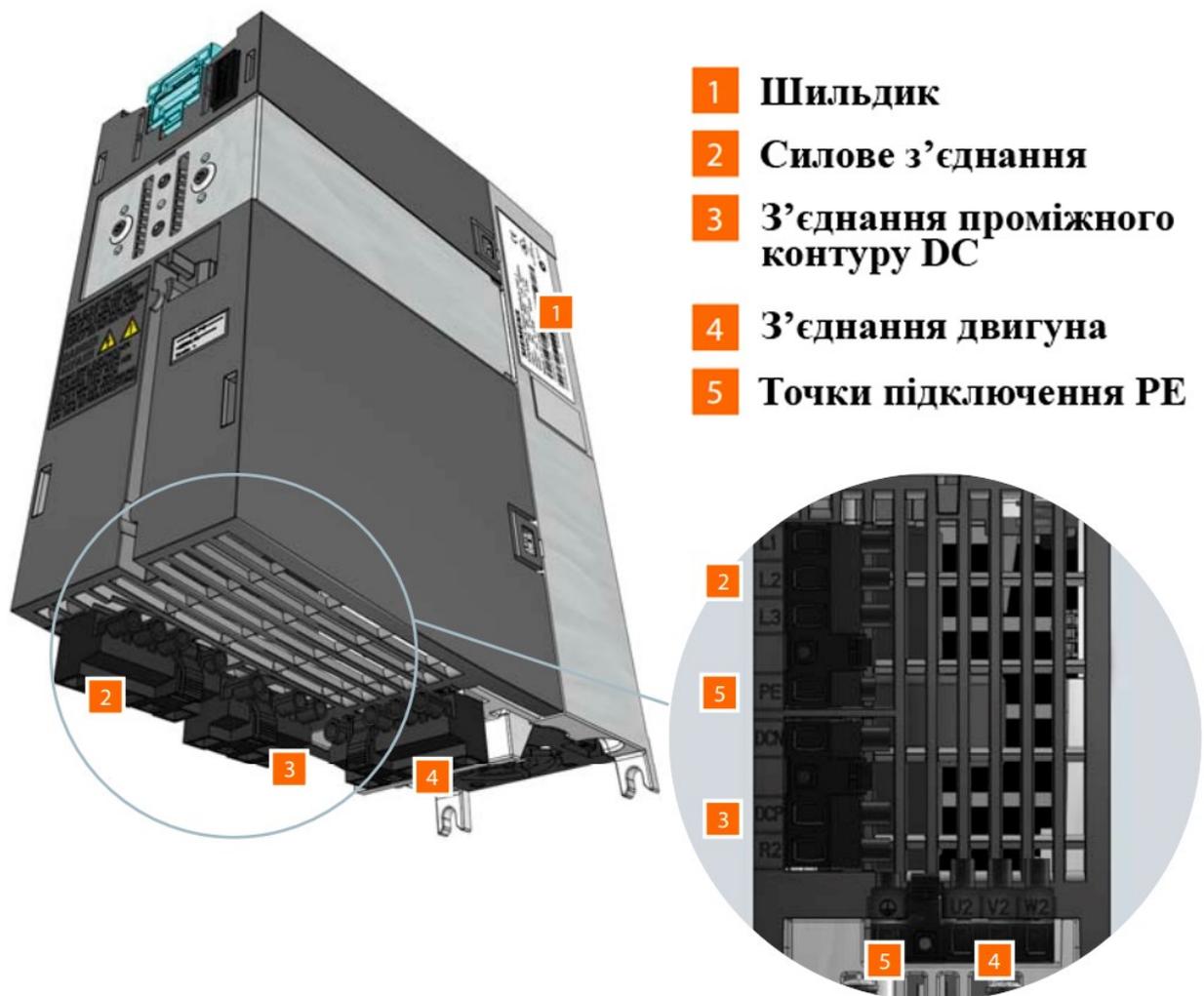


Рисунок 3.1.2 – Конструкція силового модуля

Характеристики керуючого модуля можна розділити на дві частини: апаратне забезпечення та програмне.

До можливостей апаратного забезпечення керуючого модуля можна віднести:

- I/O-інтерфейс із вставними з'єднаннями (6 цифрових входів, 2 цифрових виходів, 1 аналоговий вхід та вихід, 1 датчик температури двигуна, 2 вбудованих блока живлення на 10 та 24 В постійного струму);
- вбудований комунікаційний інтерфейс (USS, Modbus/RTU, PROFIBUS DP, CANopen);
- ПЗ та інтерфейс панелі керування (можливість підключення IOP або ВОР-2, USB для під'єднання до ПК, тримач карт пам'яті MMC/SD).

Можливості програмного забезпечення:

- Функції керування:
 - векторне керування (керування швидкістю, керування моментом відсутнє);
 - U/f (лінійне, квадратичне, FCC).
- Функції безпеки (Safe torque off, Profisafe для варіанту PROFIBUS-DP)
- Програмні функції SINAMICS-Pool SW4.4:
 - 640 параметрів (рівень 1-4);
 - прикладний макропараметр P0015;
 - лічильник енергозбереження;
 - джерело заданого значення за вибором (постійна частота, MOP);
 - періодичний режим роботи JOG;
 - 1 ПІД для регулювання процесу;
 - рестарт у польоті та автоматичний перезапуск
 - 1 DriveDataSet (DDS);
 - 2 CommandDataSet (CDS).

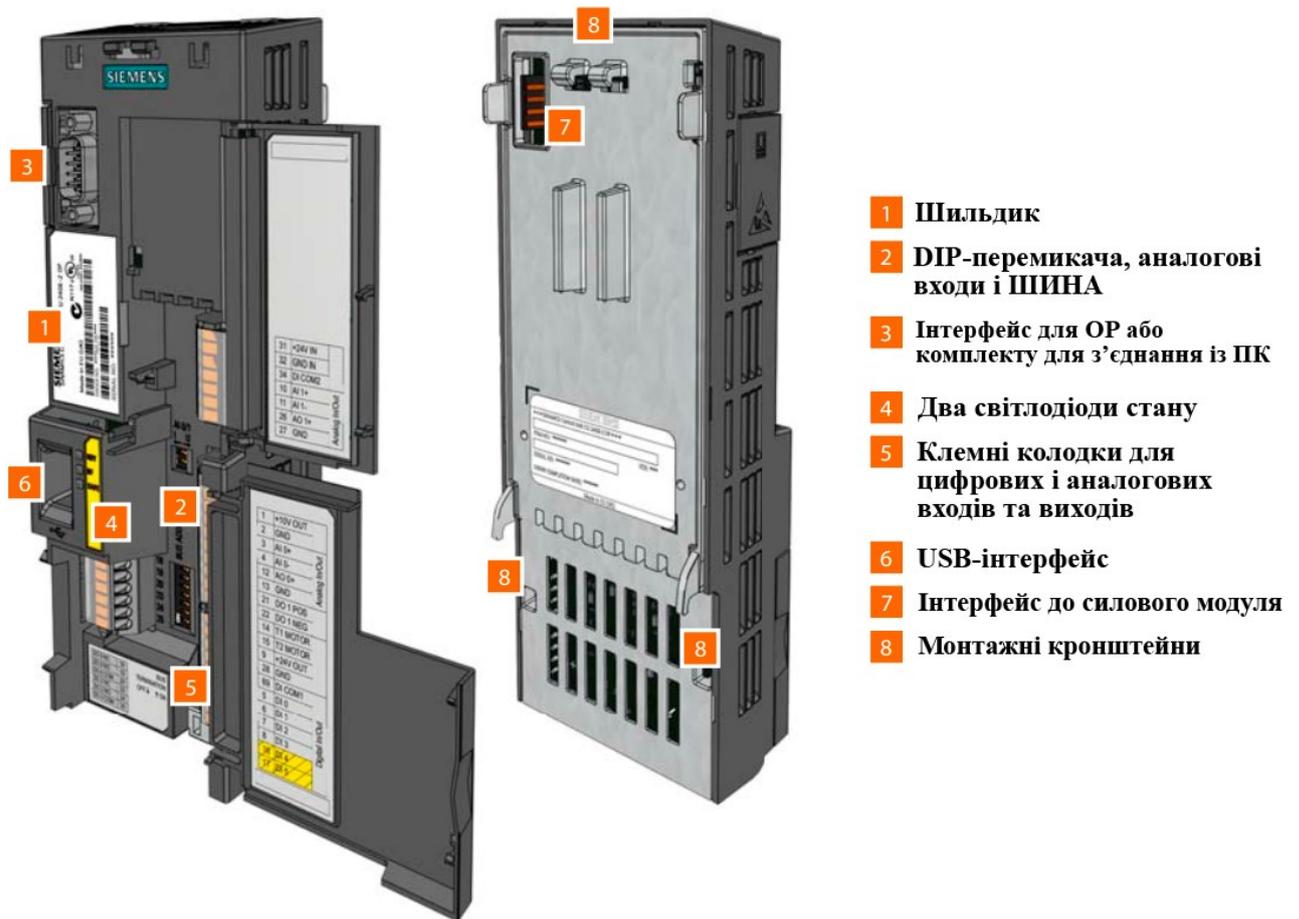


Рисунок 3.1.3 – Конструкція керуючого модуля

Як було зазначено, дана версія частотного перетворювача (G120C) передбачає встановлення базової або інтелектуальної панелі оператора. Так як в лабораторії Сіменс перетворювач оснащений лише ІОР, то розглянемо тільки дану панель.

Дана панель необхідна для роботи і встановлення параметрів після з'єднання перетворювача із керуючим модулем. До основних характеристик ІОР відносяться велика текстова індикація, вбудовані програми-помічники, повністю графічний діагностичний огляд, керування за допомогою навігаційного колеса і відображення текстів допомоги. Також існують різноманітні версії пристрою, що може використовуватися і поза перетворювача для швидкого введення в експлуатацію і швидкої діагностики на місці.



Рисунок 3.1.4 – Конструкція інтелектуальної панелі оператора (IOP)

У додатку А приведені детальні інтерфейси користувача частотного перетворювача. У додатку Б приведена розводка клем на перетворювачі частоти.

Окрім частотного перетворювача тренувальний стенд (див. рис. 2.1.15, с...) оснащений трифазним асинхронним двигуном потужністю 0,12 кВт та панеллю із цифровими та аналоговими входами/виходами.

Двигун працює в діапазоні від стану покою до його номінальної швидкості (тобто швидкості, що відповідає частоті мережі), тобто під'єднаний «зіркою». Але у випадку, коли двигун повинен працювати із «характеристикою 87 Гц», то його необхідно під'єднати за «трикутником». При характеристиці 87 Гц підвищується вихідна потужність двигуна. Характеристика 87 Гц

використовується у першу чергу для редукторних двигунів. На схемах нижче представлені правильні з'єднання.

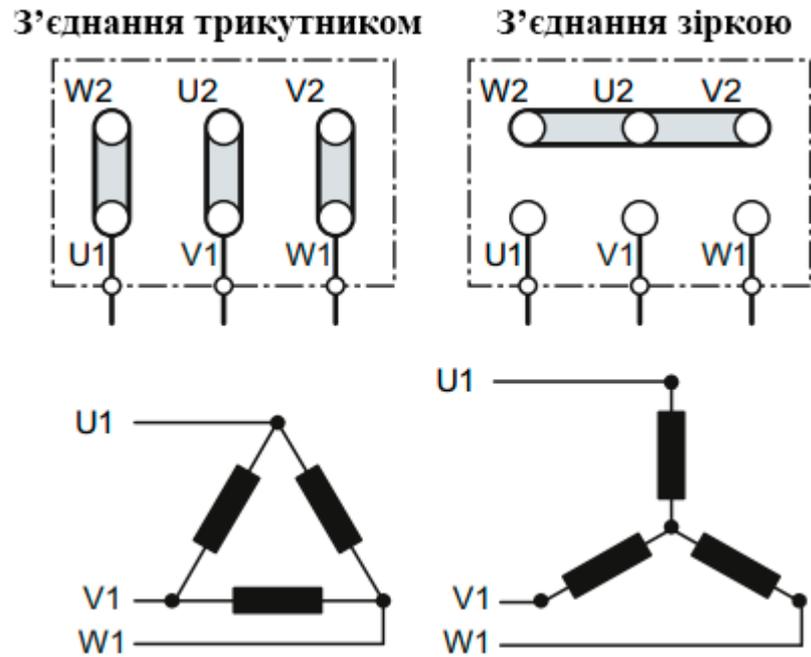


Рисунок 3.1.5 – Схеми з'єднання клемної колодки трикутником і зіркою

3.2 Базове введення частотного перетворювача в експлуатацію за допомогою ІОР та програми STARTER

В даному розділі мова буде йти лише про налаштування параметрів частотного перетворювача та керування двигуном за допомогою ІОР, а також за допомогою програми STARTER. Монтаж, під'єднання цифрових/аналогових входів/виходів описується [9].

3.2.1 Введення частотного перетворювача в експлуатацію за допомогою ІОР

Для початку на вхід перетворювача подаємо напругу 380 В (з'єднання двигуна зіркою), тобто вмикаємо кнопку живлення, що знаходиться справа внизу від двигуна.

Потрібно дочекатися поки перетворювач повністю увімкниться і індикатор стану “Ready” буде постійно світитися зеленим.

ІОР керується через меню. В загальному, її принцип дії структурований трьома опціями:

- Помічник (Wizard) – супроводжує при налаштуванні стандартних додатків.
- Керування (Control) – для зміни заданих значень, направлення обертання, активації JOG-функції у реальному часі.
- Меню (Menu) – Доступ до всіх можливих функцій.

Керування ІОР найбільше здійснюється через навігаційне колесо. П'ять додаткових кнопок дозволяються відображати певні значення і перемикатися між РУЧНИМ та АВТОМАТИЧНИМ режимами. Кнопки: Вкл, Вимк, ESC, INFO і РУЧНИЙ/АВТО.

В основному, базовий ввід в експлуатацію буде здійснюватися за допомогою програми-помічника (Wizard).

Усі подальші дії відображені у Додатку Г.

Коли панель запущена, потрібно перейти у панель Wizard, та натиснути ОК.

Із списку вибираємо Basic Commissioning (Базовий ввід в експлуатацію).

Після цього необхідно скинути на заводські установки.

Так як у перетворювача відсутній зворотній зв'язок (немає пристрою вимірювання обертів), то у наступному меню вибираємо Sensorless Vector Control (Векторне керування без датчика).

Далі обираємо необхідну частоту двигуна, у нашому випадку 50 Гц.

Тип двигуна вибираємо асинхронний, 50 Гц.

Далі потрібно буде вводити характеристики двигуна. Нажимає Continue (продовжити). Характеристики двигуна можна подивитися на його шильдику (рис. 3...)

Після введення усіх параметрів, потрібно провести ідентифікацію двигуна (ID standstill).

Так як у нас немає ніяких датчиків, натискаємо продовжити.

На панелі Macro Source обираємо Standard IO with analog setpoint (Стандартні входи/виходи із аналоговим завданням).

Мінімальну частоту обертання встановлюємо нульовою. Час розгіну обираємо необхідний, встановимо 5 с, час гальмування також 5 с.

Знову обираємо без датчика, та стоянковий тормоз не встановлений.

Після цього з'явиться підсумок налаштувань, натискаємо продовжити та зберігаємо їх. Як зберігання завершилось, натискаємо ОК та Продовжити.

По закінченню усіх налаштувань ми повертаємось у початкове меню.

Вибираємо за допомогою кнопки HAND AUTO ручний режим керування і за допомогою потенціометра (колеса) обираємо завдання для двигуна.

Натискаємо зелену кнопку пуск, запуститься процес ідентифікації. По закінченню ідентифікації можна керувати двигуном натиснувши зелену кнопку Пуск. За допомогою колеса змінюється швидкість обертання валу двигуна.

3.2.2 Введення частотного перетворювача в експлуатацію за допомогою програми STARTER

Програма STARTER є у вільному доступі для завантаження. Процес її встановлення описуватися не буде, то перейдемо одразу до введення перетворювача у роботу.

У першу чергу, щоб почати введення привода в експлуатацію потрібно до нього під'єднатися. У нашому випадку ми зробимо це за допомогою USB-інтерфейсу та у програмі STARTER перейдемо до розділу Accessible nodes.

Це дозволяє під'єднуватися до усіх пристроїв, що сконфігуровані за вашим інтерфейсом і використовувати різні точки доступу (напрямку до ПК або через вже налаштовану мережу). Перевірити це можна у вкладці Access points.

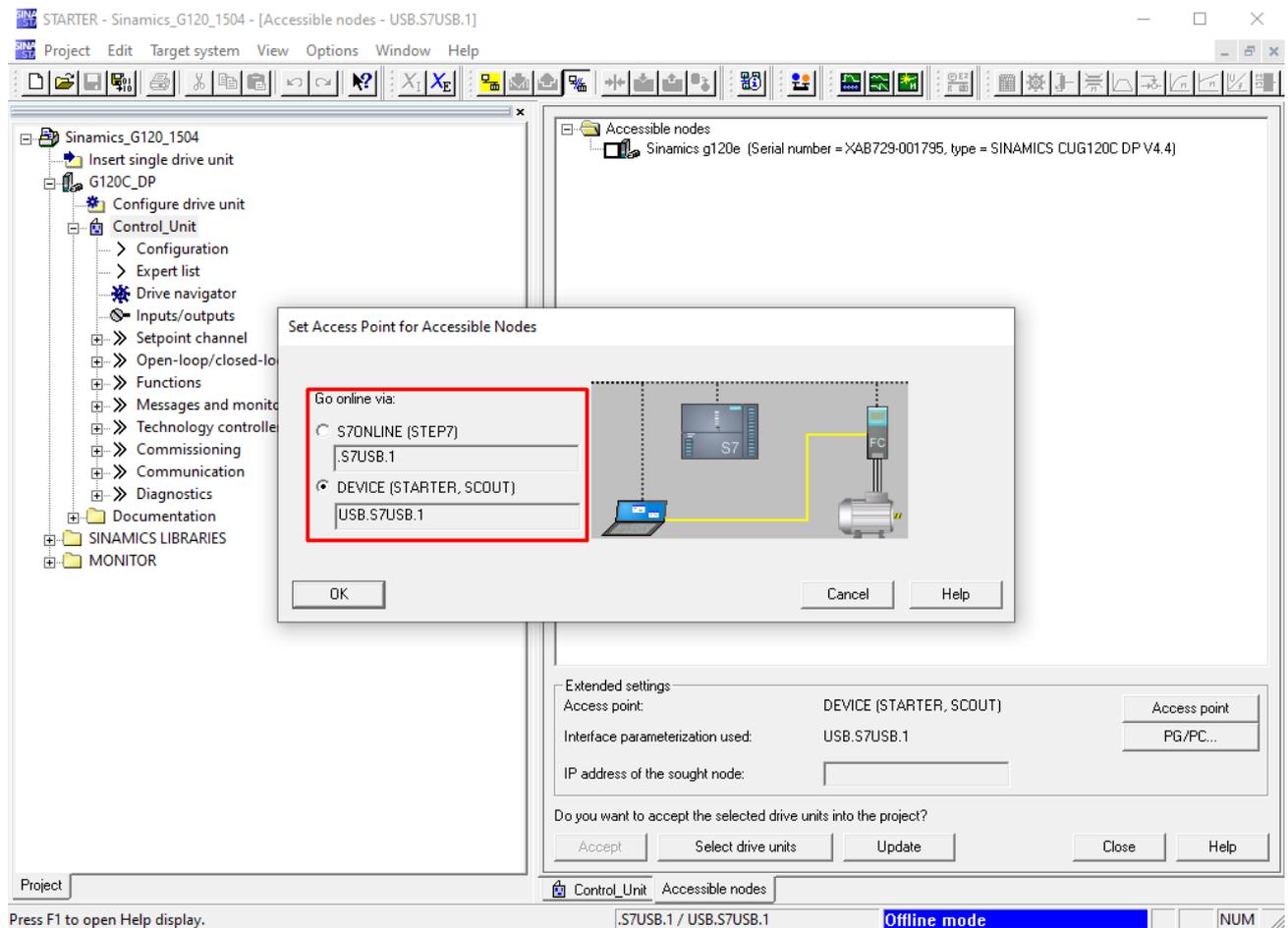


Рисунок 3.2.1 – Відкрите вікно Access Point

Також далі можна додатково вказати, яким чином ми будемо під'єднуватися до пристрою. Для цього необхідно вибрати інтерфейс нашого програматора. Для цього даний інтерфейс ми можемо сконфігурувати за допомогою PG/PC інтерфейсу.

Першим чином, потрібно завантажити усі налаштування приводу до програми.

Це спеціальна програма, за допомогою якої ми задаємо інтерфейс роботи нашого програматора.

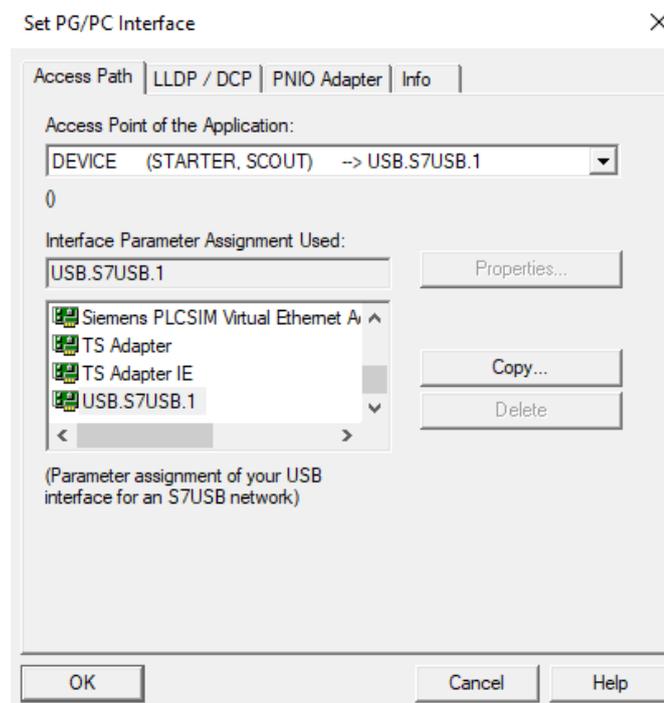


Рисунок 3.2.2 – Приклад відкритого вікна PG/PC Interface

Тут перевіряємо, щоб був обраний інтерфейс USB.7USB.1.

Тож на початку підсумуємо, що спочатку потрібно вибрати точку доступу і інтерфейс, за яким буде працювати наш перетворювач.

Коли наш пристрій з'явиться у структурі програми, потрібно до нього під'єднатися. Для цього натискаємо кнопку Connect to selected target devices.

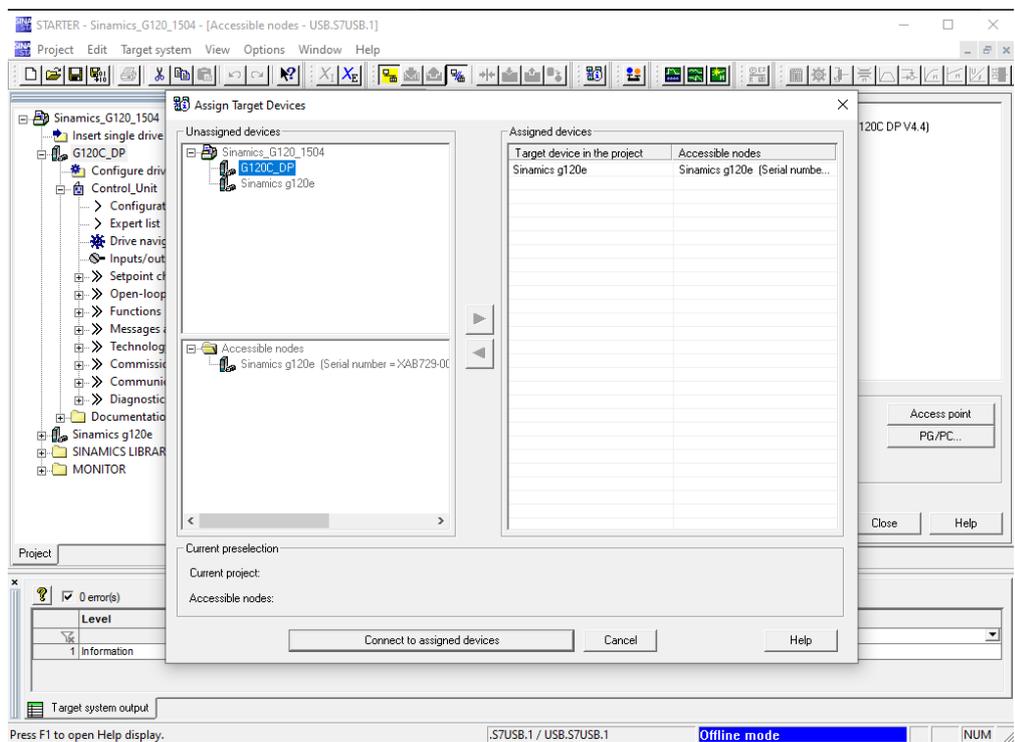
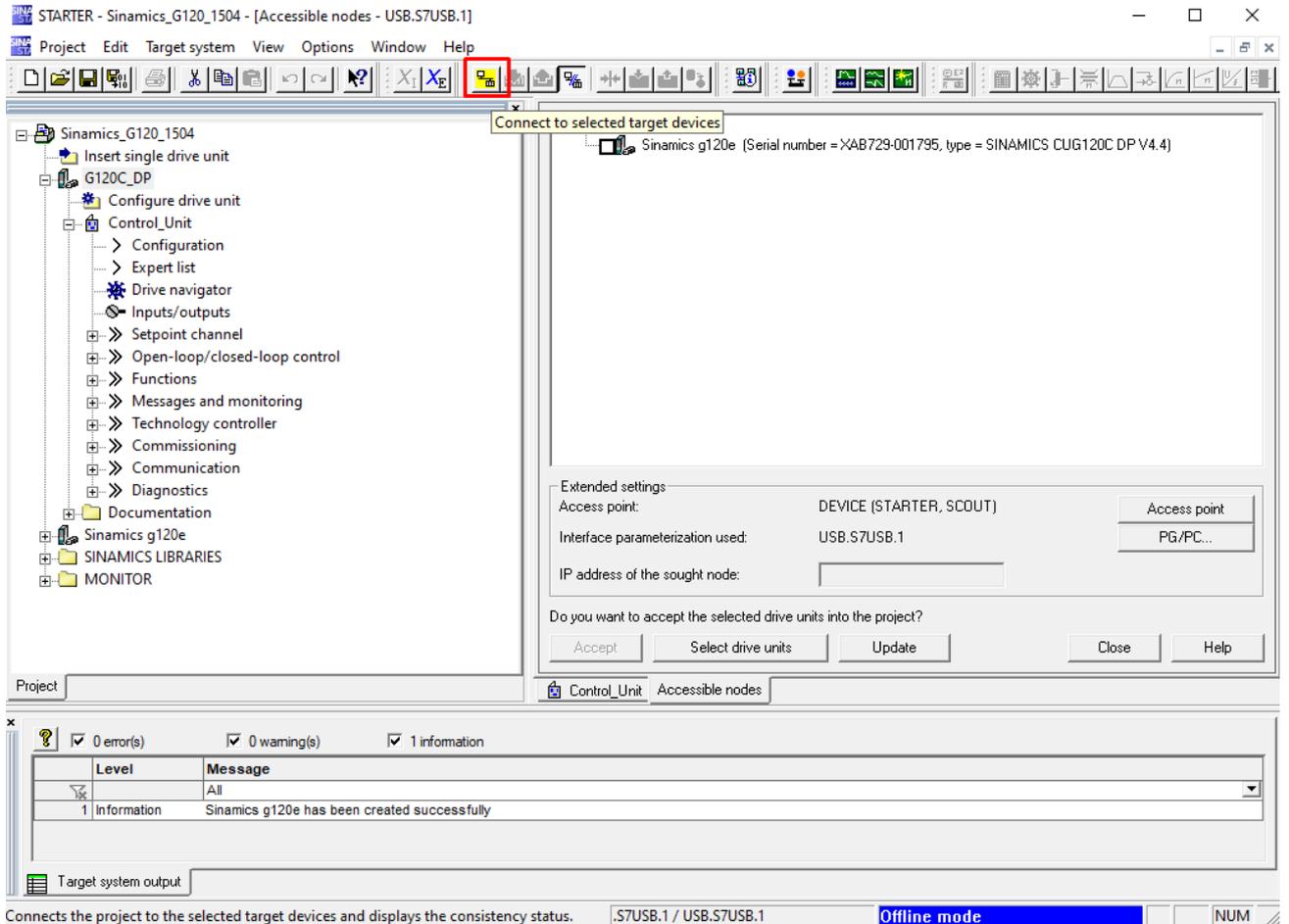


Рисунок 3.2.3 – Connect to selected target devices

Після того як під'єдналися до пристроя, першим чином необхідно завантажити усю конфігурацію привода у програматор (ПК).

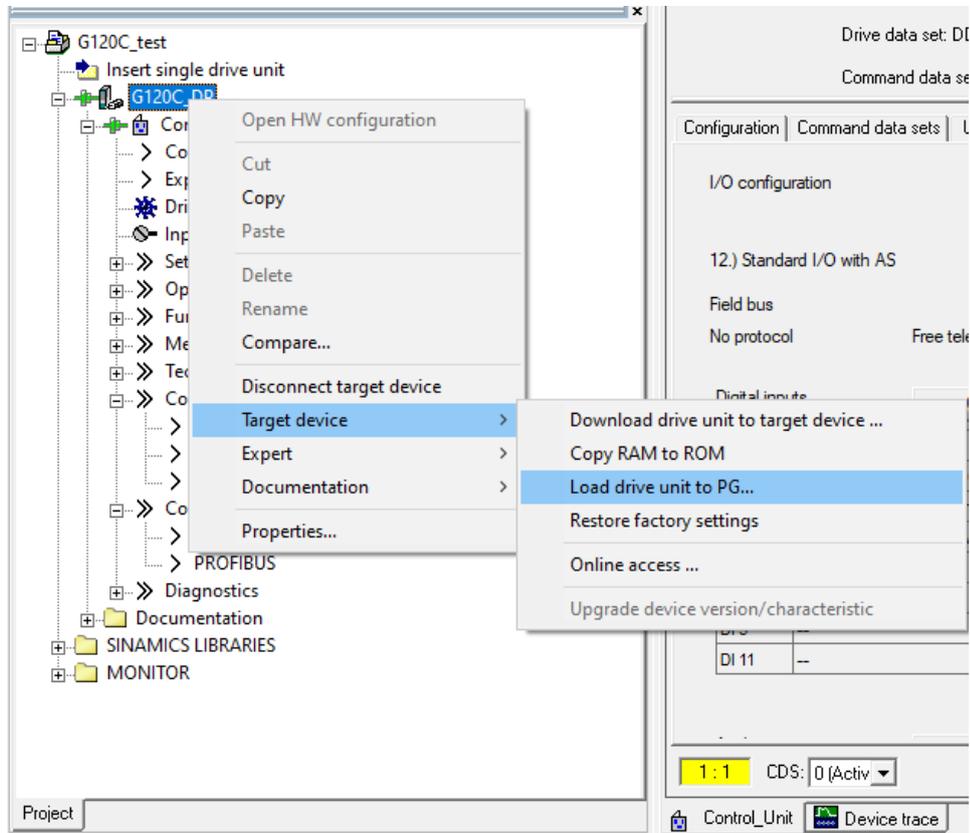


Рисунок 3.2.4 – Процес завантаження конфігурації привода

Після того як завантажили конфігурації привода, потрібно налаштувати двигун із яким будемо працювати. Для цього запускаємо програму Wizard.

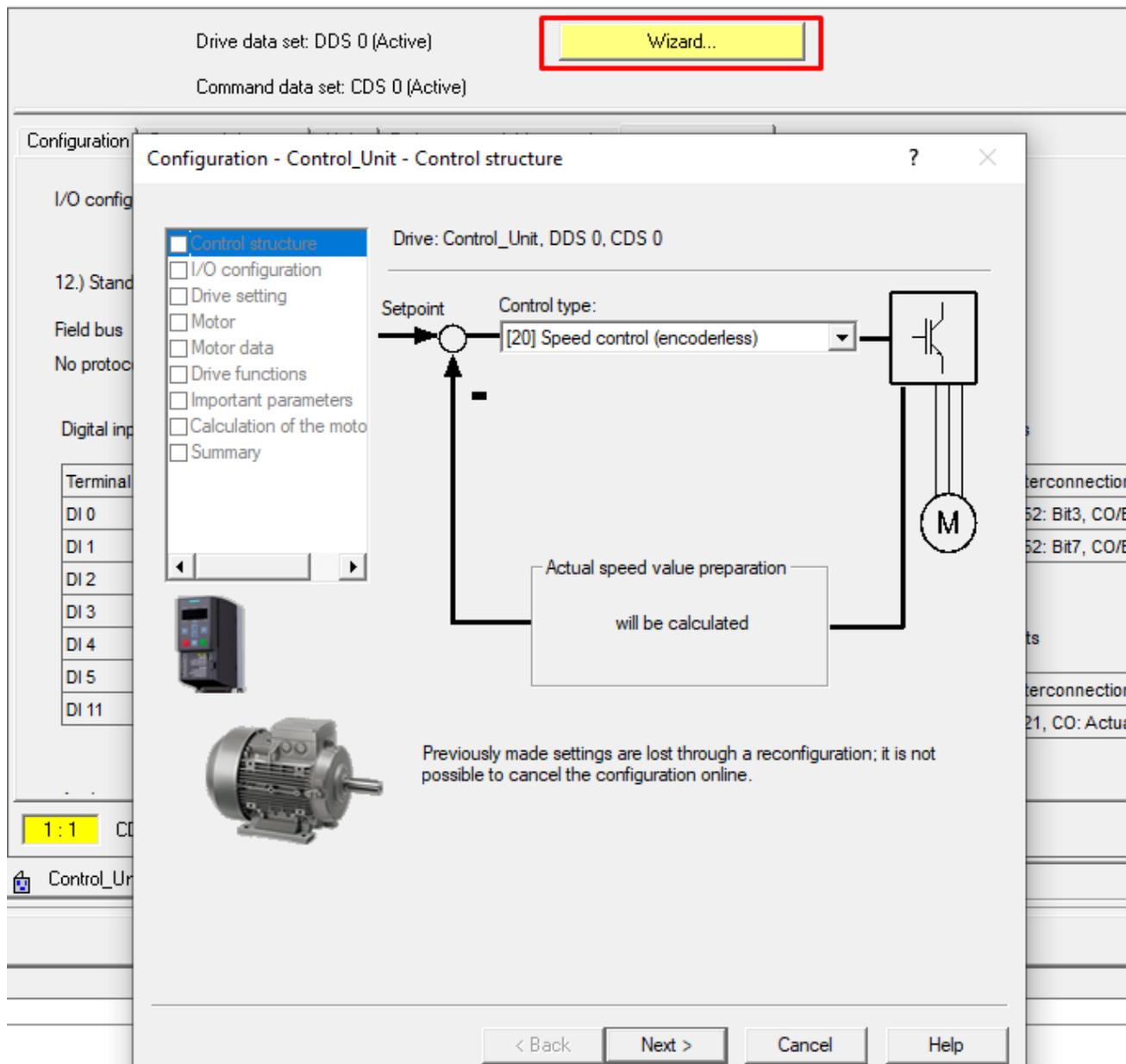
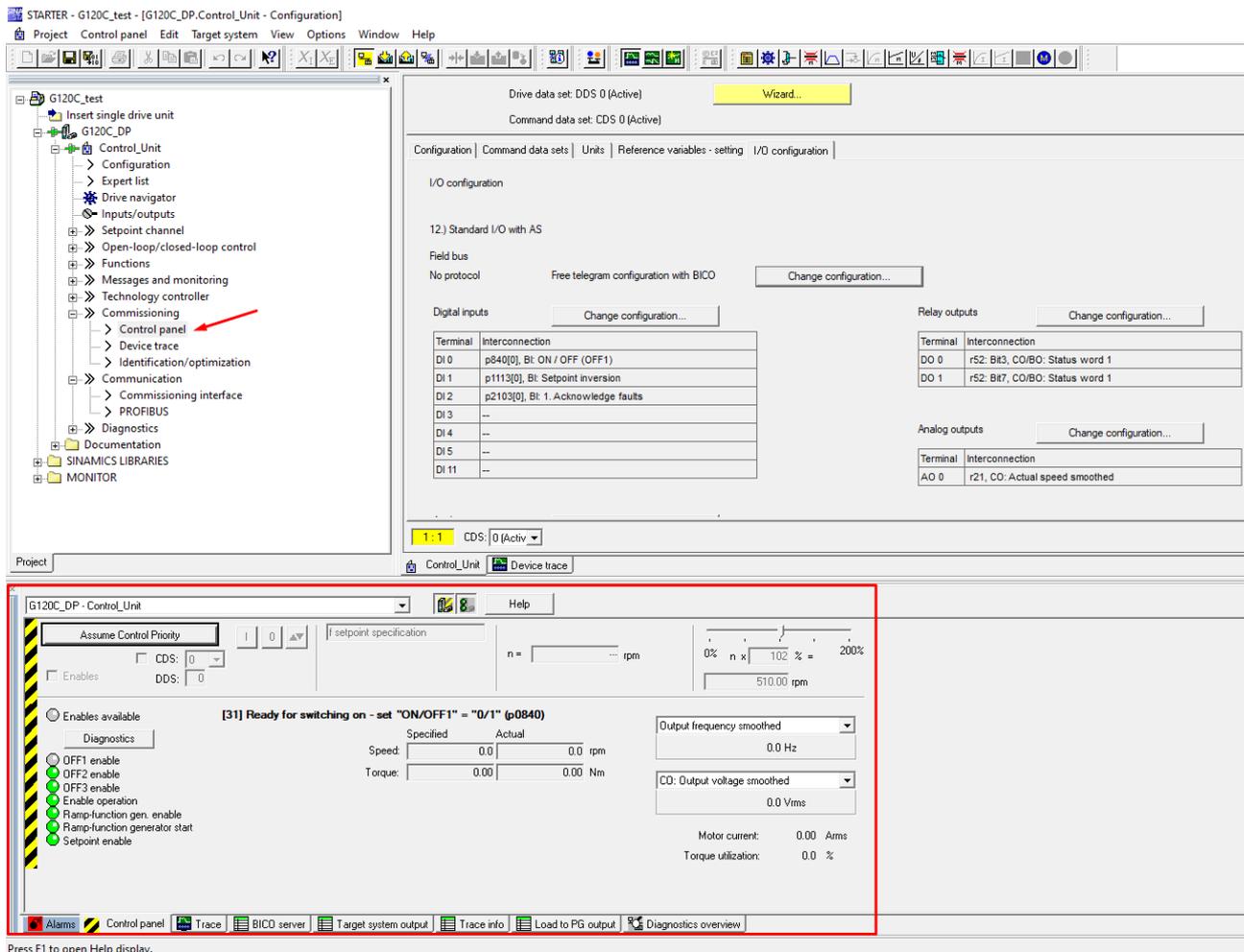


Рисунок 3.2.5 – Приклад відкритого вікна Wizard у програмі STARTER

Принцип налаштування приводу через помічника у програмі Starter такий же самий як і налаштування за допомогою помічника з панелі IOP.

Керування двигуном у STARTER здійснюється за допомогою панелі керування (Control Panel).



Press F1 to open Help display.

Рисунок 3.2.6 – Панель керування приводом (Control Panel)

Щоб перейти до неї, потрібно у дереві проекту вибрати Commissioning – Control Panel. Відкриється вікно панелі керування.

Як і при налаштуванні через IOP, при першому запуску потрібно, щоб пройшла ідентифікація двигуна. Для цього потрібно у дереві проекту перейти на вкладку Identification/optimization.

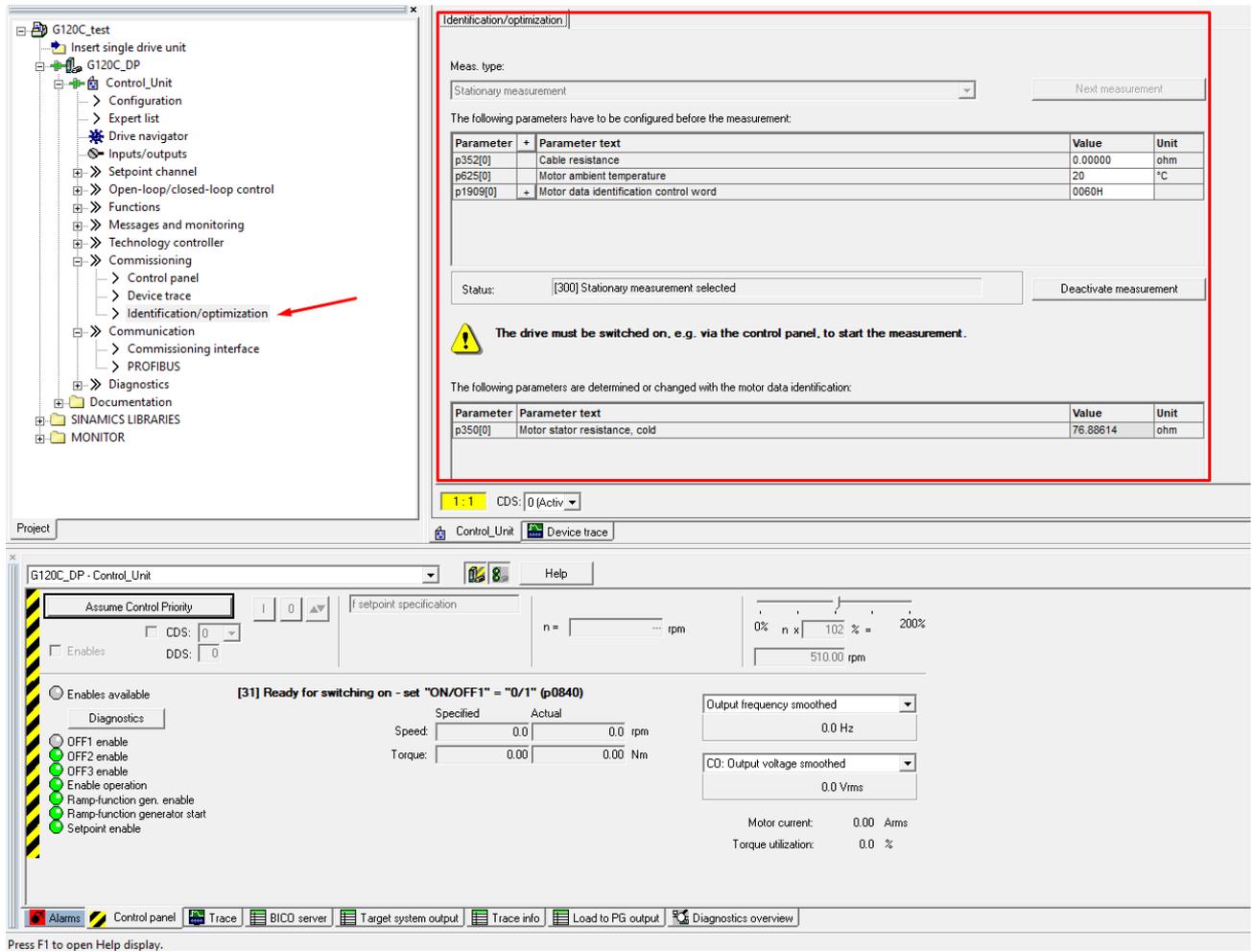


Рисунок 3.2.7 – Інтерфейс вкладки ідентифікації привода

Щоб здійснити перший запуск потрібно обрати пріоритет керування двигуном на себе, тобто натиснути кнопку Assume Control Priority.

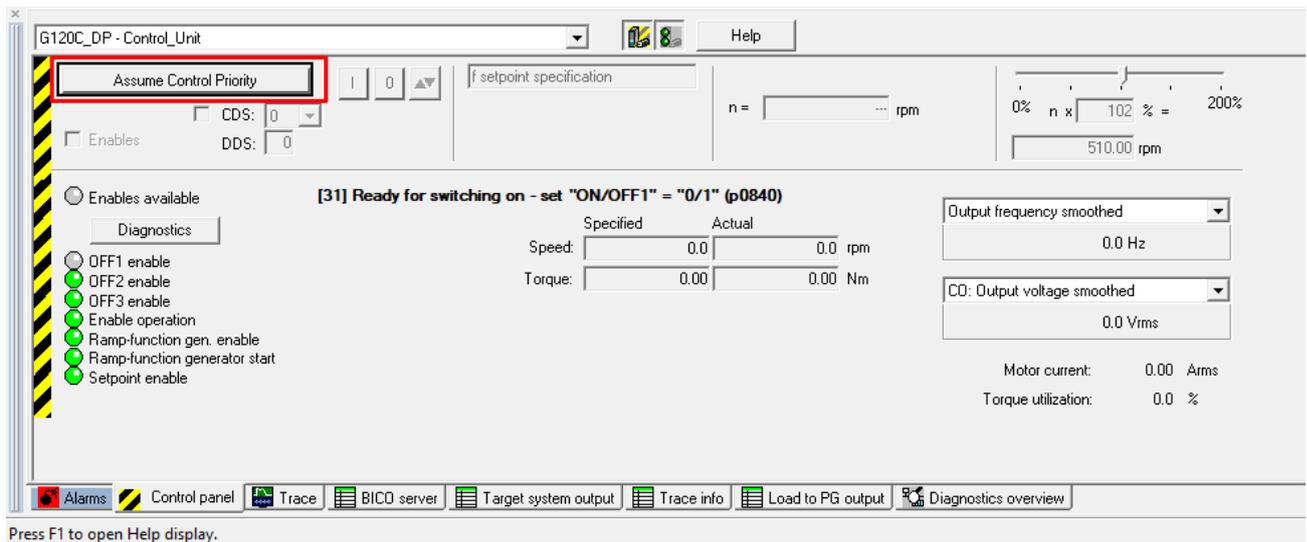


Рисунок 3.2.8 – Кнопка Assume Control Priority

Система попередить, що відповідальність за дії над керуванням будуть покладені на вас, але якщо протягом певного часу (у цьому випадку 2 с) не будуть надходити ніякі сигнали, то привод буде зупинений у безпечному режимі. Підтверджуємо та встановлюємо галочку Enables та певну шквидкість.

Натискаємо кнопку пуску на панелі керування (ідентична як і на IOP), та чекаємо поки завершиться процес ідентифікації.

Важливо: не здійснювати ніяких маніпуляцій під час ідентифікації та не виходити із вікна програми, інакше процес буде не завершений.

Коли ідентифікація завершена, тож двигун введений в експлуатацію і можна почати керування.

Підсумуємо основний алгоритм дій при налаштуванні привода у STARTER:

- Встановити зв'язок із приводом;
- Визначити апаратні компоненти нашого приводу;
- Налаштувати параметри силової частини привода;
- Перший пуск (ідентифікація);
- Керування двигуном.

3.3 Використання вбудованого осцилографа

При використанні частотного перетворювача G120C є можливість записувати значення параметрів привода за допомогою цифрового осцилографа, що вбудований у STARTER. Ця можливість присутня для всіх версій G120.

Спочатку потрібно вибрати ті параметри, що потрібно записати. Для цього необхідно перейти до вкладення Commissioning – Device Trace та обрати необхідні значення, які будуть записані.

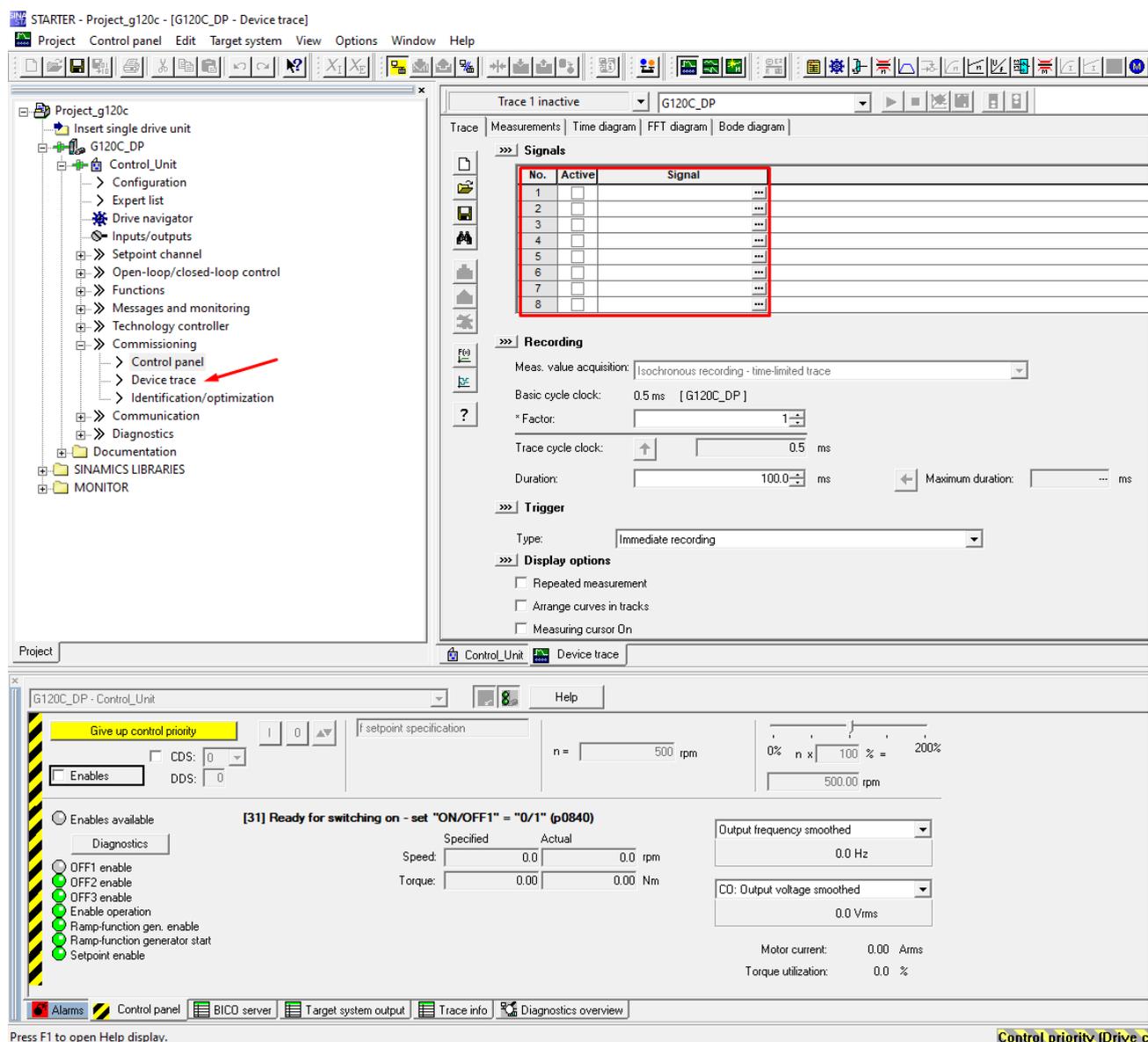


Рисунок 3.3.1 – Панель налаштувань осцилографа

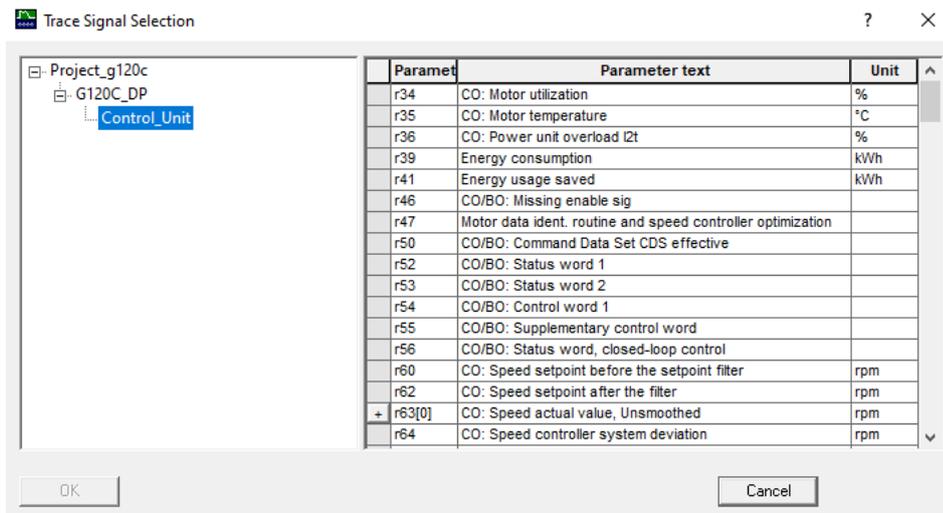


Рисунок 3.3.2 – Вікно значень, що можна записати осцилографом

В нашому випадку спробуємо виміряти значення фактичної швидкості обертання двигуна та абсолютне поточне фактичне значення. Встановимо значення фактору – 4 (множник, що визначає максимальну довжину вимірювання), та встановимо час вимірювання 5 с. Для активації запису натиснемо кнопку «Play» (вказано стрілкою, див. рисунок ...) та ввімкнути двигун на деякий час. Після закінчення у вкладці Time Diagram з'являться графіки залежності значень, що обрали.

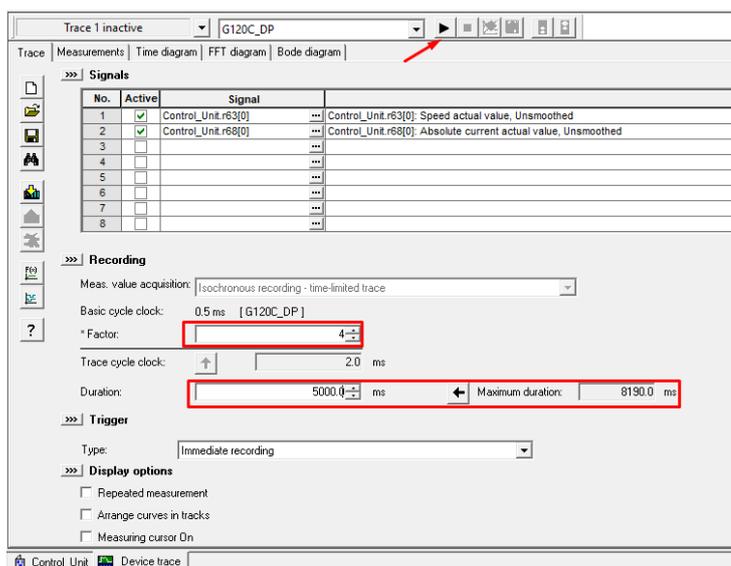


Рисунок 3.3.3 – Налаштування для запису значень осцилографом
Отримані результати графіків відображені у Додатку Г.

3.4 Налаштування цифрових та аналогових входів та виходів

У розділі 2.1.4 було зазначено, що тренувальний стенд на базі частотного перетворювача оснащений панеллю керування цифровими та аналоговими сигналами (див. рисунок 2.1.14).

За допомогою можливостями програми STARTER можна налаштовувати їх параметри залежно від необхідних задач.

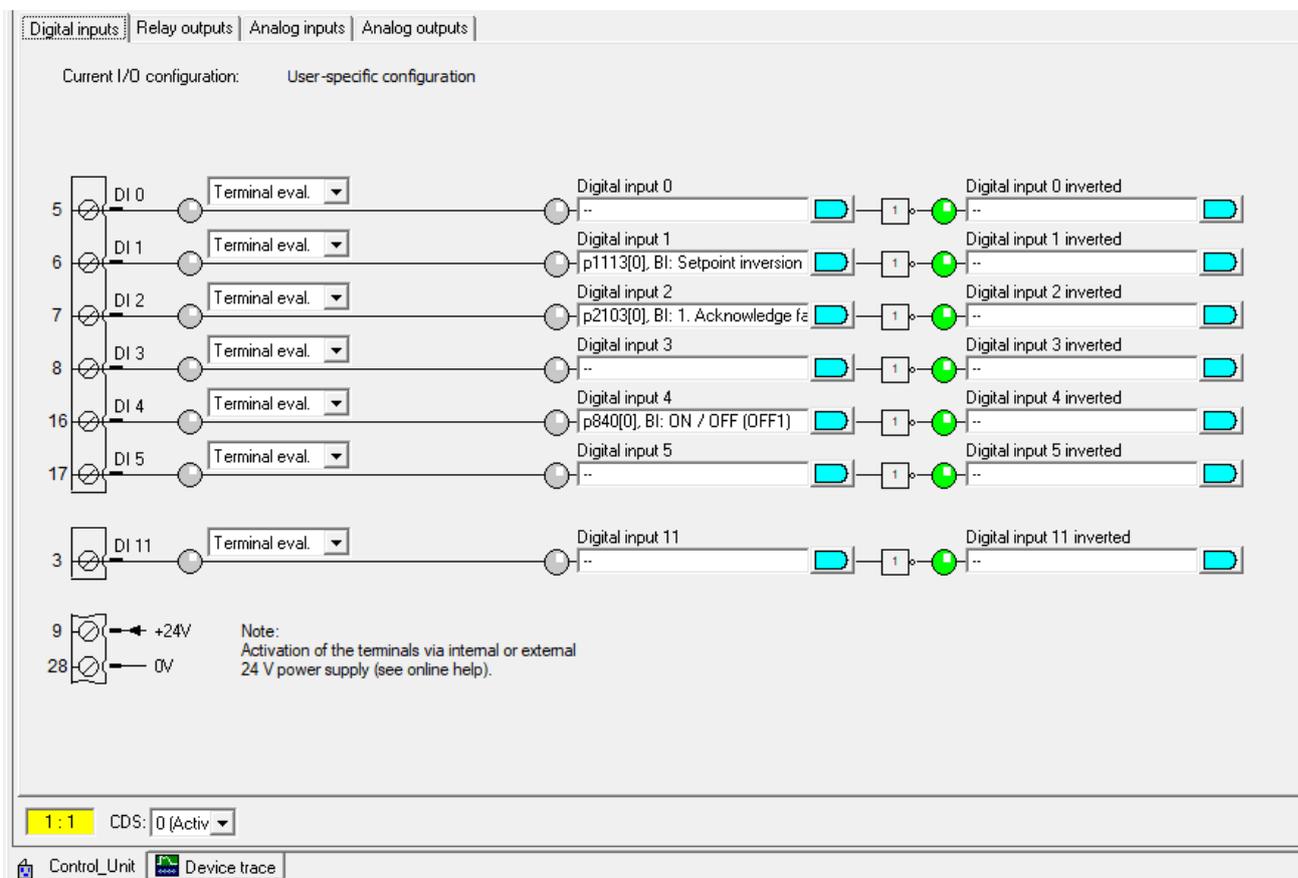


Рисунок 3.4.1 – Вигляд параметризації цифрових входів частотного перетворювача

Номер параметра починається з літери «р» або «т», за якою слідує номер і опціонально індекс або бітове поле.

Приклади позначення у списку параметрів:

- r... Параметр налаштування (читання та запис)
- r... Параметри контролю (тільки читаються)
- r0918 Настроюваний параметр 918
- r2051[0...13] Настроюваний параметр 2051 індекс від 0 до 13
- r1001[0...n] Параметр налаштування 1001 індекс від 0 до n (n = конфігурований)
- r0944 Параметр спостереження 944
- r2129.0...15 Контрольний параметр 2129 із бітовим полем від Bit 0 (найменший біт) до Bit 15 (найбільший біт)

Для параметрів налаштування діє:

Значення параметра, встановлене на заводі, вказується у графі «заводська установка» разом із відповідною одиницею вимірювання у квадратних дужках.

Значення можна змінювати в межах, визначених показниками "Мін" та "Макс".

Якщо модифікація змінюваних параметрів впливає інші параметри, це позначається терміном "послідовне параметрування".

Наприклад, послідовне параметрування, що запускається наступними операціями та параметрами:

- Налаштувати телеграму PROFIBUS (з'єднання ВІСО) r0922
- Налаштувати списки компонентів r0230, r0300, r0301, r0400
- Автоматично обчислити та встановити r0340, r3900
- Відновити заводські установки r0970

Для контрольних параметрів діє:

Поля "Мін", "Макс" та "Заводська установка" відображаються з дефісом "-", а одиниця вимірювання вказується у квадратних дужках

Перед назвою ВІСО можуть стояти наступні скорочення:

- ВІ: Вхідний бінектор (Vinector Input). Цей параметр вибирає джерело цифрового сигналу.

- **ВО:** Вихідний бінектор (англ. Binector Output). Цей параметр є цифровим сигналом, доступним для подальшого підключення.
- **СІ:** Вхідний конектор (англ. Connector Input). Цей параметр вибирає джерело аналогового сигналу.
- **СО:** Вихідний конектор (англ. Connector Output). Цей параметр є «аналоговим» сигналом, доступним для подальшої обробки.
- **СО/ВО:** Вихідний конектор/бінектор (англ.: Connector/Binector Output). Цей параметр є як «аналоговий», так і цифровий сигнал, доступний подальшої обробки.

Детальніше ознайомитись із параметризацію цифрових та аналогових входів виходів можна у [20].

У додатку Б відображені розведення клемних колодок для під'єднання цифрових та аналогових входів та виходів.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Визначення затрат на виготовлення стендів для дослідження роботи в навчально-науковому центрі Siemens і втілення в загальну роботу лабораторних розробок

Визначимо затрати на придбання комплектуючих для лабораторії

Таблиця 1 – Обладнання лабораторії

№	Назва	Кіл.	Ціна за одиницю.	Загальна сума
1	Siemens CPU 410E H-System	1	364000 грн.	364000 грн.
2	Система вводу-виведення в зборі SIMATIC ET 200SP	6	27000 грн.	162000 грн.
3	Вихровий витратомір Siemens Sitrans FX300	1	40000 грн.	40000 грн.
4	Диференційний трансдуктор Siemens Sitrans P410	2	26000 грн.	52000 грн.
5	Цифровий перехідний датчик Siemens Sitrans P DS III	2	14000 грн.	28000 грн.
6	Тренувальний стенд на базі частотного перетворювача SINAMICS G120C	1	80000 грн.	80000 грн.
7	Окуляри вірт. реал. HTC Valve + стійки	1	10000 грн.	10000 грн.
8	Персональний комп'ютер HP 290G2 MT	7	15000 грн.	105000 грн.
9	Проектор Acer P1650	1	20500 грн	20500 грн
10	Усього:			861500 грн.

Таким чином, затрати на придбання комплектуючих для діагностичного комплексу дорівнюють:

$$Z_k = 861500 \text{ (грн)}$$

4.2 Розрахунок витрат з монтажу та налагодження навчально-наукового центру Siemens

Для застосування лабораторних робіт і розроблення їх на практиці, а також для оптимального надання бази знань студентам використовують лаборанта. Візьмемо до уваги те, що лаборант обслуговує стенди на 0,25 ставки.

Витрати на заробітну плату з нарахуваннями визначимо за формулою:

$$Z_{ЗПМ} = K_{нз} \cdot \lambda \cdot t \cdot \sum_{i=1}^m C_{ti} (1 + H), [\text{грн}], \quad (4.1)$$

де $K_{нз}$ – коефіцієнт, який враховує накладні витрати на заробітну плату, $K_{нз} = 1,3$;

λ – коефіцієнт, який враховує премії, $\lambda = 1,25$;

t – час виконання робіт, $t = 40$ (год);

C_{ti} – годинна тарифна ставка працівника 4-го розряду, $C_{tiV} = 33,58$ грн/год;

H – норма нарахування на заробітну плату, $H = 0,22$;

m – кількість робітників, $m = 1$ (чол).

$$Z_{ЗПМ} = 1,3 \cdot 1,25 \cdot 40 \cdot (1 \cdot 33,58) \cdot (1 + 0,22) = 2663 \text{ (грн)}$$

4.3 Визначення загальної суми затрат на навчально-науковий центр

Витрати на розробку навчально-наукового центру для лабораторних робіт визначено, як сума витрат на купівлю комплектуючих та витрат на заробітну плату з нарахуваннями лаборанту, які проводять заняття:

$$Z_M = Z_K + Z_{ЗПМ}, \quad (4.2)$$

$$Z_M = 861500 + 2663 = 864163 \text{ (грн)}$$

4.4 Розрахунок річного фонду часу роботи навчально-наукового центру Siemens

Для дисциплін «Сучасні мікроконтролери систем керування та програмовані логічні контролери» (СМСК) в лабораторії за рік проводяться лабораторні, практичні і лекційні заняття в обсязі 140 год за 2 семестри (рік навчання).

Заняття з дисципліни проводяться для двох груп до 15 людей.

Розрахуємо річний фонд часу роботи із врахуванням коефіцієнту підвищення, що дорівнює 1,3:

$$140 \cdot 1,3 = 182 \text{ год}$$

4.4 Розрахунок поточних витрат на оплату праці обслуговування лабораторних стендів

$$ЗП = 1,3 \cdot 1,25 \cdot 0,3 \cdot 182 \cdot 46,16 \cdot 1,22 = 4996,5 \text{ год}$$

4.5 Визначимо вартість 1 години проведення лабораторних занять для двох груп людей

$$B_{1\text{год}} = \frac{ЗП + 0,25 \cdot КВ}{T_p};$$

$$B_{1\text{год}} = \frac{4996,5 + 0,25 \cdot 864163}{182} = 1214,5 \text{ грн/год}$$

Вартість 1 години проведення лабораторних занять на одну людину складає:

$$V_{1год.люд} = \frac{1214,5}{30} = 40,5 \text{ грн/год}$$

4.6 Висновки за розділом

Таким чином, вартість проведення однієї лабораторної роботи протягом однієї академічної години становить порядку 1215 грн або 40,5 грн на одну людину. Вартість навчання на спеціальності в середньому складає 15000 грн/рік, тому вартість проведення лабораторних і практичних занять є цілком зіставлено із вартістю освіти. У той же час використання стендів суттєвим чином підвищує якість навчання та професійні навички майбутніх фахівців.

ВИСНОВКИ

У роботі були описані загальні характеристики обладнання та програмного забезпечення, що використовуються під час навчання в лабораторії Сіменс. Були проведені дослідження будови, принципу дії та характеристики обладнання. Також проведена робота із середовищем програмування STEP 7, а саме дослідження алгоритмів створення проекту системи управління технологічним процесом для комплексної автоматизації PCS 7 за допомогою утиліт SIMATIC Manager, HW Config, NetPro та візуалізація керування технологічного процесу в утиліті Graphics Designer середовища людино-машинного інтерфейсу WinCC.

Враховуючи обсяги інформації та можливості роботи лабораторії, особливу увагу було приділено дослідженню роботи частотного перетворювача SINAMICS G120C. Були проведені різні варіанти базового вводу перетворювача в експлуатацію (за допомогою інтелектуальної панелі оператора IOP та спеціалізованої програми STARTER). Проведені налаштування цифрових та аналогових входів і виходів можливостями STARTER. Також за допомогою вбудованого осцилографа були зняті характеристики фактичних значень швидкості обертання ротора двигуна та фактичне значення сили струму.

Визначено вартість проведення однієї лабораторної роботи протягом однієї академічної години, що становить приблизно 40,5 грн на одну людину.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Siemens. About Siemens [Електронний ресурс] / – Режим доступу до ресурсу: <https://new.siemens.com/global/en/company/about.html>
- 2 Навчально-науковий центр Siemens [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://nupp.edu.ua/news/siemens-ukraine-vidkrila-v-polntnu-unikalniy-navchalno-naukoviy-tsentr.html>
- 3 SIMATIC S7-400. Контроллеры высшего класса
- 4 Sales and delivery release for the SIMATIC PCS 7 CPU 410E [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109747903/sales-and-delivery-release-for-the-simatic-pcs-7-cpu-410e?dti=0&lc=en-US>
- 5 Станции ET 200SP ООО «Сименс», - 2017, с. 170
- 6 SIMATIC Compact Field Unit (CFU) – компактный полевой модуль, ООО «Сименс», - 2020, с. 2
- 7 6SL3210-1KE11-8UP2 Преобразователи частоты Siemens [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.siemens-pro.ru/sinamics_g120c/6SL3210-1KE11-8UP2.html.
- 8 SITRANS. Измерительный преобразователь давления SITRANS P DS III с поддержкой HART. Руководство по эксплуатации, - 2013, с. 238
- 9 SINAMICS G120 Учебная брошюра V2.0, - Siemens, с. 72
- 10 Система управления процессом SIMATIC PCS7 Информация по продукту, - Москва, с. 36
- 11 Система управления процессом PCS 7 Начальный курс. Часть 1. Руководство, - Siemens, 2003, с. 204
- 12 TIA Portal [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://ru.wikipedia.org/wiki/TIA_Portal.
- 13 SIMATIC STEP 7 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://ru.wikipedia.org/wiki/Simatic_Step_7.

14 SIMATIC WinCC [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://ru.wikipedia.org/wiki/Simatic_WinCC.

15 Резервирование [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%B7%D0%B5%D1%80%D0%B2%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5>

16 Программируемые контроллеры S7-400, - Сименс, 2015

17 PCS 7 Process Control System CPU 410 Process Automation System Manual, - Siemens, 2017

18 Обзор SIMATIC ET 200SP. Универсальная системы ввода-вывода [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.siemens-pro.ru/articles/siemens-articles-91.html>.

19 Бергер Г. Автоматизация посредством STEP 7 с использованием STL и SCL и программируемых контроллеров SIMATIC S7-300/400. – 2001, с. 776

20 SINAMICS SINAMICS G120. Управляющие модули CU240B-2/CU240E-2. Справочник по параметрированию, Siemens. – 2014, с. 886

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Інтерфейси, роз'єми, перемикачі, клемний блок і світлодіоди частотного перетворювача SINAMICS G120C

① Слот карти пам'яті (MMC або SD)

② Інтерфейс для панелі оператора (IOP або BOP-2)

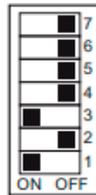
③ Інтерфейс USB для STARTER

④ Світлодіоди стану



⑤ DIP-перемикач для адресу шини

Bit 6 (64)	7
Bit 5 (32)	6
Bit 4 (16)	5
Bit 3 (8)	4
Bit 2 (4)	3
Bit 1 (2)	2
Bit 0 (1)	1
ON	OFF

Приклад:
Адрес = 5

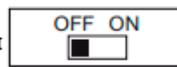
⑥ DIP-аналогового входу



⑦ В залежності від польової шини

G120C USS/MB и G120C CAN:

Кінцеве навантаження шини



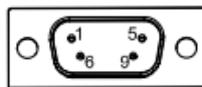
G120C DP: не задіяний

⑧ Клемні колодки

⑨ Позначення клем

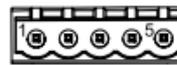
⑩ Інтерфейс польової шини

CANopen



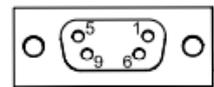
- 1 Не використовується
- 2 CAN_L, CAN-сигнал (dominant low)
- 3 CAN_GND, CAN-реф.
- 4 Не використовується
- 5 (CAN_SHLD), опціональний екран кабелю
- 6 (GND), опціональна CAN-реф.
- 7 CAN_H, CAN-сигнал (dominant high)
- 8 Не використовується
- 9 Не використовується

USS или Modbus RTU

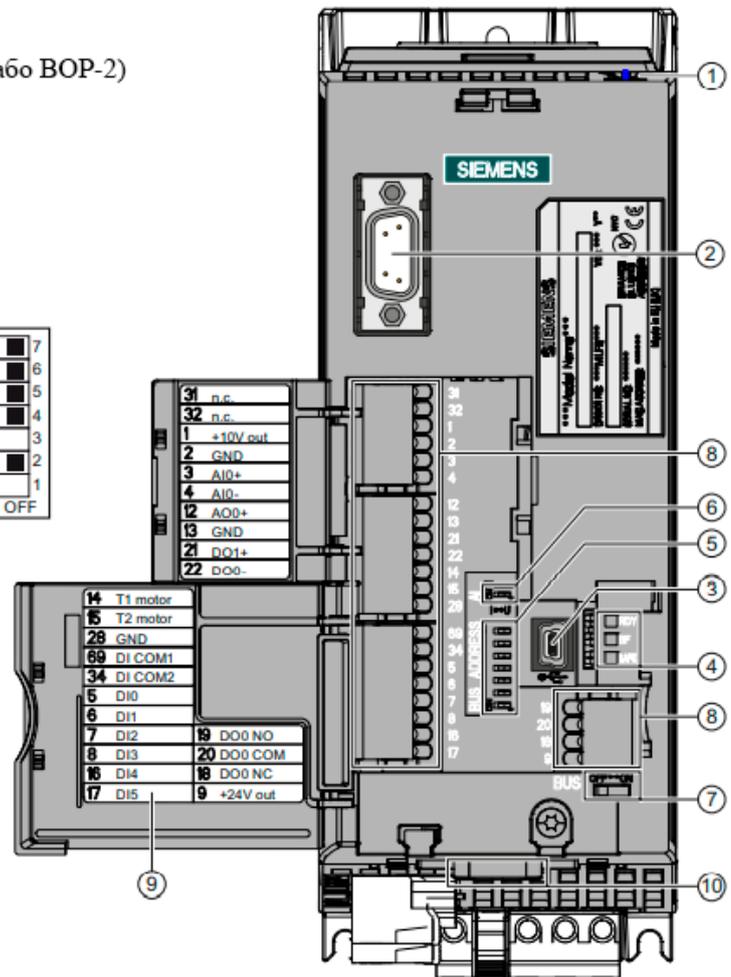


- 1 0 В, з'єднання із землею
- 2 RS485P, прийом і передача (+)
- 3 RS485N, прийом і передача (-)
- 4 Екран
- 5 Не використовується

PROFIBUS

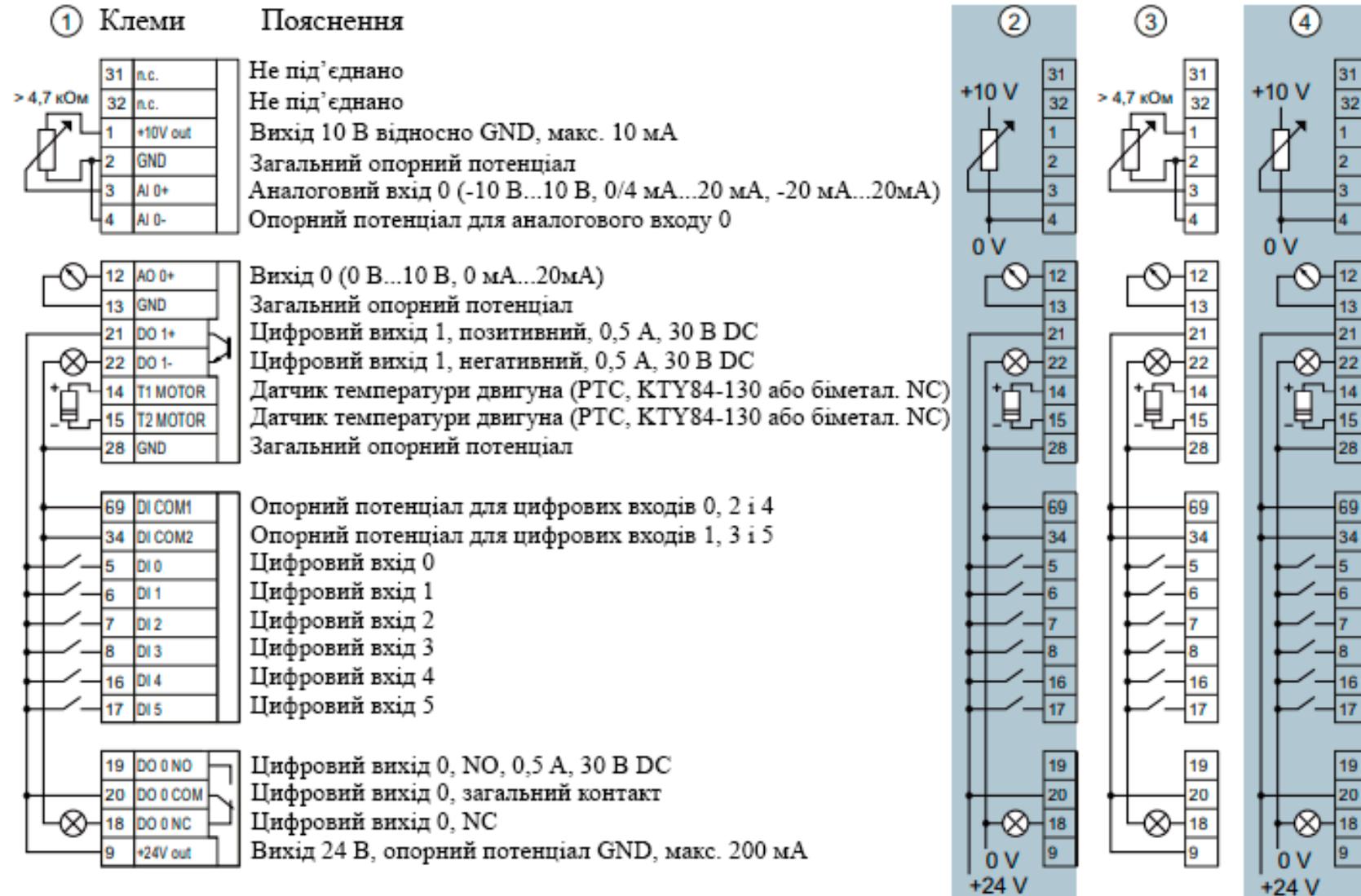


- 1 Екран, з'єднання із землею
- 2 Не використовується
- 3 RxD/TxD-P, отримати/передати дані P (В/В')
- 4 CNTR-P, керуючий сигнал
- 5 DGND, опорний потенціал даних (C/C')
- 6 VP, напруга живлення позитивна
- 7 Не використовується
- 8 RxD/TxD-N, отримати/передати дані N (A/A')
- 9 Не використовується



ДОДАТОК Б

Розведення клем частотного перетворювача SINAMICS G120C



ДОДАТОК В

Алгоритм базового введення в експлуатацію частотного перетворювача за допомогою ІОР

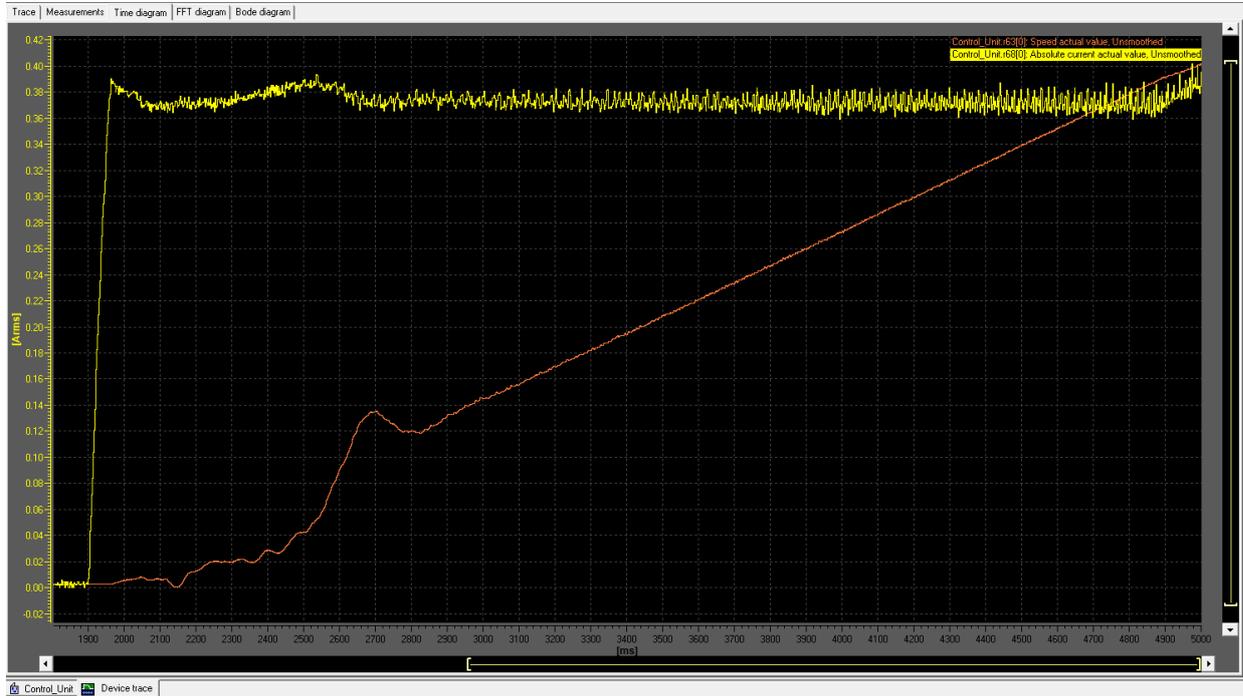




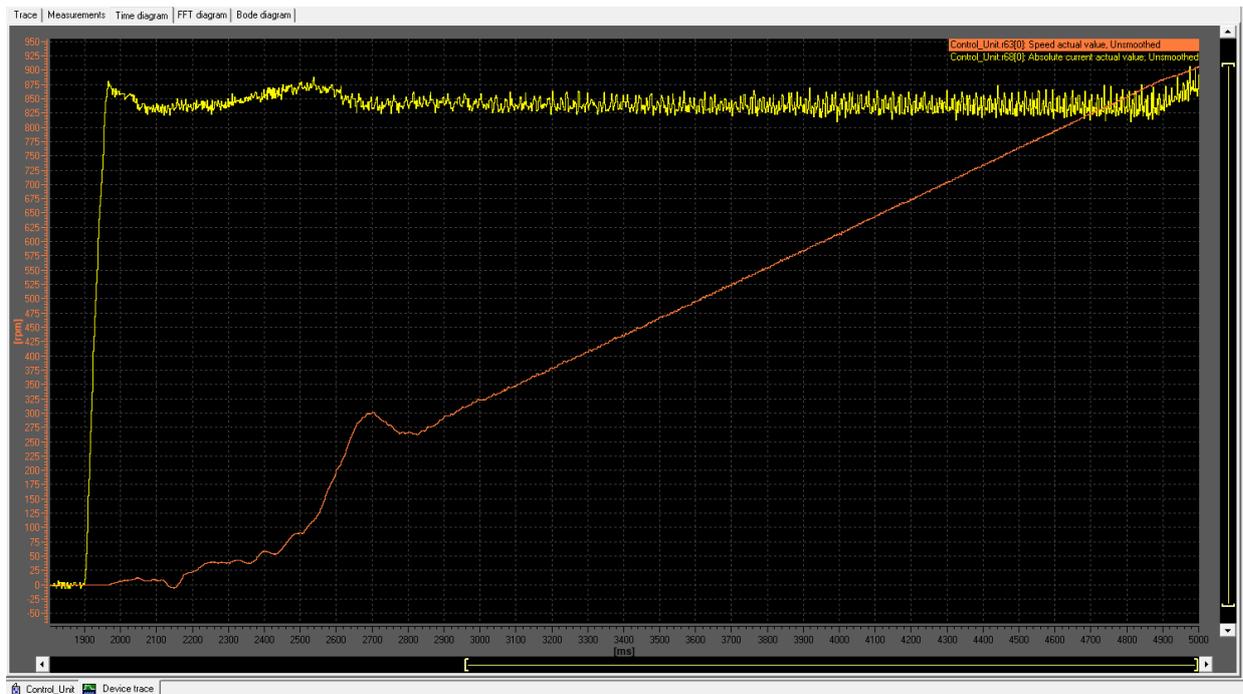


ДОДАТОК Г

Часові діаграми трифазного асинхронного двигуна



Часова діаграма фактичної швидкості обертання ротора двигуна



Часова діаграма фактичного значення струму двигуна під час обертання

ДОДАТОК Д
SECTION 4. THE ECONOMIC PART

4.1 Determining the cost of making stands for research at the Siemens Training and Research Center and implementation of the general work of laboratory developments

Determine the cost of purchasing components for the laboratory

Table 1 - Laboratory equipment

№	Name	Quantity	Price per unit	Total price
1	Siemens CPU 410E H-System	1	364000 uah	364000 uah
2	I/O system SIMATIC ET 200SP	6	27000 uah	162000 uah
3	Vortex flow measurement Siemens Sitrans FX300	1	40000 uah	40000 uah
4	Differential transducer Siemens Sitrans P410	2	26000 uah	52000 uah
5	Digital transient sensor Siemens Sitrans P DS III	2	14000 uah	28000 uah
6	Frequency converter training stand SINAMICS G120C	1	80000 uah	80000 uah
7	Virtual reality glasses HTC Valve + racks	1	10000 uah	10000 uah
8	Personal computer HP 290G2 MT	7	15000 uah	105000 uah
9	Project Acer P1650	1	20500 uah	20500 uah
10	Total:			861500 uah

Thus, the cost of purchasing components for the diagnostic complex is equal:

$$z_k = 861500 \text{ (uah)}$$

4.2 Calculation of costs for installation and commissioning of the Siemens Training and Research Center

For the application of laboratory work and their development in practice, as well as for the optimal provision of knowledge to students use a laboratory assistant. Take into account the fact that the laboratory assistant serves the stands at 0.25 rates.

Wage costs with accruals are determined by the formula:

$$3_{3ПМ} = K_{H3} \cdot \lambda \cdot t \cdot \sum_{i=1}^m C_{ti} (1 + H), \text{uah}, \quad (4.1)$$

where K_{H3} – coefficient that takes into account the overhead costs of wages, $K_{H3} = 1,3$;

λ – coefficient that takes into account premiums, $\lambda = 1,25$;

t – work time, $t = 40$ (hour);

C_{ti} – hourly wage rate of an employee of the 4th category, $C_{tiV} = 33,58$ uah/hour;

H – payroll rate, $H = 0,22$;

m – number of workers, $m = 1$.

$$3_{3ПМ} = 1,3 \cdot 1,25 \cdot 40 \cdot (1 \cdot 33,58) \cdot (1 + 0,22) = 2663 \text{ uah}$$

4.3 Determining the total amount of costs for the training and research center

The cost of developing a training and research center for laboratory work is defined as the sum of the cost of purchasing components and the cost of wages with accruals of the laboratory assistant who conducts classes:

$$3_M = 3_K + 3_{3ПМ}, \quad (4.2)$$

$$3_M = 861500 + 2663 = 864163 \text{ uah}$$

4.4 Calculation of the annual time fund of the Siemens Training and Research Center

For disciplines "Modern microcontrollers of control systems and programmable logic controllers" (MMCS) laboratory, practical and lecture classes in the amount of 140 hours per 2 semesters (year of study) are held in the laboratory per year.

Discipline classes are held for two groups of up to 15 people.

Calculate the annual fund of working time, taking into account the coefficient of increase equal to 1,3:

$$140 \cdot 1,3 = 182 \text{ hours}$$

4.4 Calculation of current labor costs for maintenance of laboratory stands

$$3\Pi = 1,3 \cdot 1,25 \cdot 0,3 \cdot 182 \cdot 46,16 \cdot 1,22 = 4996,5 \text{ год}$$

4.5 Determine the cost of 1 hour of laboratory classes for two groups of people

$$B_{1\text{год}} = \frac{3\Pi + 0,25 \cdot KB}{T_p};$$

$$B_{1\text{год}} = \frac{4996,5 + 0,25 \cdot 864163}{182} = 1214,5 \text{ uah/hour}$$

The cost of 1 hour of laboratory classes per person is:

$$B_{1\text{год.люд}} = \frac{1214,5}{30} = 40,5 \text{ uah/hour}$$

4.6 Conclusions

Thus, the cost of one laboratory work during one academic hour is about 1215 UAH or 40.5 UAH per person. The average cost of training in the specialty is UAH 15,000 / year, therefore, the cost of laboratory and practical classes is fully compared with the cost of education. At the same time, the use of stands significantly improves the quality of training and professional skills of future professionals.