

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до лабораторних занять

із навчальної дисципліни

«АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД»

(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка)

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2024

Методичні рекомендації до лабораторних занять із навчальної дисципліни «Автоматизований електропривод» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. В. Є. Плюгін, К. Я. Івакіна. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – 63 с.

Укладачі: д-р техн. наук, проф. В. Є. Плюгін,
канд. техн. наук, доц. К. Я. Івакіна

Рецензент

А. В. Єгоров, доцент кафедри електричних машин Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»

Рекомендовано кафедрою систем електропостачання та електроспоживання міст, протокол № 11 від 15.03.2024.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Техніка безпеки під час виконання лабораторних робіт.....	5
2 Ознайомлення з лабораторною установкою	6
2.1 Склад лабораторної установки	6
2.2 Робота налагодженої системи керування	22
3 Програмування контролера M241.....	27
3.1 Інтерфейс програми SoMachine Logic Builder.....	27
3.2 Додавання перетворювача частоти у проєкт.....	32
3.3 Створення глобальних змінних.....	41
3.4 Створення структур даних.....	44
3.5 Розроблення програми блокування руху.....	46
3.6 Розширення головного модуля програми.....	48
3.7 Налаштування вхідних і вихідних портів контролера.....	56
4 Вимоги до оформлення звіту.....	59
Список рекомендованих джерел.....	60
Додаток А	62

ВСТУП

У лабораторній роботі з дослідження системи частотного керування електроприводом мостового крану ставиться мета з розробки системи диспетчерського керування електроприводом асинхронних двигунів механізмів підйому та пересування мостового крану за допомогою перетворювачів частоти виробництва «Schneider Electric» та дослідження характеристик цих двигунів у перехідних режимах роботи.

У першій частині методичних рекомендації розглянуто: склад лабораторної установки; робота системи керування; розробка проєкту з частотного керування електроприводом механізмів крану мостового у програмах SoMachine (інтерфейс програми SoMachine Logic Builder, додавання перетворювача частоти у проєкт, створення глобальних змінних і структур даних, розробка програми блокування руху, налаштування вхідних і вихідних портів контролера).

Перед виконанням лабораторних робіт необхідно: вивчити літературу з цього розділу; ознайомитися з методичними рекомендаціями до їхнього виконання; вивчити призначення і склад електроустаткування лабораторного стенду; вивчити заходи з техніки безпеки.

1 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Під час виконанні лабораторних робіт здобувачі зобов'язані керуватися «Інструкцією з техніки безпеки під час проведення лабораторних робіт», з якою ознайомлюються на першому лабораторному занятті.

Перед початком роботи необхідно вивчити електричну схему стенда, ознайомитися з розташуванням на стенді вимірювальних приладів, комутаційних апаратів, перетворювачів частоти, контролера, джерел живлення, а також вивчити особливості побудову стенда, на якому проводяться лабораторні роботи.

Під час виконання лабораторних робіт **забороняється:**

- виконувати пуск механізмів крана та налаштування лабораторного устаткування без присутності викладача;
- знаходитися в зоні роботи крана;
- торкатися до частин механізмів, що рухаються;
- вмикати, вимикати комп'ютер та підключати flash-накопичувачі без присутності викладача;
- натискувати без необхідності на кнопку аварійного захисту;
- торкатися до струмопровідних частин стенда під напругою;
- заглядати за стенд і спиратися ліктем на нього, захарашувати робочу поверхню стенда сторонніми предметами;
- розпочинати виконання лабораторних робіт без уважного вивчення правил техніки безпеки.

У разі виникнення небезпеки, аварійної або критичної ситуації миттєво натиснути на кнопку аварійного захисту та попередити викладача!

Після закінчення лабораторної роботи **необхідно:**

- вимкнути комп'ютер;
- вимкнути джерела живлення постійного струму;
- вимкнути всі автомати, які подають напругу на стенд;
- натиснути на кнопку аварійного захисту.

2 ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ЛАБОРАТОРНОЮ УСТАНОВКОЮ

Мета: ознайомлення зі складом лабораторної установки з дослідження системи частотного керування електроприводом мостового крана.

2.1 Склад лабораторної установки

До складу лабораторної установки входять кран мостовий підйомний (рис. 2.1) та стенд з дистанційного керування рухом цих механізмів (рис. 2.2).

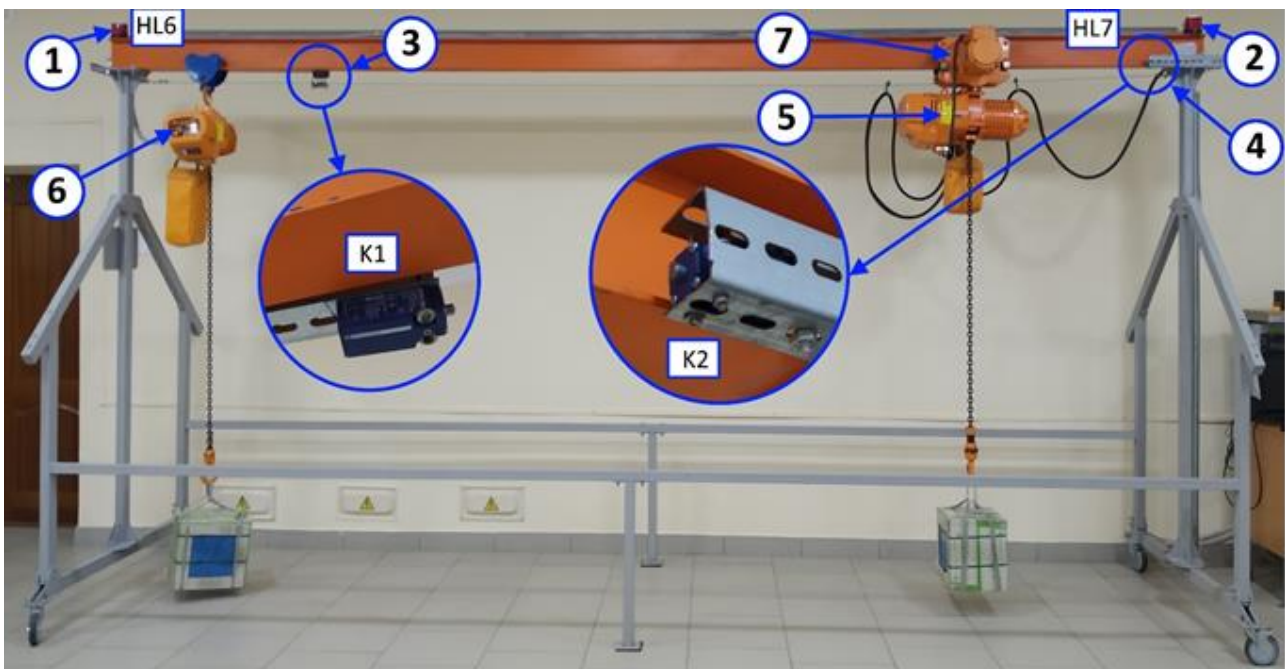


Рисунок 2.1 – Кран мостовий підйомний:

- 1 – сигнальна лампа спрацьовування лівого кінцевого вимикача; 2 – сигнальна лампа спрацьовування правого кінцевого вимикача; 3 – лівий кінцевий вимикач; 4 – правий кінцевий вимикач; 5 – привод головного підйому (мотор-редуктор); 6 – привод допоміжного підйому (мотор-редуктор); 7 – привод пересування візка (мотор-редуктор), до якого закріплено механізм головного підйому

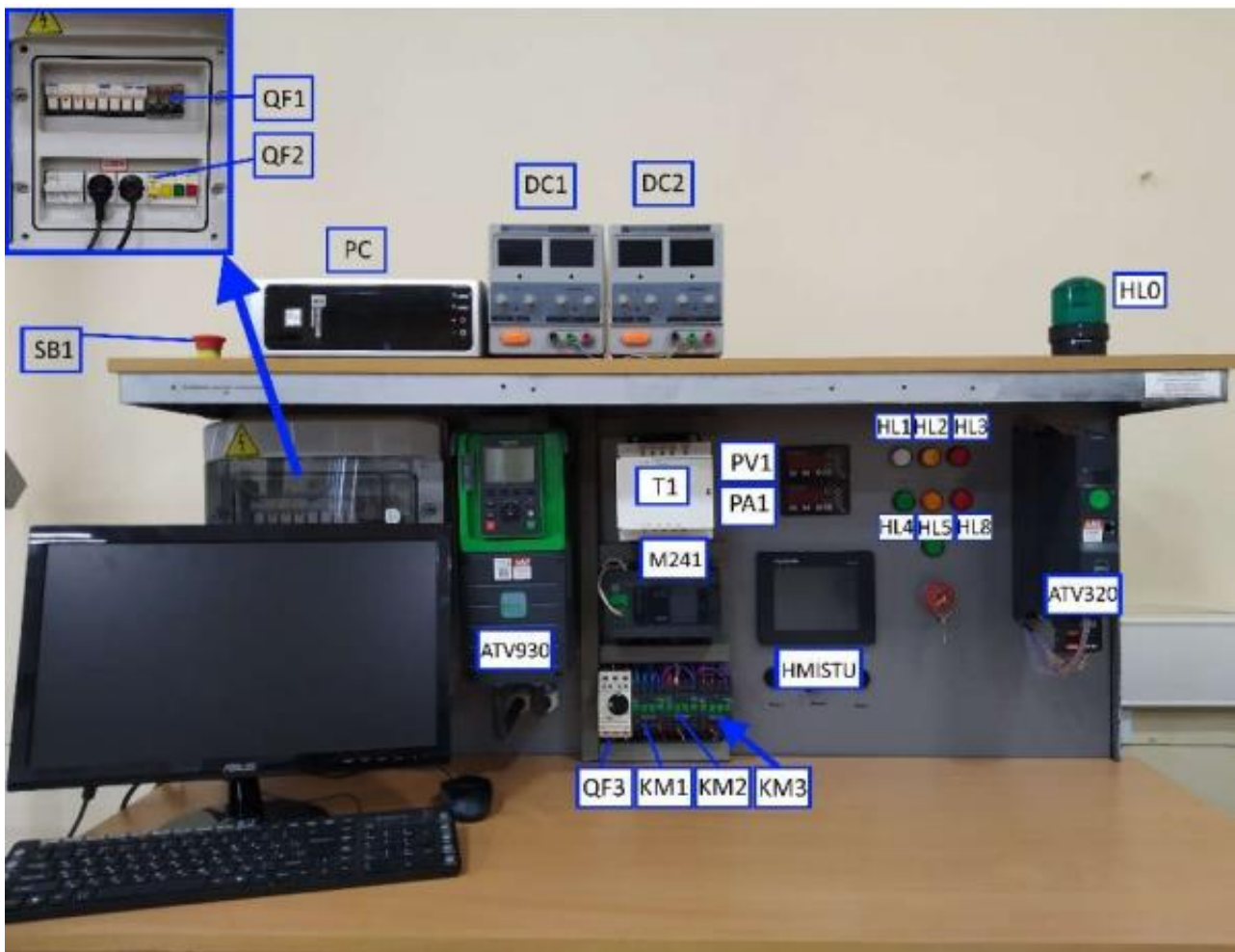


Рисунок 2.2 – Стенд лабораторний

З правого та лівого боку моста крана встановлені кінцеві вимикачі К1, К2 для обмеження руху візка та сигнальні лампи HL6, HL7, які вмикаються після спрацювання кінцевих вимикачів. Детальна специфікація обладнання лабораторної установки наведена в таблиці 2.1. Схеми електричні принципи показані на рисунках 3–6.

Таблиця 2.1 – Специфікація обладнання

Найменування	Позначення	Призначення
1	2	3
1 Асинхронний двигун з короткозамкненим ротором 1,5 кВт, 380 В У, 1450 об/хв Модель: M2AA80B4 Виробник: Південна Корея	M1	Електропривод головного підйому
2 Асинхронний двигун з короткозамкненим ротором 0,75 кВт, 380 В У, 1450 об/хв Модель: M2AA80B4 Виробник: Південна Корея	M2	Електропривод допоміжного підйому
3 Асинхронний двигун з короткозамкненим ротором; 0,75 кВт, 380 В У, 1450 об/хв Модель: M2AA80B4 Виробник: Південна Корея	M3	Електропривод візка
4 Перетворювач частоти ATV320B 1,1 кВт, 380 В Модель: ATV320U11N4B Виробник: «Schneider Electric»	ATV320	Керування двигуном головного підйому
5 Перетворювач частоти ATV930 0,7 кВт, 380 В Модель: ATV930U07N4 Виробник: «Schneider Electric»	ATV930	Керування електродвигунами допоміжного підйому та візка
6 Програмований логічний контролер M241 24 вх/вих транз. 2RS485 1ETH Модель: TM241CE24T Виробник: «Schneider Electric»	M241	Обробка вхідних і вихідних команд

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
7 Сенсорна панель Magelis 5,7" кольорова Модель: HMISTU855 Виробник: «Schneider Electric»	HMISTU	Реалізація людино-машинного інтерфейсу
8 Автоматичний вимикач трифазний 380 В, 10 А Виробник: «Schneider Electric»	QF1	Комутація трифазної мережі
9 Автоматичний вимикач однофазний 380 В, 6 А Виробник: «Schneider Electric»	QF2	Комутація однофазної мережі
10 Автоматичний вимикач захисту двигуна з електромагнітним розчепленням 400 В, 2.5 – 4 А. Модель: GV2P08 Виробник: «Schneider Electric»	QF3	Захист кола живлення перетворювачів частоти
11 Контакттор трифазний 3PE 1NO 380 В, 6 А, AC3~220 В Модель: LC1E0610M5 Виробник: «Schneider Electric»	KM1	Замикання трифазного кола живлення перетворювачів частоти
12 Контакттор трифазний 3PE 1NO 380 В, 6 А, AC3~220 В Модель: LC1E0610M5 Виробник: «Schneider Electric»	KM2	Замикання кола між виходом перетворювача частоти ATV930 та двигуном M2
13 Контакттор трифазний 3PE 1NO 380 В, 6 А, AC3~220 В Модель: LC1E0610M5 Виробник: «Schneider Electric»	KM3	Замикання кола між виходом перетворювача частоти ATV930 та двигуном M3

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
<p>14 Трансформатор однофазний розділовий 220/220 В Виробник: ХНУМГ</p>	<p>T1</p>	<p>Живлення кнопки аварійного захисту</p>
<p>15 Джерело живлення постійного струму 0...25 В DC Модель: ЭПЗ.3005.1.3 Виробник: «Еталон-Прилад»</p>	<p>DC1</p>	<p>Живлення контролера, сенсорної панелі, порту +24 В перетворювача частоти ATV320 та кола кінцевих вимикачів</p>
<p>16 Джерело живлення постійного струму 0...25 В. Модель: ЭПЗ.3005.1.3 Виробник: «Еталон-Прилад»</p>	<p>DC2</p>	<p>Живлення вихідних портів контролер та кола проміжних реле</p>
<p>17 Вимикач кнопковий аварійного зупину Модель: XB7NS8442 Виробник: «Schneider Electric»</p>	<p>SB1</p>	<p>Комутація кола котушки контактора КМ1</p>
<p>18 Реле проміжне Коло 220 В AC / 24 В DC, 10 А, котушка 12 В DC, 2 NO 2 NC Модель: РЭК 77/4 (LY4) Виробник: «IEK»</p>	<p>KR1</p>	<p>Подавання живлення 220 В на котушку контактора КМ2</p>
<p>19 Реле проміжне Коло 220 В AC / 24 В DC, 10 А, котушка 12 В DC, 2 NO 2 NC Модель: РЭК 77/4 (LY4) Виробник: «IEK»</p>	<p>KR2</p>	<p>Подавання живлення 220 В на котушку контактора КМ3</p>

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
20 Реле проміжне Коло 220 В АС / 24 В DC, 10 А, катушка 12 В DC, 2 NO 2 NC Модель: РЭК 77/4 (LY4) Виробник: «IEK»	KR3	Подавання живлення 220 В на лампу HL4
21 Реле проміжне Коло 220 В АС / 24 В DC, 10 А, катушка 12 В DC, 2 NO 2 NC Модель: РЭК 77/4 (LY4) Виробник: «IEK»	KR4	Подавання живлення 220 В на лампу HL5
22 Реле проміжне Коло 220 В АС / 24 В DC, 10 А, катушка 12 В DC, 2 NO 2 NC Модель: РЭК 77/4 (LY4) Виробник: «IEK»	KR5	Подавання живлення 220 В на лампи HL6 та HL8
23 Реле проміжне Коло 220 В АС / 24 В DC, 10 А, катушка 12 В DC, 2 NO 2 NC Модель: РЭК 77/4 (LY4) Виробник: «IEK»	KR6	Подавання живлення 220 В на лампи HL7 та HL8
24 Кінцевий вимикач 1NO, 1NC, вхід PG11 Модель: ХСКН2110G11 Виробник: «Schneider Electric»	K1	Контроль досягнення візком крайнього правого положення
25 Кінцевий вимикач 1NO, 1NC, вхід PG11 Модель: ХСКН2110G11 Виробник: «Schneider Electric»	K2	Контроль досягнення візком крайнього лівого положення

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
<p>26 Лампа світлодіодна зелена програмована 220 В АС Виробник: «Schneider Electric»</p>	<p>HL0</p>	<p>Сигналізація живлення однофазної мережі</p>
<p>27 Лампа світлодіодна біла матриця 220 В АС. Модель: AD16DS (LED) Виробник: «IEK»</p>	<p>HL1</p>	<p>Сигналізація живлення трифазної мережі</p>
<p>28 Лампа світлодіодна оранжева матриця 220 В АС. Модель: AD16DS (LED) Виробник: «IEK»</p>	<p>HL2</p>	<p>Сигналізація живлення привода допоміжного підйому</p>
<p>29 Лампа світлодіодна червона матриця 220 В АС Модель: AD16DS (LED) Виробник: «IEK»</p>	<p>HL3</p>	<p>Сигналізація живлення привода візка</p>
<p>30 Лампа світлодіодна зелена матриця 220 В АС Модель: AD16DS (LED) Виробник: «IEK»</p>	<p>HL4</p>	<p>Сигналізація руху візка вліво</p>
<p>31 Лампа світлодіодна оранжева матриця 220 В АС. Модель: AD16DS (LED) Виробник: «IEK»</p>	<p>HL5</p>	<p>Сигналізація руху візка вправо</p>
<p>32 Лампа світлодіодна червона 220 В АС Виробник: «Schneider Electric»</p>	<p>HL6</p>	<p>Сигналізація спрацьовування правого кінцевого вимикача</p>

Закінчення таблиці 2.1

1	2	3
33 Лампа світлодіодна червона 220 В АС Виробник: «Schneider Electric»	HL7	Сигналізація спрацьовування лівого кінцевого вимикача
34 Лампа світлодіодна червона матриця 220 В АС Модель: AD16DS (LED) Виробник: «ІЕК»	HL8	Сигналізація спрацьовування правого або лівого кінцевих вимикачів
35 Вольтметр цифровий 400 В АС. Модель: ЕПВ-100 Виробник: «Еталон-Прилад»	PV1	Вимірювання вхідної фазної напруги
36 Амперметр цифровий 30 А АС. Модель: ЕПА-100 Виробник: «Еталон-Прилад»	РА1	Вимірювання струму фази А вхідного кола

На рисунку 2.3 вимикач QF1 подає живлення трифазної напруги. Вимикач QF2 подає живлення однофазної напруги. Після спрацьовування вимикача QF2 подається живлення на лампу HL0 та котушку контактора KM1 через розділовий трансформатор T1 (220/220 В). При цьому контактор KM1 притягує головні контакти і замикає коло трифазного живлення, яке подається на вхід автоматичного вимикача QF3. Автоматичний вимикач QF3 захищає кола живлення перетворювачів частоти (ПЧ) ATV930 та ATV320. Після ввімкнення QF3 вмикається сигнальна лампа HL1. Кнопка аварійного стану SB1 у нормальному стані є нормально-замкненою. Після натиснення на кнопку SB1 розривається коло живлення котушки контактора KM1 і його головні контакти розмикаються. У трифазне коло паралельно двом фазам підключений вольтметр PV1, послідовно до фази підключений амперметр РА1.

Джерела постійного струму DC1 (24 В) та DC2 (10 В) подають живлення на контролер M241 (див. рис. 2.6), перетворювач частоти ATV320 (рис. 2.4) та кола контролю й керування (див. рис. 2.6).

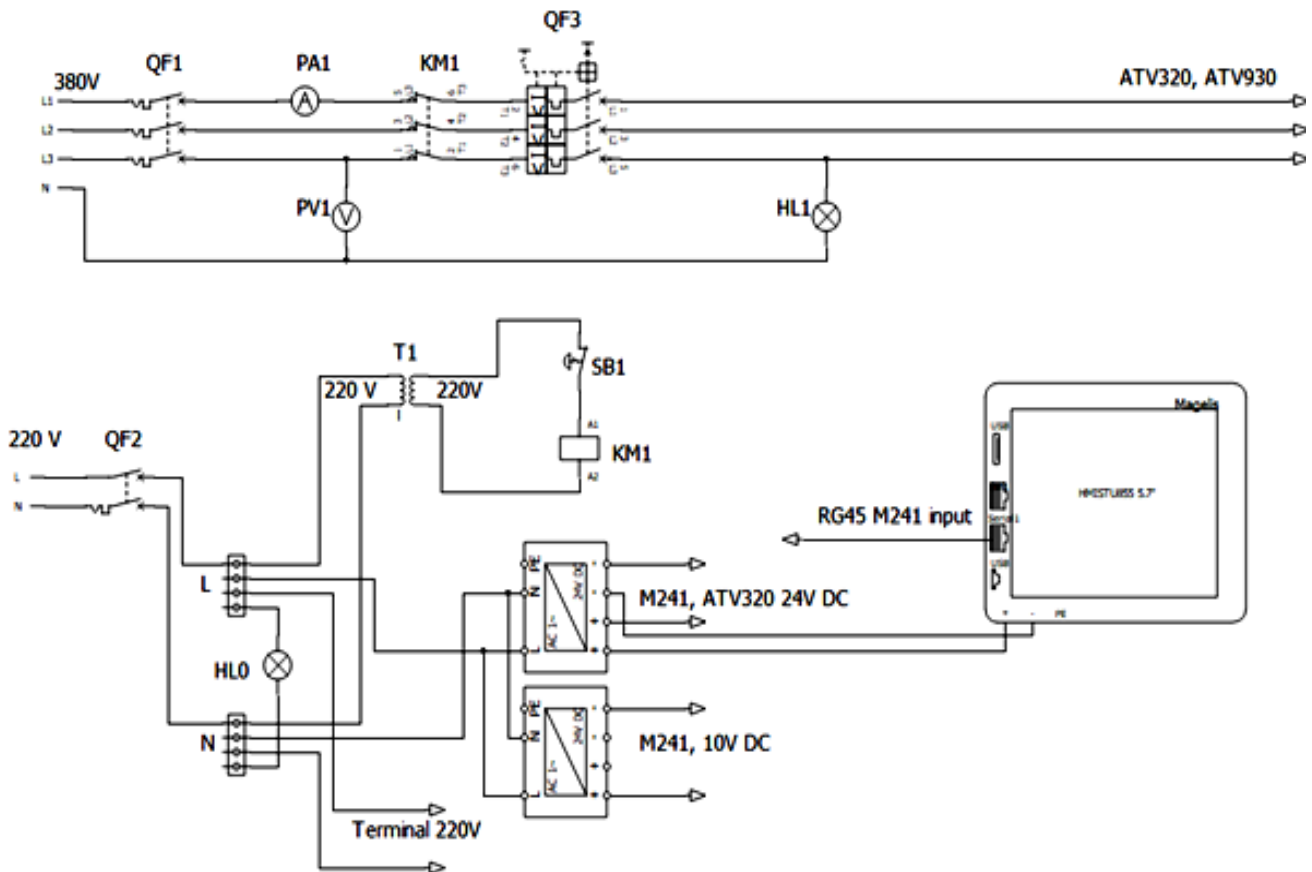


Рисунок 2.3 – Схема електрична принципіальна: мережа живлення

На рисунку 2.4 зображено підключення перетворювача частоти ATV320 (див. рис. 2.7) до електродвигуна головного підйому M1. Вхідна трифазна напруга подається від автоматичного вимикача QF3 на клеми перетворювача частоти R/L1, S/L2, T/L3. З клем перетворювача частоти U/T1, V/T2 та W/T3 вихідна напруга подається на вхід живлення асинхронного двигуна M1. На порт +24V підключається позитивний вихід джерела постійного струму DC1.

Порти D15 та D16 з'єднані з виходами контролера Q7 та Q6 відповідно. Під час подавання сигналу від контролера на порт D16 перетворювача частоти виконується команда «Прямий хід» двигуна, а на D15 – «Реверс».

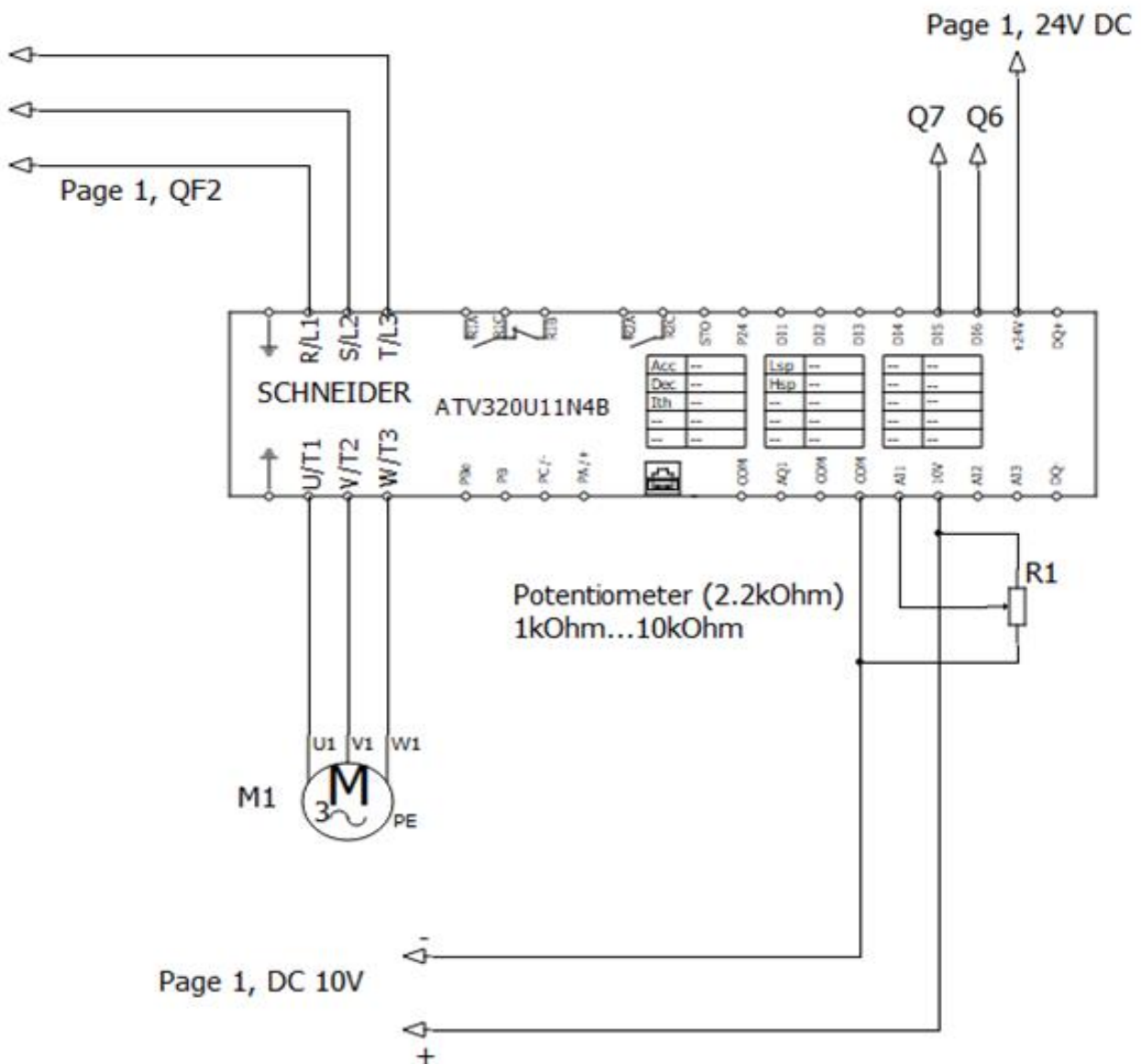


Рисунок 2.4 – Схема електрична принципіальна: механізм головного підйому

На рисунку 2.5 зображено підключення перетворювача частоти ATV930 (див. рис. 2.8), який відповідає за електричний привод електродвигунів допоміжного підйому M2 та пересування візка M3. Вхідна трифазна напруга подається від автоматичного вимикача QF3 на клеми перетворювача частоти R/L1, S/L2, T/L3. З клем перетворювача частоти U/T1, V/T2 та W/T3 вихідна напруга подається одночасно на головні контакти контакторів KM2 та KM3. Контактор KM2 замикає коло двигуна допоміжного підйому M2, контактор KM3 – коло двигуна пересування візка M3.

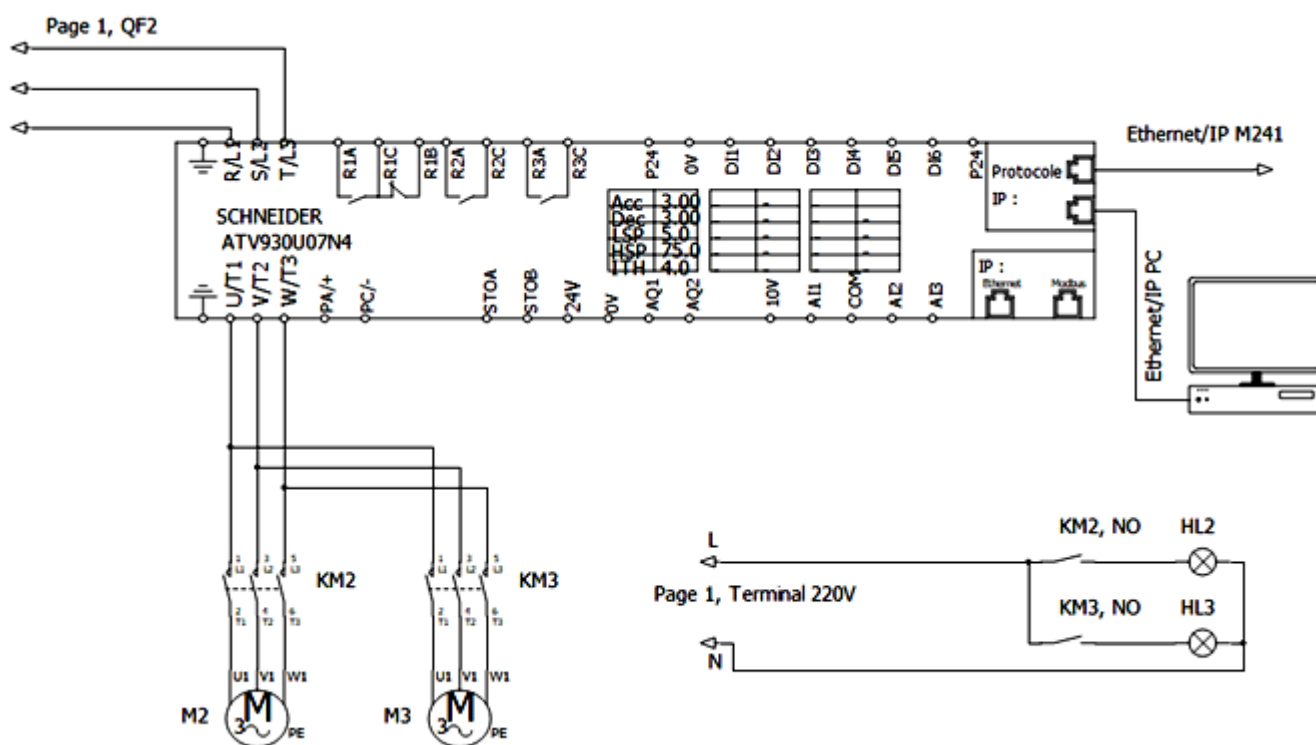


Рисунок 2.5 – Схема електрична принципіальна: механізми допоміжного підйому та пересування візка

Нормально розімкнені допоміжні контакти двох контакторів замикають коло живлення сигнальних ламп HL2 та HL3, які запалюються після спрацювання відповідного контактора. Один з Ethernet-портів (роз'єм RG45) перетворювача частоти з'єднаний з контролером, а інший – з персональним комп'ютером.

На рисунку 2.6 наведено схему підключення програмованого логічного контролера M241 та обладнання кола керування.

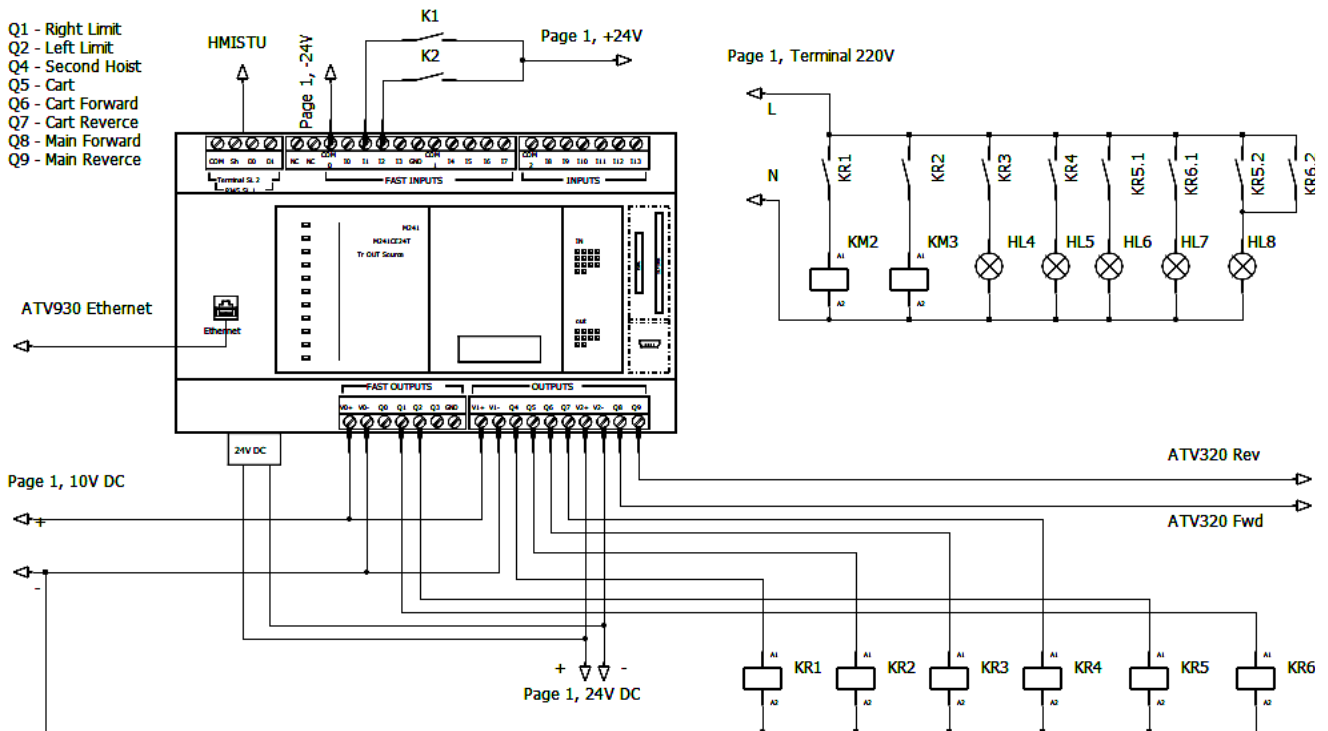


Рисунок 2.6 – Схема електрична принципіальна: контролер та коло керування

Перетворювач частоти ATV320U11N4B (рис. 2.7) має такі позначення:

- 1 – чотирисимвольний дисплей, який відображає стан перетворювача частоти, коди помилок та значення параметрів;
- 2 – навігаційна клавіша, яка використовується для переміщення в меню, корегування значень параметрів і зміни швидкості двигуна в режимі локального керування.

На рисунку 2.8 наведено перетворювач частоти ATV930U07N4, який має наступні позначення:

- 1 – графічний дисплей, який відображає стан перетворювача частоти, коди помилок та значення параметрів;
- 2 – кнопки для переходу по вкладках сторінок дисплею;
- 3 – кнопка переходу на домашню сторінку меню;

4 – навігаційна сенсорне кільце, яке використовується для переміщення в меню, корегування значень параметрів і зміни швидкості двигуна в режимі локального керування.

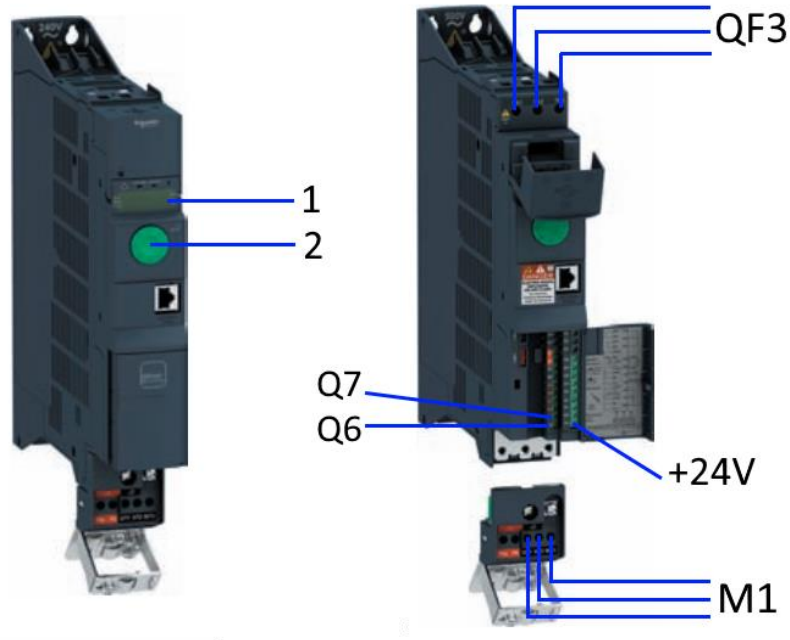


Рисунок 2.7 – Перетворювач частоти ATV320U11N4B

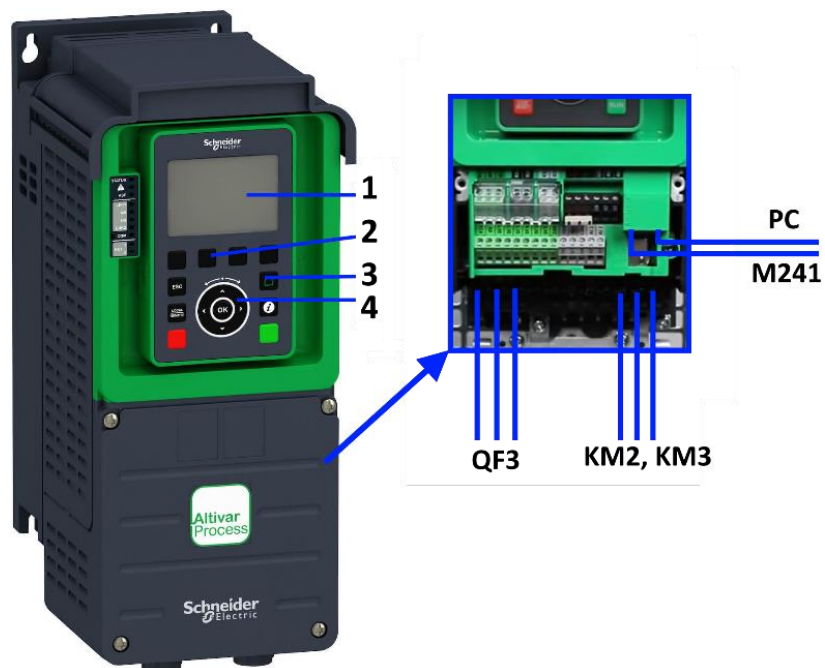


Рисунок 2.8 – Перетворювач частоти ATV930U07N4

На рисунку 2.9 зображено контролер M241 TM241CE24T. Наведені такі позначення:

1 – перемикач «пуск/стоп», використовується для рестарту контролера при зміні програми, яка завантажується з ПК;

2 – роз'єм карти пам'яті;

3 – роз'єм для елемента живлення (для вбудованого годинника);

4 – роз'єм для картриджа;

5 – LED-дисплей для індикацій станів вхідних та вихідних портів;

6 – мініUSB-порт для підключення до ПК (програма SoMachine);

7 – затискач для DIN-рейки 35 мм;

8 – транзисторні виходи;

9 – вхід мережі живлення постійного струму 24 В;

10 – вихідний Ethernet-порт (роз'єм RG45);

11 – LED-індикатор статусу контролера;

12 – роз'єм підключення шини розширення входів / виходів TM4;

13 – послідовний вхідний Ethernet-порт (роз'єм RG45);

14 – послідовний вхідний порт (RS-485);

15 – вхідні аналогові порти (для зовнішніх сигналів);

16 – слот підключення модуля розширення TM3/TM2.

До входу контролера підводиться постійна напруга 24 В від джерела живлення DC1. Вхідний Ethernet-порт контролера 13 підключений до сенсорної панелі Magelis HMISTU855 (рис. 2.10). Вихідний Ethernet-порт 10 підключений до перетворювача частоти ATV930.

Підключення вхідних аналогових портів 15 контролера:

– com – негативний полюс -24 В джерела живлення DC1;

– I1 – контакт лівого кінцевого вимикача K1;

– I2 – контакт правого кінцевого вимикача K2.

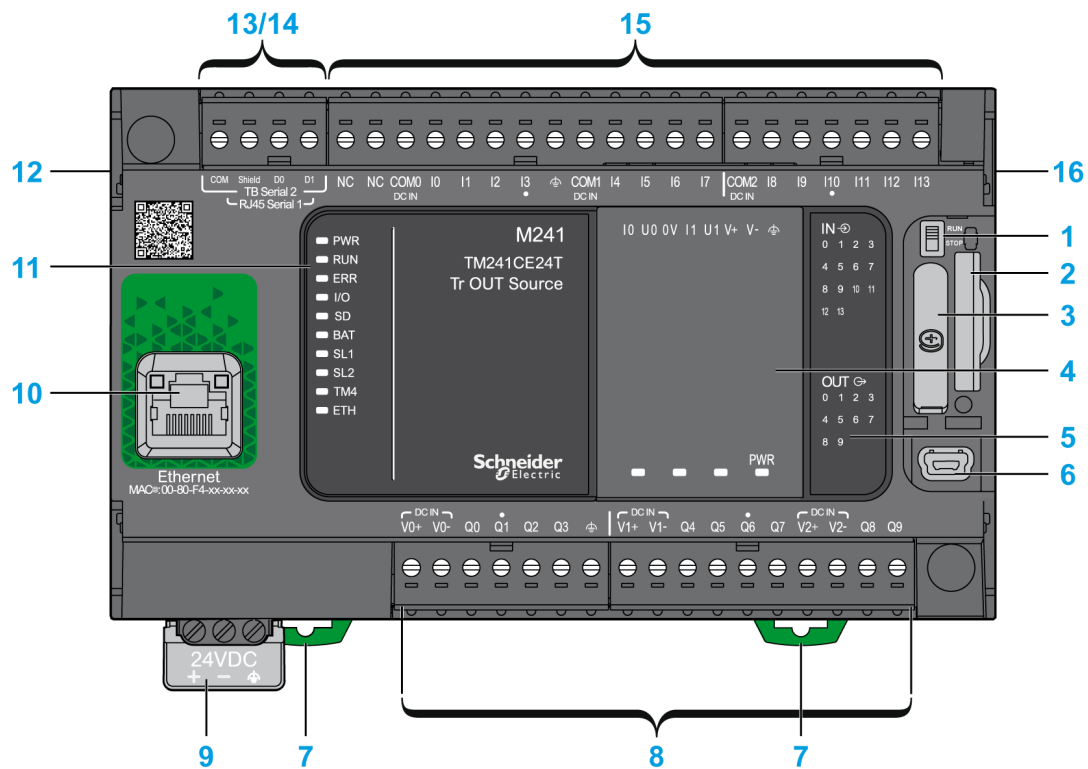


Рисунок 2.9 – Контролер M241 TM241CE24T



Рисунок 2.10 – Сенсорна панель Magelis HMISTU855

Підключення вихідних транзисторних портів 8 контролера:

Q1 – котушка реле KR6 (сигнал активується під час спрацьовування правого кінцевого вимикача K1; після активації реле одночасно замикається два

силових контакти: контакт KR6.1 замикає коло живлення 220 В лампи HL6 на мосту крана, а контакт KR6.2 – коло живлення 220 В лампи HL8 на стенді);

Q2 – котушка реле KR5 (сигнал активується під час спрацьовування лівого кінцевого вимикача K2; після активації реле одночасно замикається два силових контакти: контакт KR5.1 замикає коло живлення 220 В лампи HL7 на мосту крана, а контакт KR5.2 – коло живлення 220 В лампи HL8 на стенді);

Q4 – котушка реле KR1 (під час спрацьовування реле замикається силовий контакт KR1, і на котушку контактора KM2 подається живлення 220 В для підключення двигуна допоміжного підйому M2 до перетворювача частоти ATV930);

Q5 – котушка реле KR2 (під час спрацьовування реле замикається силовий контакт KR2, і на котушку контактора KM3 подається живлення 220 В для підключення двигуна пересування візка M3 до перетворювача частоти ATV930);

Q6 – котушка реле KR3 (під час спрацьовування реле замикається силовий контакт KR3, і на сигнальну лампу HL4 подається живлення 220 В, яка запалюється одночасно з командою «вперед» для перетворювача частоти ATV930);

Q7 – котушка реле KR4 (під час спрацьовування реле замикається силовий контакт KR4, і на сигнальну лампу HL5 подається живлення 220 В, яка запалюється одночасно з командою «реверс» для перетворювача частоти ATV930);

V0+, V0- – постійна напруга 10 В від джерела живлення DC2;

V1+, V1- – постійна напруга 10 В від джерела живлення DC2;

V2+, V2- – постійна напруга 24 В від джерела живлення DC1.

Q8 – порт D16 перетворювача частоти ATV320 (команда «вперед» двигуна головного підйому M1);

Q9 – порт D17 перетворювача частоти ATV320 (команда «реверс» двигуна головного підйому M1).

2.2 Робота налагодженої системи керування

Матеріал цього підрозділу містить інформацію, яка є кінцевою метою здобувача під час виконання лабораторних робіт.

Лабораторна установка працює так.

Перед початком роботи потрібно подати живлення: у розподільному щітку увімкнути автоматичний вимикач QF1 (трифазна напруга), QF2 (однофазна напруга). Увімкнути джерела живлення постійного струму DC1 (24 В) та DC2 (10 В). Вимкнути кнопку аварійного захисту SB1 (вимкнуте положення відповідає замкненому стану контакту кнопки). Увімкнути автоматичний вимикач QF3, призначений для захисту перетворювачів частоти.

Увімкнути персональний комп'ютер. Після завантаження операційної системи запустити програму SoMove, призначеної для реєстрації параметрів і характеристик перетворювача частоти ATV930. У програмі відкрити проєкт під назвою ATV930, на вкладці «Дисплей» вивести прилади для вимірювання напруги, струму, частоти обертання, моменту (в Нм), потужності (у %). На панелі інструментів натиснути на кнопку «connection» для з'єднання і синхронізації програми з перетворювачем частоти.

На сенсорній панелі при першому запуску буде відкрита сторінка керування механізмом головного підйому. Переконайтесь, що контактори KM2 та KM3 розімкнені, сигнальна лампа HL1 світиться, а лампи HL2, HL3 вимкнені. Перевірити роботу механізму головного підйому натисненням на кнопки «вгору» та «вниз» сенсорної панелі (рис. 2.11). Звернути увагу на значення частоти, яка відображається на дисплеї перетворювача частоти ATV320. Під час підйому та спуску вантажу виконати операцію регулювання частоти обертання двигуна за допомогою навігаційної клавіші.

Натиснути на заголовок «Second» сенсорної панелі для керування приводом допоміжного підйому. Переконайтесь про спрацьовування контактора KM2 та запалювання сигнальної лампи HL2. Лампи на мосту крана HL6, HL7 та

на панелі станда HL8 повинні бути вимкнені, що свідчить про відключений стан кінцевих вимикачів.

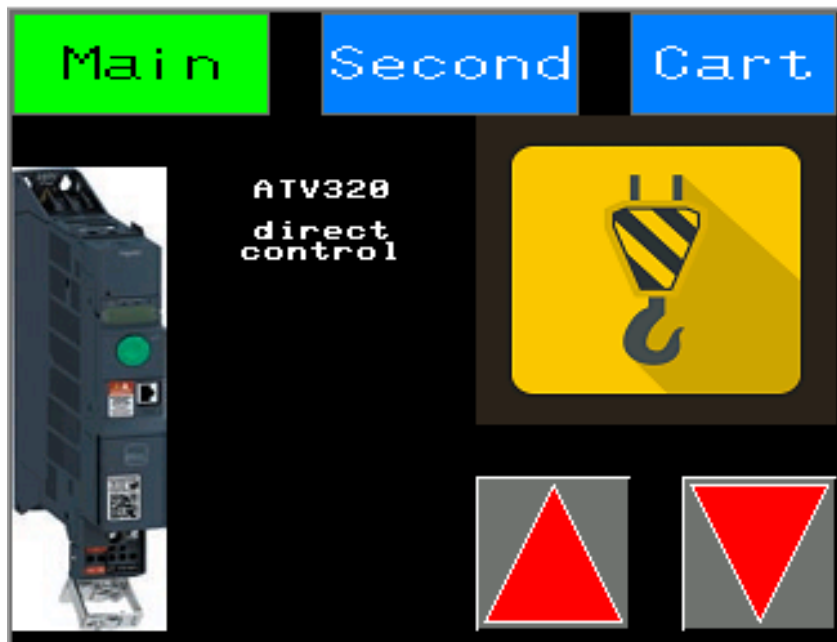


Рисунок 2.11 – Вікно сенсорної панелі: головний підйом

Незважаючи на те, що буде виконуватись операція підйому вантажу, а не пересування візка, перетворювач частоти буде блокувати рух в одному з двох напрямів при замкненому кінцевому вимикачі, оскільки в лабораторній установці один перетворювач частоти ATV930 керує роботою двома механізмами. Якщо ми на сенсорній панелі натиснемо «вгору» (сторінка «Second») або «вправо» (сторінка «Cart»), на перетворювач частоту буде подана одна й та ж сама команда «вперед». Якщо при цьому кінцевий вимикач K1 буде замкнений, на вхідний порт контролера П1 буде надходити позитивний сигнал, і команду «вперед» буде заблоковано.

Виконати підйом та спуск вантажу натисненням на відповідні кнопки сенсорної панелі (рис. 2.12). Під час роботи привода зафіксувати показання віртуальних приладів в програмі SoMove, зняти осцилограми зміни встановленої частоти, фактичної частоти, моменту обертання та струму двигуна допоміжного підйому. Реєстрацію показань виконати за різних значень цільової частоти обертання (дисплей «Target speed» на сенсорній панелі) та часу розгону

і гальмування привода (кнопка «Ramp» на сенсорній панелі), використовуючи відповідні операції на сенсорній панелі (рис. 2.13).

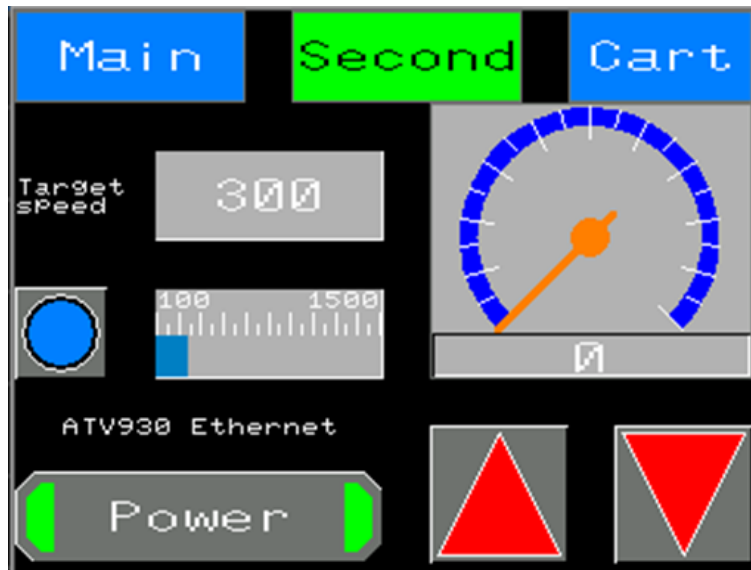


Рисунок 2.12 – Вікно сенсорної панелі: допоміжний підйом

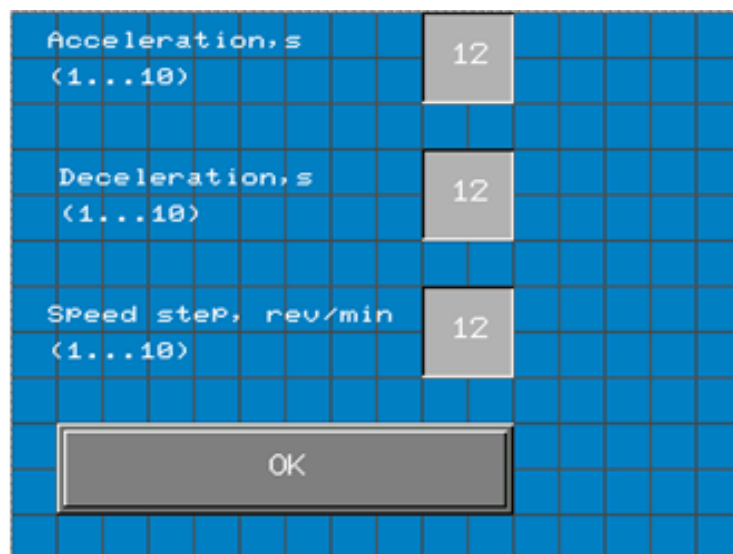


Рисунок 2.13 – Вікно налаштування параметрів привода

Натиснути на заголовок «Cart» сенсорної панелі для керування приводом пересування візка. Переконайтесь про спрацьовування контактора КМ3, відключення контактора КМ2, запалювання сигнальної лампи НЛ3 та згасання лампи НЛ2. Виконати пересування візка натисненням на відповідні кнопки сенсорної панелі (рис. 2.14). Переконайтесь про спрацьовування кінцевих

вимикачів після досягнення візком крайніх положень, запалювання сигнальних ламп на мосту крана та лампи HL8 на панелі стенда, блокуванні подальшого руху візка. Впевнитись про вимикання блокування руху при пересуванні візка у напрямку, протилежному тому, що був заблокований, та загасання сигнальних ламп на мосту крана та лампи HL8 на панелі стенда при розмиканні кінцевого вимикача.

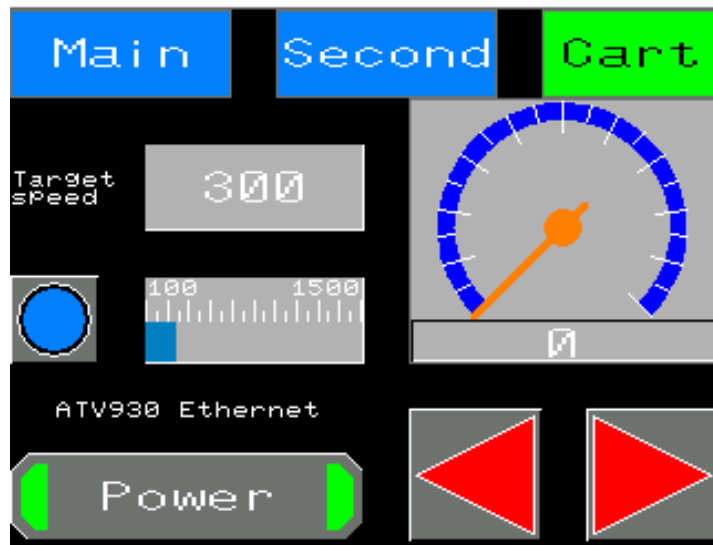


Рисунок 2.14 – Вікно сенсорної панелі: пересування візка

Під час роботи привода зафіксувати показання віртуальних приладів у програмі SoMove, зняти осцилограми зміни встановленої частоти, фактичної частоти, моменту обертання та струму двигуна допоміжного підйому. Реєстрацію показань виконати за різних значень цільової частоти обертання (дисплей «Target speed» на сенсорній панелі) та часу розгону і гальмування привода (кнопка «Ramp» на сенсорній панелі), використовуючи відповідні операції на сенсорній панелі.

Під час роботи будь-якого привода натиснути на кнопку аварійної зупинки для перевірки спрацьовування захисту.

Після завершення випробувань вимкнути живлення лабораторного стенда у такій послідовності:

- натиснути на кнопку «disconnect» на панелі інструментів в програмі SoMove;

- закрити програму SoMove;
- вимкнути персональний комп'ютер;
- вимкнути автоматичний вимикач QF3;
- вимкнути джерела постійного струму DC1 та DC2;
- вимкнути однофазну напругу вимикачем QF2;
- вимкнути трифазну напругу вимикачем QF1;
- натиснути на кнопку аварійної зупинки SB1.

Контрольні запитання:

1. З яких елементів складається лабораторна установка?
2. Призначення автоматичних вимикачів QF1 – QF3?
3. Призначення програми SoMove?
4. Яку функцію виконують порти D15 та D16?
5. Призначення та конструкція перетворювача частоти ATV320.
6. Призначення та конструкція перетворювача частоти ATV930.
7. Призначення та конструкція контролера M241.
8. Як відбувається підключення перетворювача частоти ATV930 до електродвигуна допоміжного підйому?
9. Яку функцію виконує кнопка «SB1»?
10. Як відбувається підключення перетворювача частоти ATV320 до електродвигуна головного підйому?

3 ПРОГРАМУВАННЯ КОНТРОЛЕРА M241

Мета: виконати програмування контролера M241 та перетворювача частоти ATV930.

3.1 Інтерфейс програми SoMachine Logic Builder

Програма SoMachine Logic Builder призначена для конфігурації і програмування обладнання виробництва «Schneider Electric», такого як контролери, перетворювачі частоти, панелі людино-машинного інтерфейсу та інші модулі. Окрім того, налаштовані в SoMachine проекти дозволяють виконувати діагностику та обслуговування електроприводів.

У лабораторній роботі є три пристрої, які увійдуть у проект:

- перетворювач частоти ATV930¹;
- контролер M241;
- сенсорна панель HMISTU855.

Увага! На лабораторному стенді всі пристрої вже налаштовані для роботи з електроприводами крана і будь-яка зміна цих налаштувань заборонена. У лабораторній роботі буде виконуватись симуляція роботи пристроїв у програмах SoMachine та Vijeo Designer. Якщо на практиці буде потрібно дійсно виконати налаштування фізичних пристроїв, все що знадобиться зробити – це підключити комп'ютер із розробленим проектом до контролера і завантажити в нього проект. Після завантаження робота контролера не буде відрізнятись від тої, що була протестована в симуляторі. Про завантаження проекту в пам'ять контролера та сенсорної панелі докладно розглянуто у підрозділі «Завантаження проекту в пам'ять фізичних пристроїв» другої частини методичних рекомендацій.

¹ Перетворювач частоти ATV320 підключений до контролера через дротовий зв'язок безпосередньо до клем терміналу, тому він у проект не потрапить, оскільки для цього потребується зв'язок по мережі «Ethernet». Проте керування цим перетворювачем можливе в обмеженому режимі за використання сигналів з вихідних портів контролера.

Після запуску програми SoMachine у вікні, що відкрилося (рис. 3.1), потрібно обрати послідовно пункти меню «New Project», «Empty Project», у полі «Project Name» ввести ім'я проєкту англійською мовою та натиснути кнопку «Create Project».

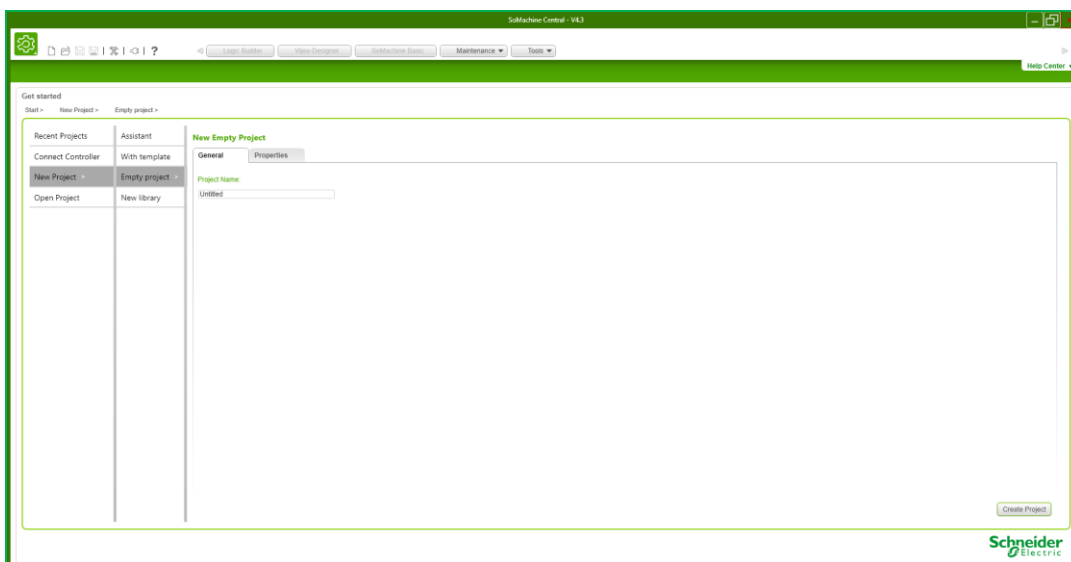


Рисунок 3.1 – Створення нового проєкту у SoMachine Logic Builder

Для додавання пристроїв до проєкту у вікні проєкту потрібно двічі клікнути лівою кнопкою миші (ЛКМ) на плитці з назвою «Configuration»[Add and remove device] (рис. 3.2).

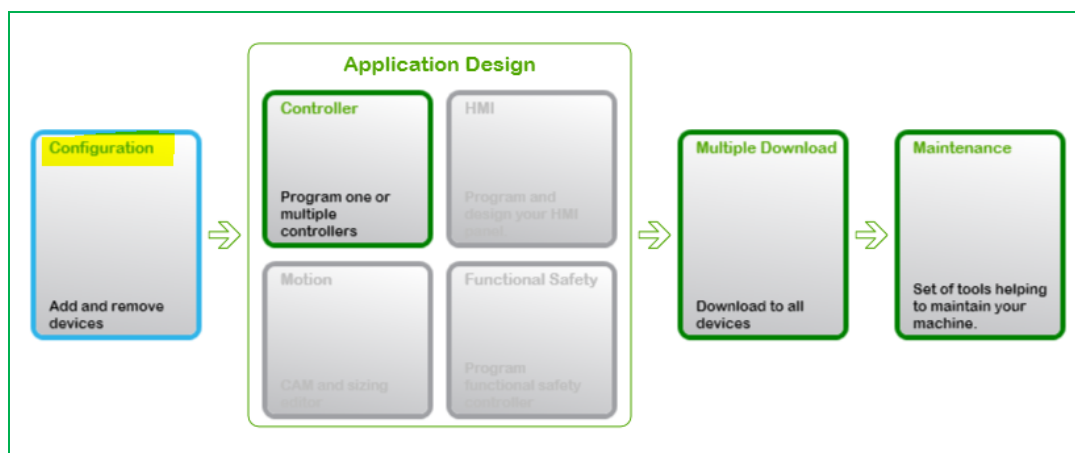



Рисунок 3.2 – Головна сторінка проєкту у SoMachine

У вікні із заголовком «Please select your device» (рис. 3.3) у переліку пристроїв з лівого боку розгорнути список «Logic Controller», у ньому

розгорнути список «M241», обрати контролер «M241CE24T/U» та натиснути на кнопку .

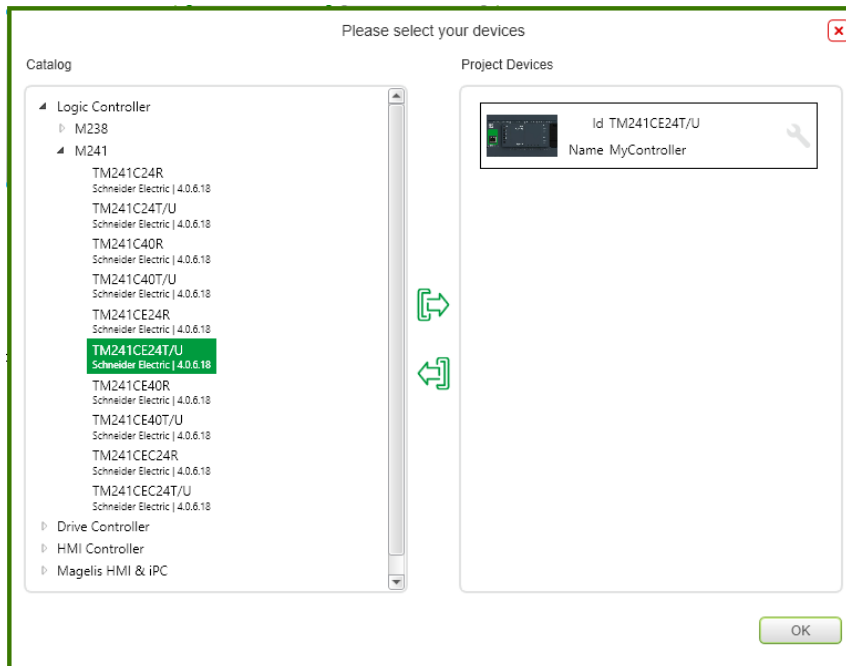



Рисунок 3.3 – Додавання контролера M241 у проєкт

Потім розгорнути список «Magelis HMI & iPC» (рис. 3.4), у ньому розгорнути список «HMISTU Series», обрати сенсорну панель «HMISTU855» та натиснути на кнопку .

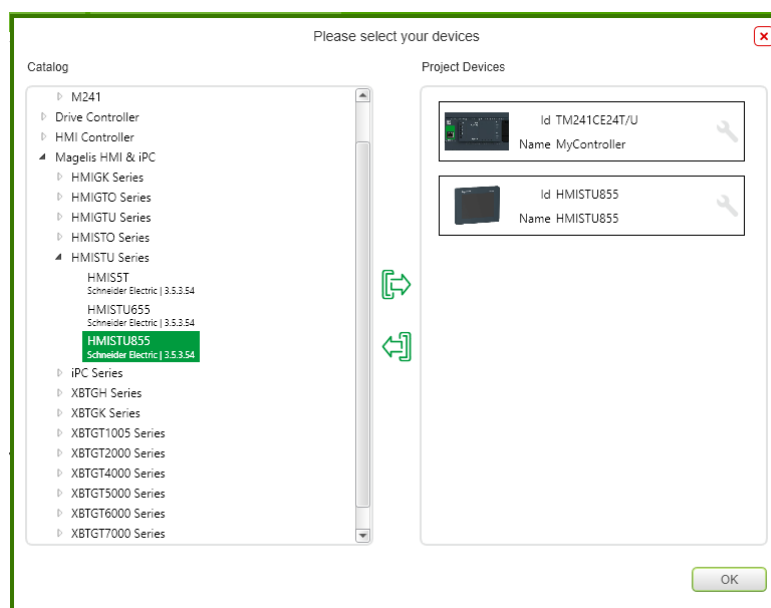


Рисунок 3.4 – Додавання сенсорної панелі HMISTU855 у проєкт

Переконавшись, що наведені пристрої обрані правильно, натиснути на кнопку «ОК».

У головному вікні проєкту (рис. 3.2) у центральній секції «Application Design» двічі клікнути ЛКМ на плитці «Controller» [Program one or multiple controllers]. При цьому відкриється вікно програми (рис. 3.5), у якому буде виконуватись подальша робота з налаштування проєкту.

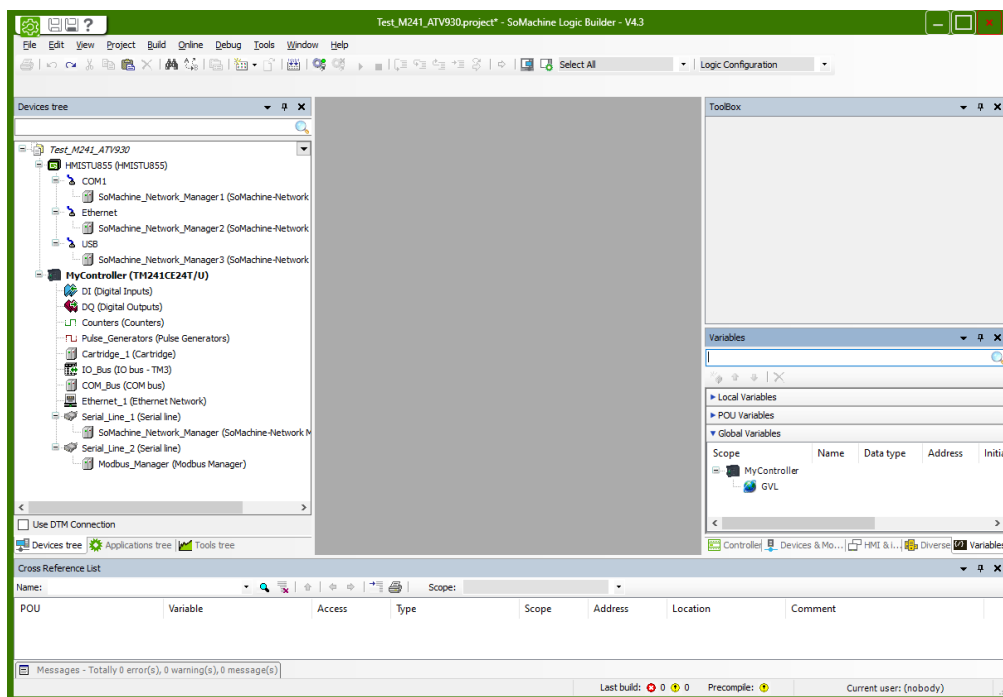


Рисунок 3.5 – Вікно конфігурації проєкту в SoMachine Logic Builder

У програмі SoMachine великі можливості і для ознайомлення з ними можна звернутись до офіційного керівництва з програмування приводів від «Schneider Electric». Розглянемо лише ті ресурси, які будуть фактично використані у проєкті.

Об'єкти вкладки «Device tree» (рис. 3.6):

- DI (Digital Inputs) – підключення вхідних портів контролера;
- DQ (Digital Outputs) – підключення вихідних портів контролера;
- Ethernet_1 (Ethernet Network) – додавання перетворювача частоти за протоколом Ethernet TCP/IP.

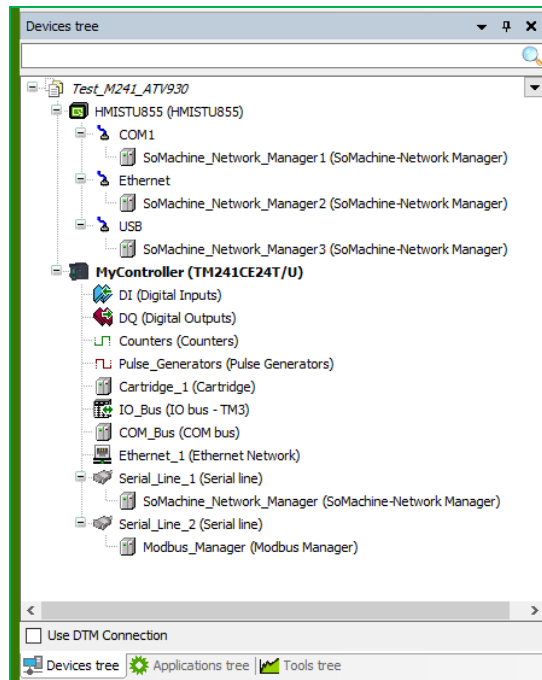


Рисунок 3.6 – Вкладка «Device tree» у проєкті SoMachine

Об’єкти вкладки «Application tree» (рис. 3.7):

- Application – головний розділ проєкту програми;
- GVL – розділ глобальних змінних проєкту;
- MAST – розділ підключення головної програми.

Об’єкти вкладки «Application tree» (рис. 3.7) у щойно створеному проєкту поки не містять всі потрібні об’єкти².

Об’єкти вкладки «Tools tree» (рис. 3.8) у щойно створеному проєкту поки не містять потрібних об’єктів³.

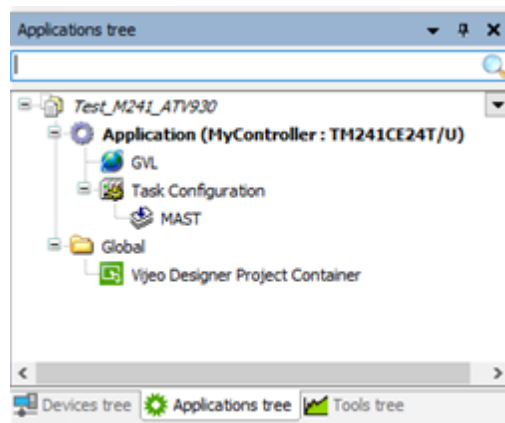


Рисунок 3.7 – Вкладка «Application tree» у проєкті SoMachine

² Пізніше про це буде надана додаткова інформація (об’єкти «POU», «DUT»).

³ Пізніше про це буде надана додаткова інформація (об’єкт «Symbol configuration»).

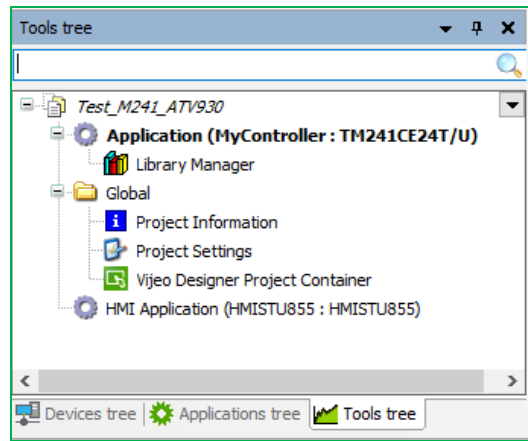


Рисунок 3.8 – Вкладка «Tools tree» у проєкті SoMachine

3.2 Додавання перетворювача частоти у проєкт

У лабораторній установці перетворювач частоти (ПЧ) ATV930 підключений до контролера за допомогою зв'язку Ethernet. Тому в проєкті SoMachine потрібно додати засіб для реалізації такого виду зв'язку. На вкладці «Devices tree» потрібно натиснути праву кнопку миші (ПКМ) на рядку «Ethernet_1 (Ethernet Network)» та у контекстному меню обрати пункт «Add device». У вікні, що з'явилося, розгорнути рядок із заголовком «ProtocolManagers», обрати рядок «Industrial Ethernet Manager» та натиснути кнопку «Add device» (рис. 3.9).

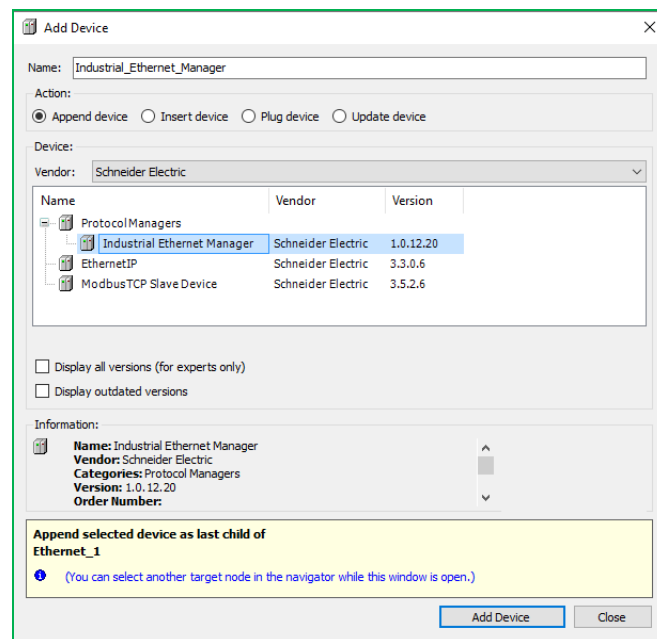


Рисунок 3.9 – Вікно створення пристрою «Industrial Ethernet Manager»

Потім це вікно можна закрити. На вкладці «Device tree» у секції «Ethernet_1 (Ethernet Network)» з'явиться новий рядок «Industrial_Ethernet_Manager».

У програмі SoMachine процедура додавання ПЧ у проєкт (з використанням шаблону) супроводжується автоматичною генерацією програми для його контролю. Тому насамперед потрібно створити пустий бланк програми, у полі якої буде розміщатись головна програма керування ПЧ. Для цього потрібно перейти на вкладку «Application tree», натиснути ПКМ на рядку «Application» та у контекстному меню послідовно обрати пункти «Add object», «POU...» (рис. 3.10). Налаштувати вікно, що з'явиться так, як показано на рисунку 3.11, та натисніть кнопку «ОК».

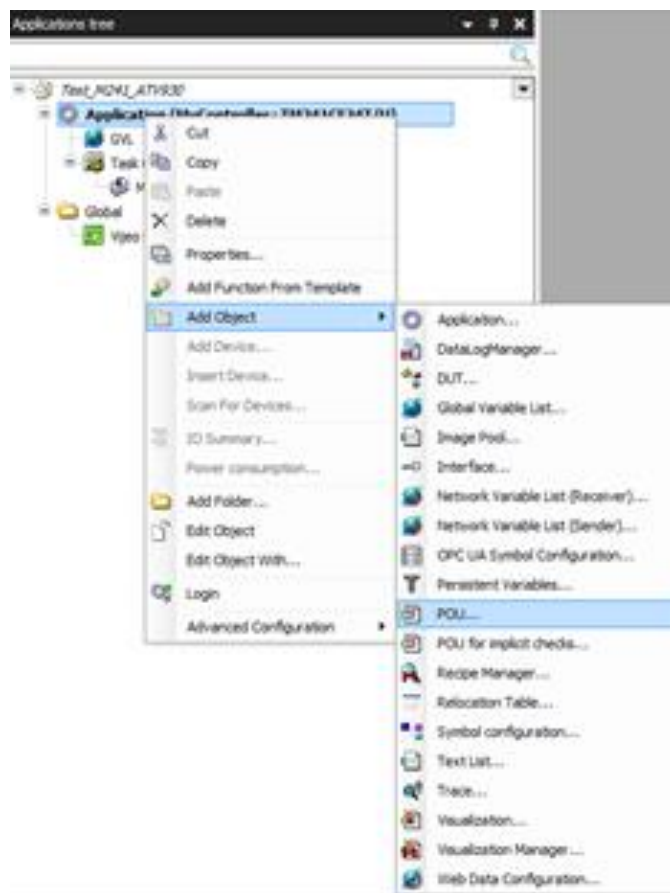


Рисунок 3.10 – Контекстне меню додавання програми у проєкт

У списку вкладці «Devices tree» з'явиться об'єкт «POU_Main (PRG)». Натисніть на цьому рядку ЛКМ та, не відпускаючи її, перетягніть рядок

«POU_Main (PRG)» на рядок із назвою «MAST» у секції «Task Configuration» (рис. 3.12). У результаті такої операції програма буде запускатись відразу після подавання живлення на контролер.

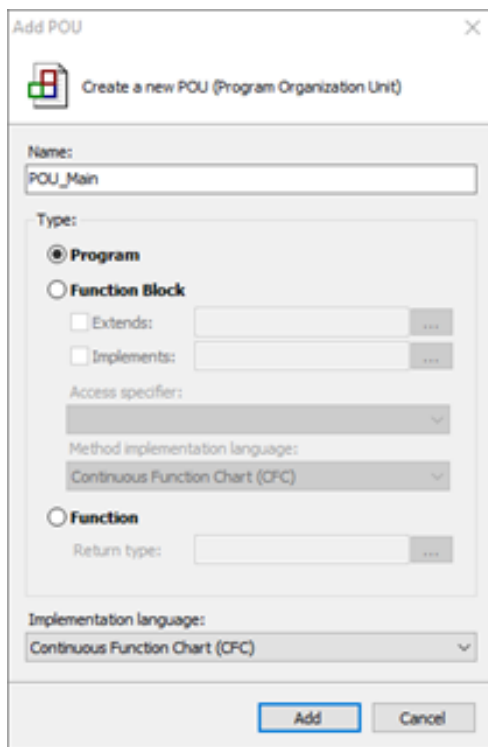


Рисунок 3.11 – Налаштування шаблону нової програми

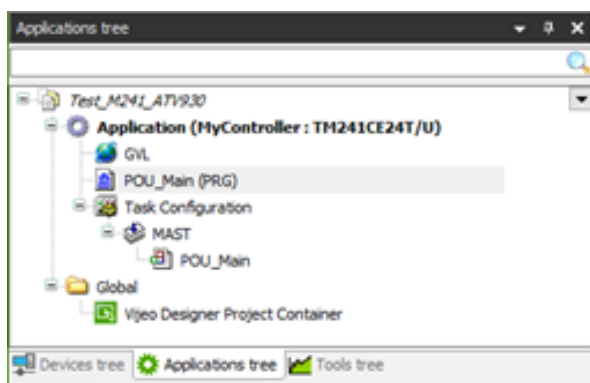


Рисунок 3.12 – Вигляд вкладки «Application tree» після створення програми

Нарешті, для додавання перетворювача частоти у проєкт, потрібно перемкнутись на вкладку «Devices tree», на рядку «Industrial Ethernet Manager» натиснути ПКМ та у контекстному меню обрати пункт «Add device from template». У вікні, що з'явиться, у полі «Device Name» введіть ім'я ПЧ «ATV930» (рис. 3.13). Поряд із полем «Device Template» натиснути на кнопку із

трьома крапками. У новому вікні розгорнути рядок «Altivar Device Templates», обрати у списку «Altivar 9•• EtherNet/IP» та натиснути кнопку «OK» (рис. 3.14).

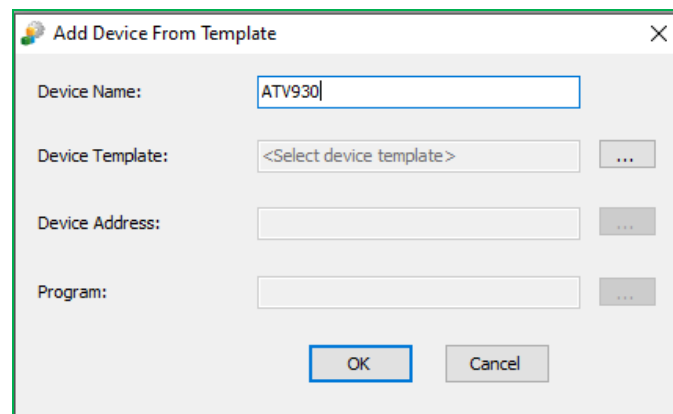


Рисунок 3.13 – Шаблон додавання нового пристрою у проект

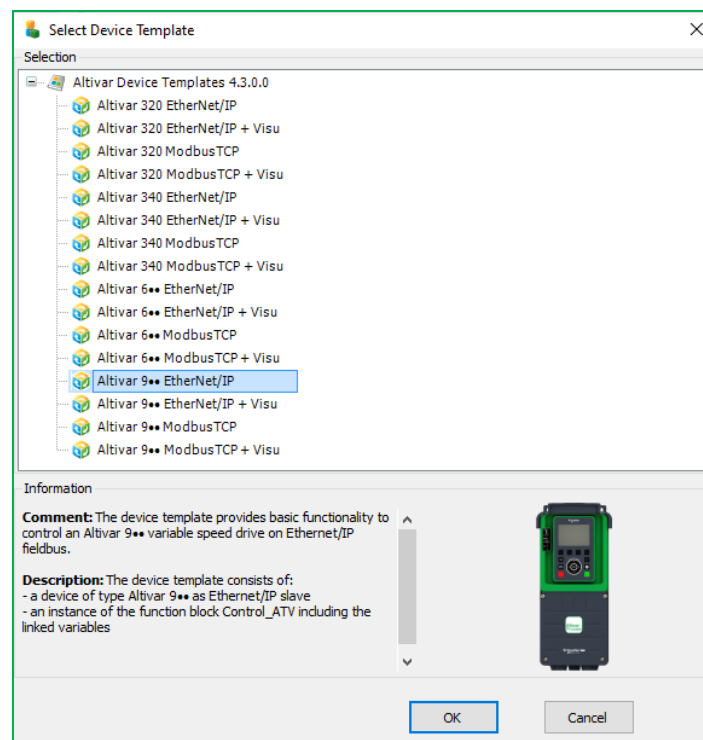


Рисунок 3.14 – Вікно вибору шаблону перетворювача частоти

У полі «Device Address» (див. рис. 3.13) задати IP адресу ПЧ: 192.168.210.45. Поряд із полем «Program» натиснути на кнопку із трьома крапками. У новому вікні обрати пункт «POU_Main» та натиснути кнопку «OK» (рис. 3.15).

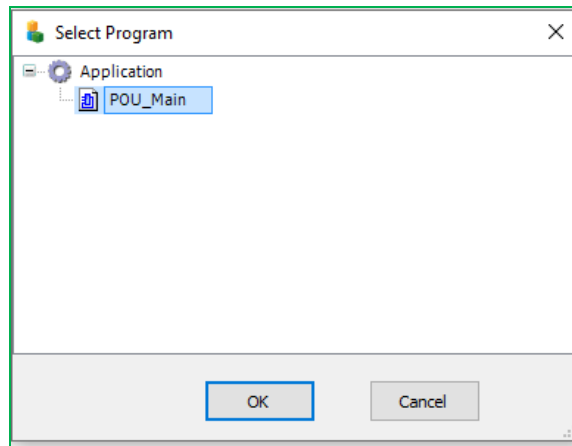


Рисунок 3.15 – Вікно підключення програми до шаблону пристрою

Переконайтесь, що вікно налаштування шаблону ПЧ має такий вигляд, як показано на рисунку 3.16, та натисніть кнопку «ОК».

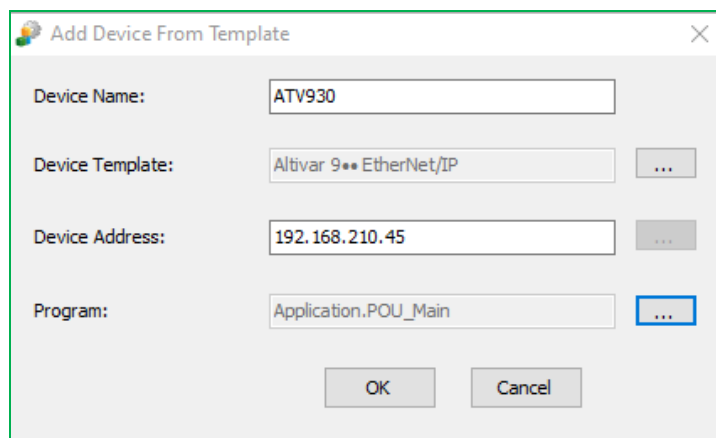


Рисунок 3.16 – Налаштований шаблон додавання перетворювача частоти

У результаті виконаної операції у пристрої «Industrial_Ethernet_Manager» з'явиться об'єкт «ATV930 (Altivar 9••)», а у програмі «POU_Main» буде створено структурну схему перетворювача частоти (рис. 3.17).

На структурній схемі центральний блок «GIATV.Comtrol_ATV» відповідає за передавання сигналів керування на ПЧ, та отримання поточних параметрів з ПЧ.

Блок «WORD_TO_INT» відповідає за реєстрацію поточної частоти обертання та передає її значення на змінну «iActualVelo_ATV930».

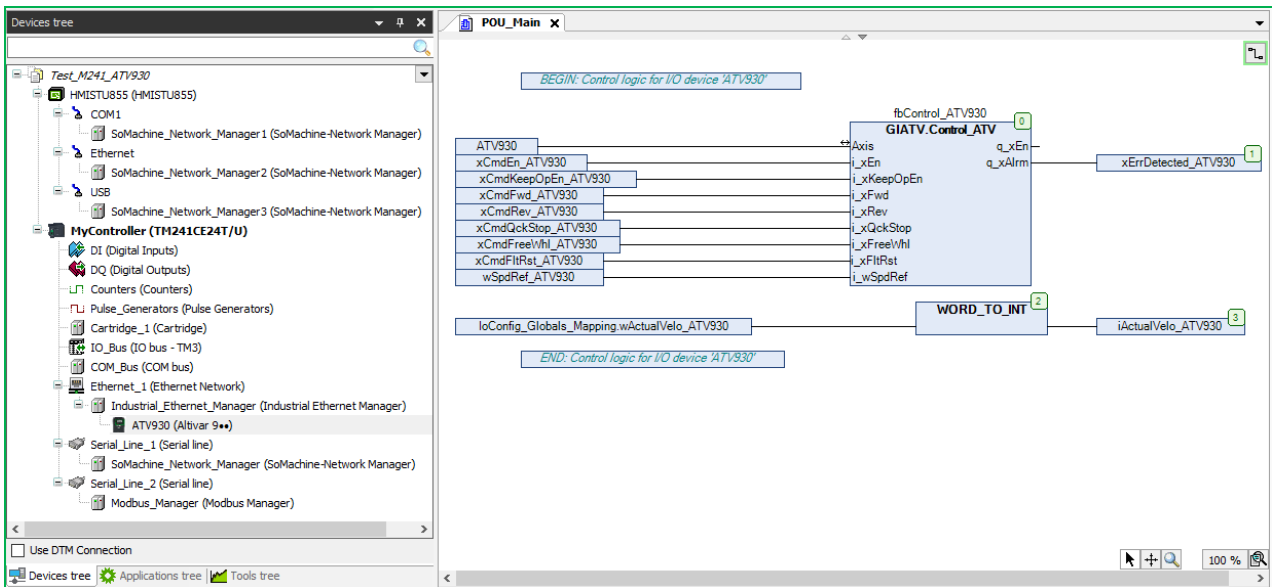


Рисунок 3.17 – Видгляд вікна програми після додавання перетворювача частоти

Блок «GIATV.Control_ATV» містить такі параметри, які будуть задіяні в проєкті:

- i_xEn – біт активації ПЧ;
- i_xFwd – команда руху «вперед»;
- i_xRev – команда «реверс»
- $i_wSpdRef$ – цільова швидкість обертання двигуна, об/хв.

Детально про ці параметри розглянуто у підрозділі 3.6.

На цьому етапі перетворювач частоти у проєкті не прив'язаний до конкретної моделі та не має налаштувань Ethernet-зв'язку з контролером. Для ініціалізації ПЧ потрібно на вкладці «Devices tree» двічі клікнути ЛКМ на рядку «ATV930 (Altivar 9●●)». У вікні, що відкриється, натиснути на кнопку «Start offline» (рис. 3.18).

На сторінці вибору моделі ПЧ знайти ATV930U07N4 (рис. 3.19) та натиснути кнопку «OK».

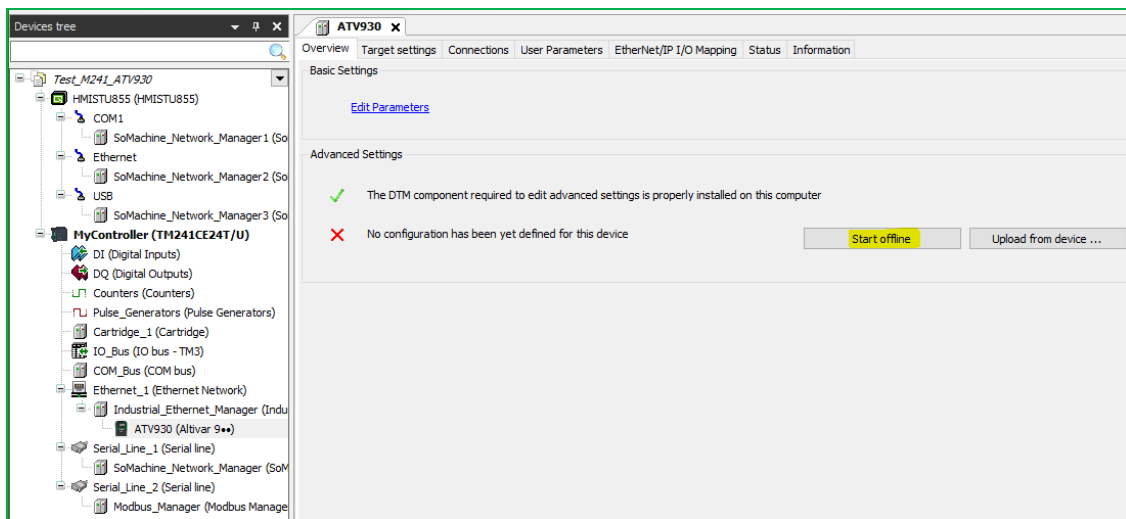


Рисунок 3.18 – Вікно налаштувань перетворювача частоти

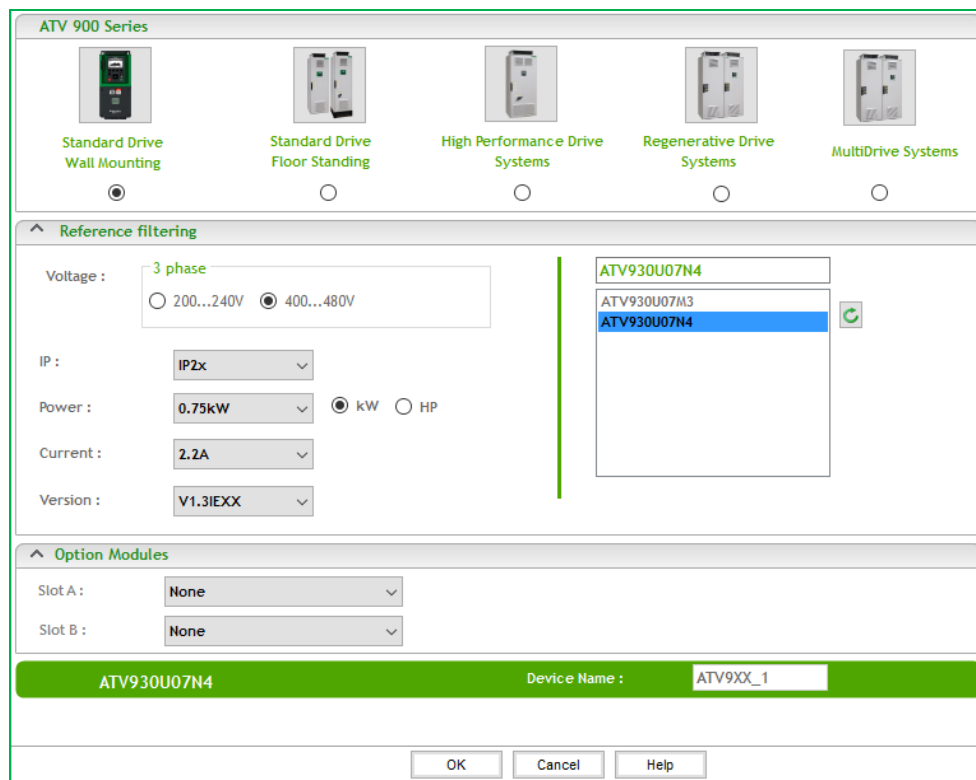



Рисунок 3.19 – Сторінка вибору моделі перетворювача частоти

У вікні конфігурації ПЧ перейти на вкладку «My Dashboard» (рис. 3.20).

У розділі «Settings» встановити такі параметри:

- Max frequency: 50 Hz;
- Acceleration ramp time: 2 s;
- Deceleration ramp time: 2 s.

У розділі «Motor» змінити параметр «Nominal motor speed» на 1450 rpm.

Біля параметрів, що було змінено, з'явиться іконка .

Далі вікно можна закрити натисненням на кнопку «ОК» внизу сторінки.

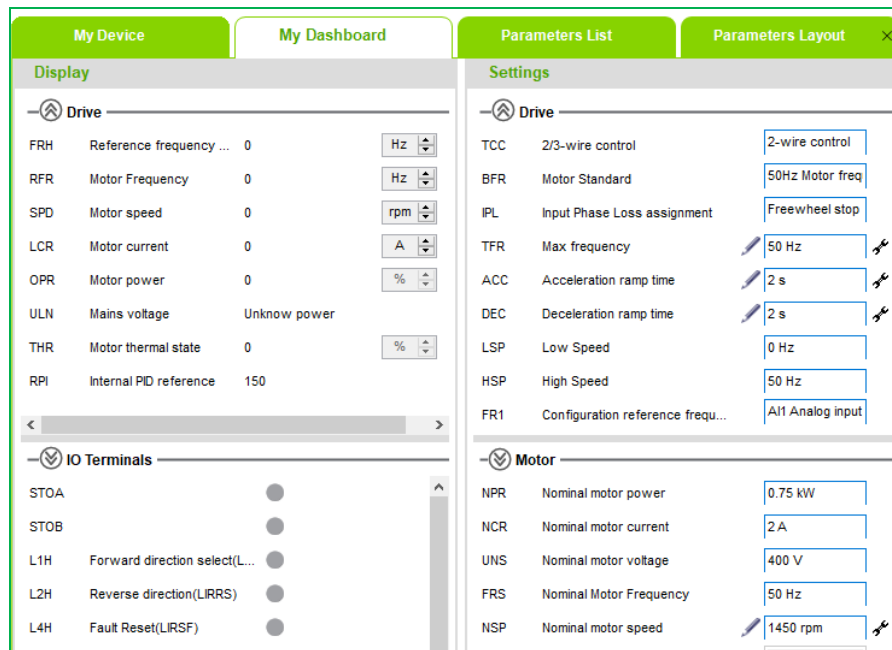


Рисунок 3.20 – Сторінка конфігурації перетворювача частоти

На наступному кроці потрібно перейти на вкладку «Target settings» та обрати пункт «Fixed IP Address» у списку «Address Settings» (рис. 3.21).

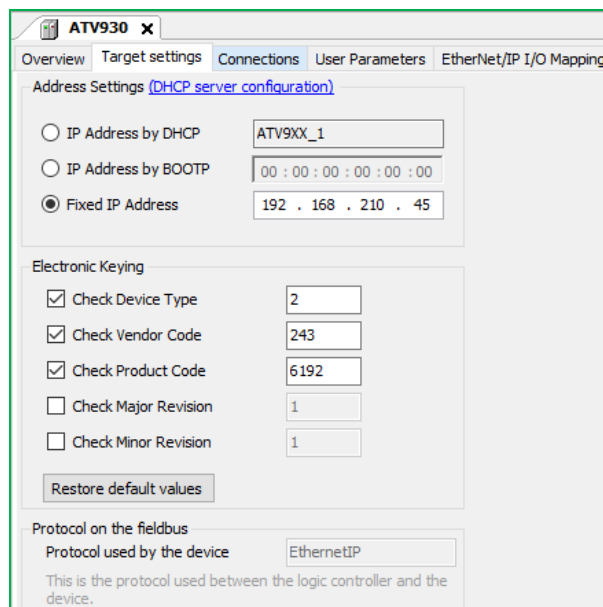
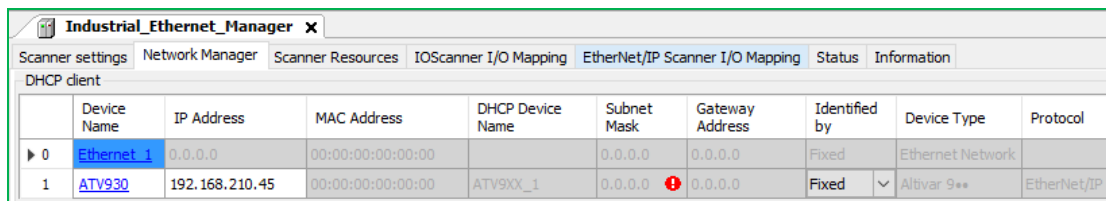


Рисунок 3.21 – Налаштування параметрів мережі «Ethernet»

Останній етап налаштування підключеного пристрою полягає у встановленні параметрів протоколу Ethernet/IP контролера. Для цього потрібно

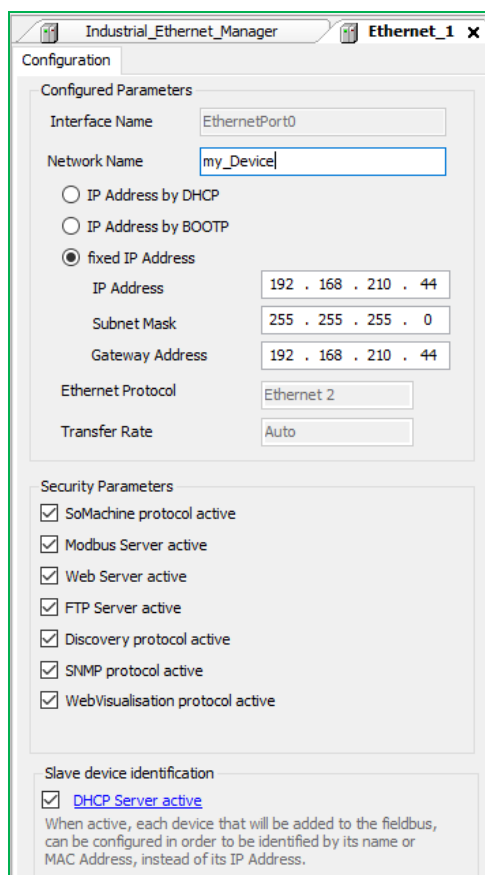
на вкладці «Devices tree» двічі клікнути ЛКМ на рядку «Industrial_Ethernet_Manager» (рис. 3.22).



	Device Name	IP Address	MAC Address	DHCP Device Name	Subnet Mask	Gateway Address	Identified by	Device Type	Protocol
0	Ethernet_1	0.0.0.0	00:00:00:00:00:00		0.0.0.0	0.0.0.0	Fixed	Ethernet Network	
1	ATV930	192.168.210.45	00:00:00:00:00:00	ATV9XX_1	0.0.0.0	0.0.0.0	Fixed	Albvar 9**	EtherNet/IP

Рисунок 3.22 – Вікно параметрів мережі

У вікні параметрів мережі натиснути ЛКМ на гіперпосиланні «Ethernet_1». У вікні, що з'явиться, встановити параметри так, як показано на рисунку 3.23.



Configuration

Configured Parameters

Interface Name: EthernetPort0

Network Name: my_Device

IP Address by DHCP

IP Address by BOOTP

fixed IP Address

IP Address: 192 . 168 . 210 . 44

Subnet Mask: 255 . 255 . 255 . 0

Gateway Address: 192 . 168 . 210 . 44

Ethernet Protocol: Ethernet 2

Transfer Rate: Auto

Security Parameters

SoMachine protocol active

Modbus Server active

Web Server active

FTP Server active

Discovery protocol active

SNMP protocol active

WebVisualisation protocol active

Slave device identification

DHCP Server active

When active, each device that will be added to the fieldbus, can be configured in order to be identified by its name or MAC Address, instead of its IP Address.

Рисунок 3.23 – Налаштування мережі «Ethernet»

Після виконаних операцій переконайтесь, що вікно параметрів мережі має вигляд, показаний на рисунку 3.24.

	Device Name	IP Address	MAC Address	DHCP Device Name	Subnet Mask	Gateway Address	Identified by	Device Type	Protocol
0	Ethernet_1	192.168.210.44	00:00:00:00:00:00		255.255.255.0	192.168.210.44	Fixed	Ethernet Network	
1	ATV930	192.168.210.45	00:00:00:00:00:00	ATV9XX_1	255.255.255.0	192.168.210.44	Fixed	Altivar 9**	EtherNet/IP

Рисунок 3.24 – Вікно налаштованих параметрів мережі

3.3 Створення глобальних змінних

У завдання будь-якого пристрою автоматизованого керування технологічними процесами входить виконання двох основних груп операцій:

Група 1: команди оператора:

- прийняти команду;
- виконати команду.

Група 2: сигнали приладів / сенсорів / датчиків:

- прийняти сигнал;
- виконати операцію залежно від характеру / значення сигналу.

З погляду програмного забезпечення, за яким працюють мікропроцесорні пристрої, команди і сигнали є логічними змінними або числами. Ці логічні змінні і числа в реальному часі мають бути одночасно доступними для всіх пристроїв системи керування, тобто знаходитись в глобальному просторі даних або у глобальному сховищі. Саме через такі властивості змінні й отримали назву глобальних.

У лабораторній роботі виникає такий обмін даними:

- двобічний обмін між сенсорною панеллю і контролером (оператор через панель подає команди або змінює параметри приводу, контролер виводить на панель поточні значення параметрів);
- двобічний обмін між контролером та перетворювачем частоти ATV930 (контролер подає команди ПЧ та приймає змінні стану ПЧ);
- однібічний обмін між контролером та перетворювачем частоти ATV320 (контролер лише передає команди ПЧ);

– однобічний обмін між кінцевими вимикачами та контролером (кінцевий вимикач активує чи деактивує вхідні порти контролера).

Для зберігання інформації наведених команд та параметрів системи необхідно в проєкті створити глобальні змінні, наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Глобальні змінні проєкту

Ім'я змінної	Тип	Призначення
<i>xMain</i>	BOOL	Активація привода головного підйому
<i>xSecond</i>	BOOL	Активація привода допоміжного підйому
<i>xCart</i>	BOOL	Активація привода візка
<i>xRight</i>	BOOL	Рух візка вправо
<i>xLeft</i>	BOOL	Рух візка вліво
<i>xMainUp</i>	BOOL	Рух вантажу головного підйому вверх
<i>xMainDown</i>	BOOL	Рух вантажу головного підйому вниз
<i>xLimitRight</i>	BOOL	Спрацьовування правого кінцевого вимикача
<i>xLimitLeft</i>	BOOL	Спрацьовування лівого кінцевого вимикача
<i>xSpeed1</i>	WORD	Цільова швидкість обертання, об/хв
<i>xStep1</i>	WORD	Крок зміни цільової швидкості, об/хв
<i>xAcc1</i>	INT	Час розбігу двигуна, с
<i>xDec1</i>	INT	Час гальмування двигуна, с

Для практичного втілення поставленої задачі потрібно перейти в проєкті на вкладку «Application tree» та двічі клікнути ЛКМ на назві GVL (розшифровується як «Global Variables»). Всередині вікна з'явиться простір, де можна створювати або редагувати змінні (рис. 3.25).

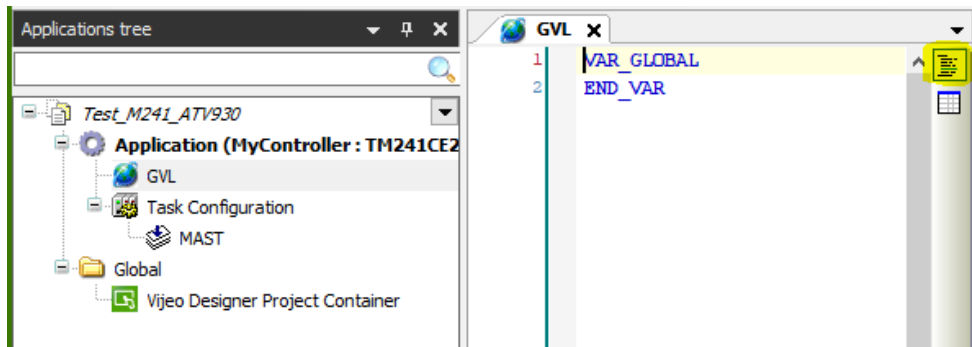



Рисунок 3.25 – Простір програми для створення глобальних змінних

При першому відкритті буде надана можливість створювати змінні в інтерактивному режимі. У цій роботі буде описаний альтернативний спосіб, який передбачає роботу зі змінними в режимі програмування. Для переведення робочого простору в програмний режим потрібно натиснути ЛКМ на кнопку  з правого боку середнього вікна. Відразу відкриється область, аналогічна блокноту Windows, де можна з кожного нового рядка записувати змінні із вказанням їхнього типу і, якщо необхідно, початкового значення (це зветься «ініціалізація»).

На рисунку 3.26 наведено подання змінних, наведених у таблиці 3.1, у програмному вигляді.

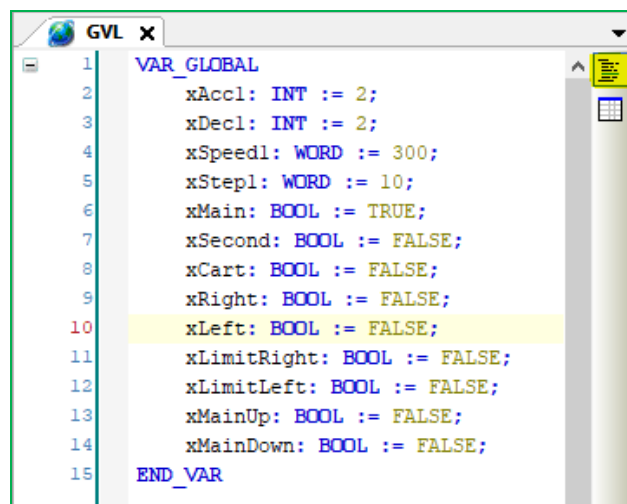


Рисунок 3.26 – Вікно проекту із переліком глобальних змінних

На цьому робота із змінними проекту повністю завершена, тому верхню вкладку середнього вікна з ім'ям «GVL» можна закрити.

3.4 Створення структур даних

Коли виникає необхідність передати на один вхід блока програми декілька сигналів, то у нагоді стане такий елемент, як «структура». Дані структури передаються за її ім'ям, а доступ до змінних, які входять до цієї структури, надається через оператор «крапка», який ставиться після імені структури.

У проєкті буде створено структуру «*strLimits*», яка містить логічні змінні стану кінцевого вимикача *lim* та команди на рух *cmd*.

Для створення структури натисніть ПКМ на вкладці «Application tree» та послідовно оберіть пункти контекстного меню «Add Object», «DUT...» (рис. 3.27).

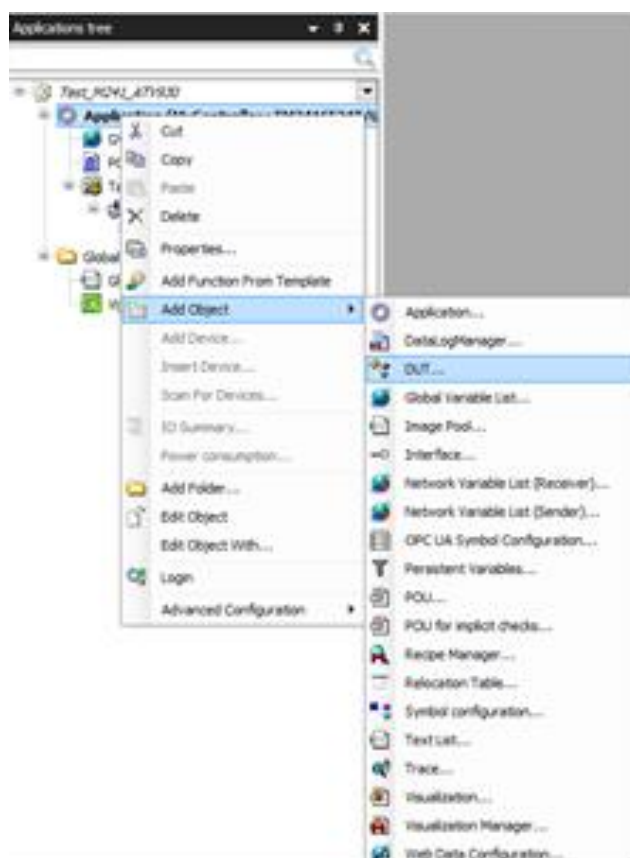


Рисунок 3.27 – Додавання структури у проєкт

У вікні додавання структури задати значення полів так, як показано на рисунку 3.28, та натиснути кнопку «Add».

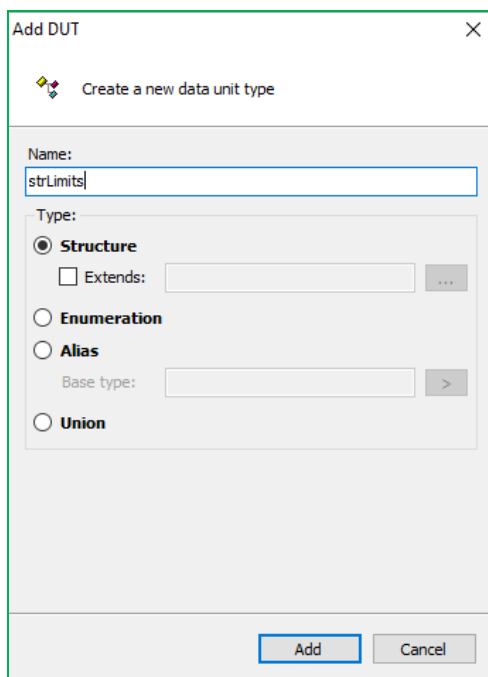


Рисунок 3.28 – Налаштування властивостей нової структури

У проєкті з'явиться пуста структура (рис. 3.29), у яку потрібно додати дві змінних *lim* та *cmd* типу BOOL (рис. 3.30).

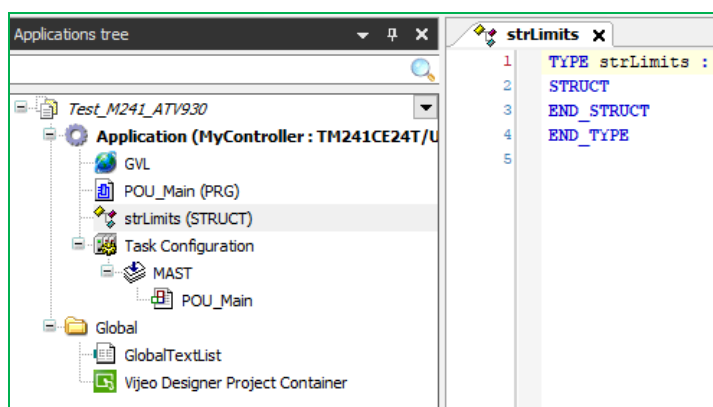


Рисунок 3.29 – Шаблон структури, автоматично створений SoMachine

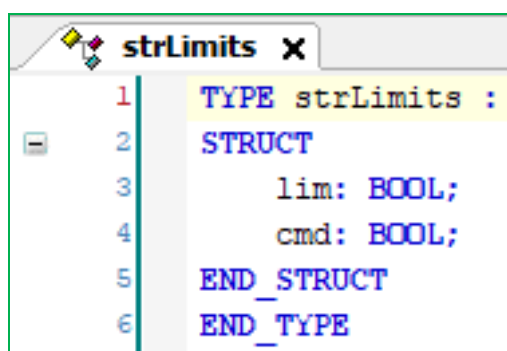


Рисунок 3.30 – Структура «*strLimits*»

3.5 Розроблення програми блокування руху

У проєкті вже існує програма керування рухом електроприводу «POU_Main» і її можливостей достатньо для виконання базових операцій. Для додаткового контролю руху потрібно створити окремий програмний модуль.

Створимо програму під назвою «POU_LIMIT», алгоритм роботи якої можна описати так:

- під час спрацьовування кінцевого вимикача блокувати рух електричного приводу у напрямку саме цього вимикача;
- при розімкненому положенні кінцевого вимикача дозволяти рух електричного приводу.

Для створення нової програми потрібно на вкладці «Applications tree» натиснути ПКМ на рядку «Application» та у контекстному меню послідовно обрати пункти «Add object», «POU...».

У вікні створення програми задати значення, як показано на рисунку 3.31.

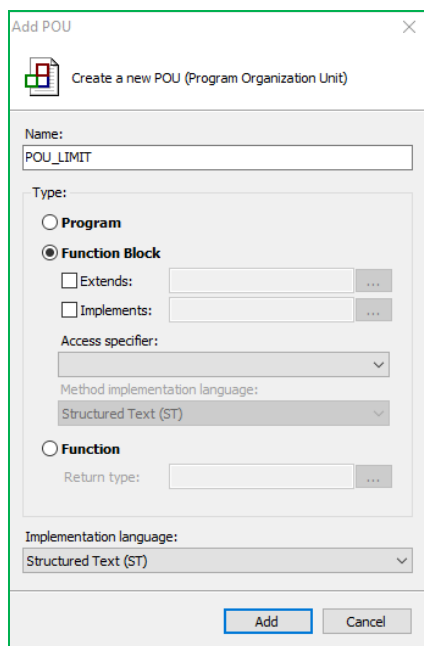



Рисунок 3.31 – Вікно створення програми користувача

Відразу відкриється вікно з редактором програми на мові ST (Structured Text) (рис. 3.32). Для доступу до структури змінних потрібно розгорнути вікно редактора натисненням на стрілку  всередині верхньої стрічки (рис. 3.33).

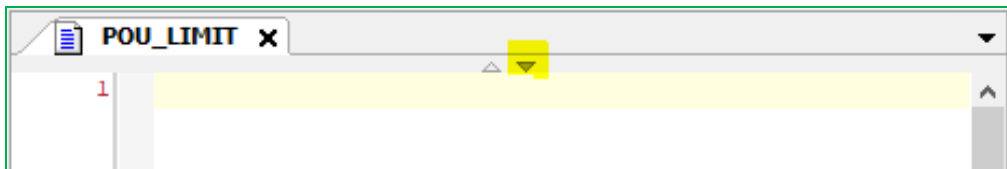


Рисунок 3.32 – Вікно нової програми в редакторі

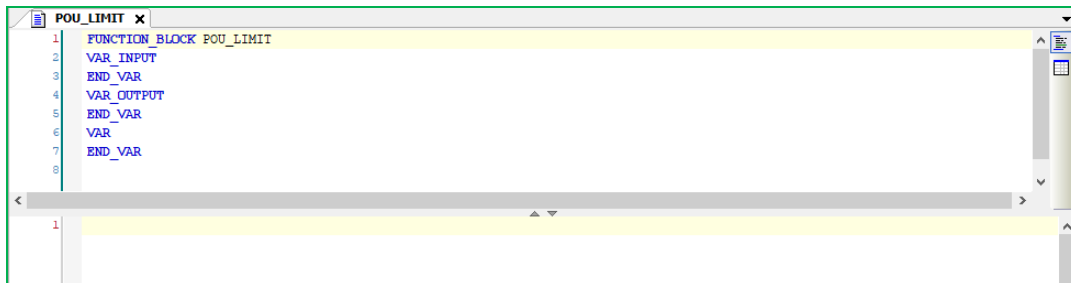


Рисунок 3.33 – Розгорнутий вигляд редактора нової програми

Лістинг структури програми (верхня частина редактора) та код логічних операцій (нижня частина редактора) зображений на рисунку 3.34.

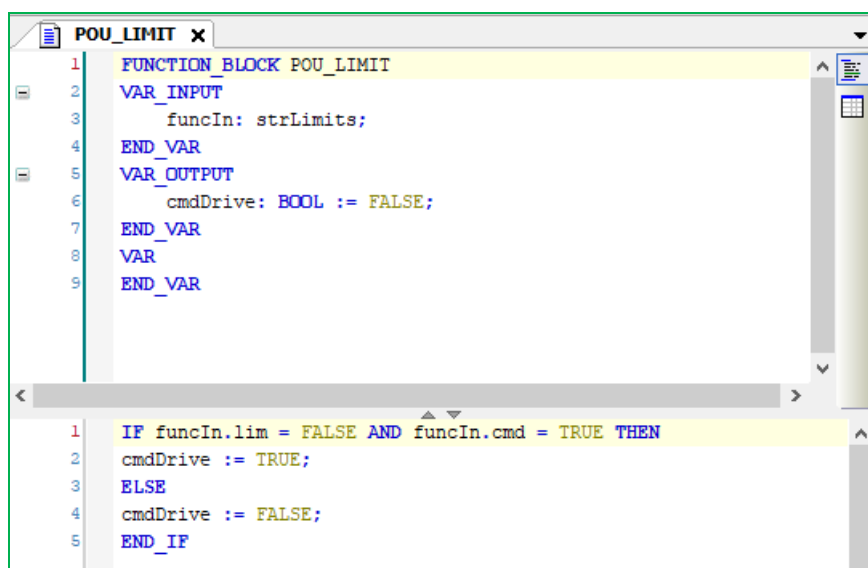


Рисунок 3.34 – Програма обмеження руху привода

Як видно з лістингу, вхідною змінною програми у секції VAR_INPUT є структура типу *strLimits* з ім'ям *funcIn*. Вихідним параметром у секції VAR_OUTPUT є логічна змінна з ім'ям «cmdDrive».

У кодї програми доступ до значень структури відбувається через оператор «крапка»: *funcIn.lim*, *funcIn.cmd*.

3.6 Розширення головного модуля програми

Етап розробки програми керування електричним приводом завершується розширенням головного програмного модуля «POU_Main» раніше створеною програмою користувача «POU_LIMIT» та додаткового блока *Ramp* із завдання часу розгону та гальмування привода.

Спочатку потрібно відкрити програму «POU_Main» на вкладці «Application tree» та видалити непотрібні вхідні блоки (виділити ЛКМ та натиснути клавішу «Delete»):

- xCmdFwd_ATV930;
- xCmdRev_ATV930;
- wSpdRef_ATV930.

Після виконаних операцій вікно програми буде мати вигляд, показаний на рисунку 3.35.

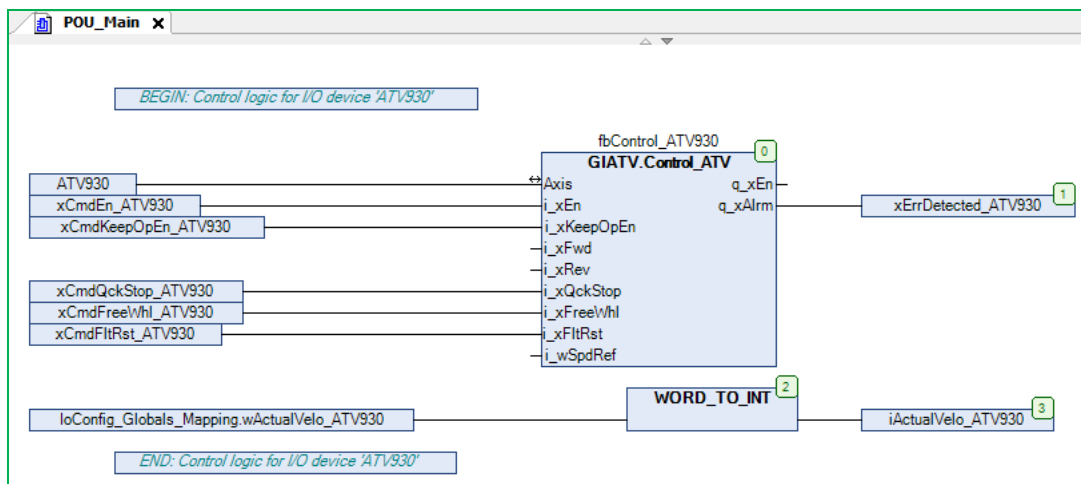
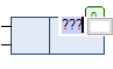


Рисунок 3.35 – Вікно головної програми після видалення вхідних блоків

Перетягніть з правої панелі інструментів ToolBox елемент «Compose» у вільне поле програми (рис. 3.36). Натисніть ЛКМ на трьох знаках питання щойно перетягнутого блоку, а потім натисніть ЛКМ на пустий прямокутник, що з'явиться з правого боку: . У вікні Input Assistant, що відкриється, розгорніть рядок «Application», оберіть в ньому структуру *strLimits* та натисніть

кнопку «ОК» (рис. 3.37). При цьому елемент «Composer» змінить свій вигляд:

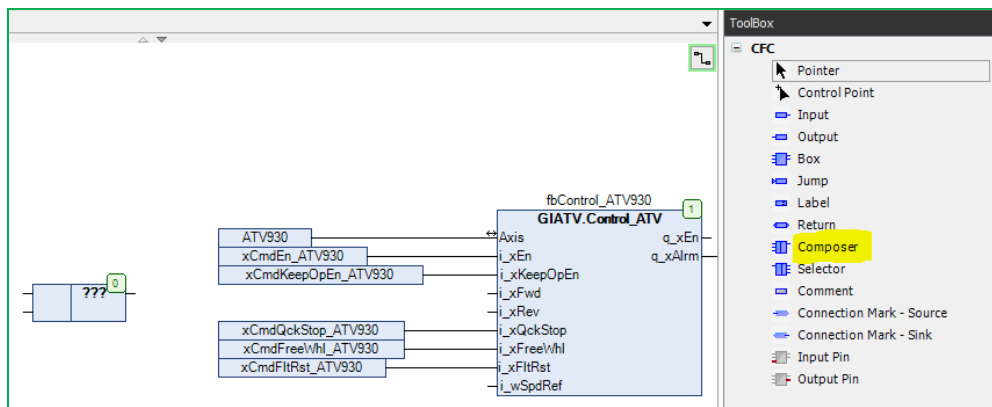
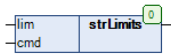


Рисунок 3.36 – Розміщення елемента «Composer» у програмі

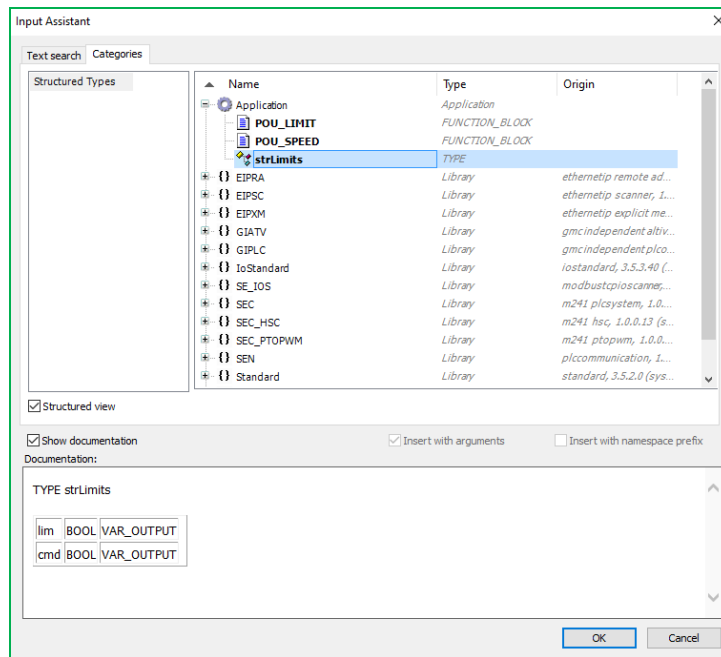


Рисунок 3.37 – Асоціація структури з елементом «Composer»

Перетягніть у поле програми з панелі «Toolbox» два елементи «Input» та з'єднайте їх (затиснути ЛКМ на рисці елемента «Input» та, не відпускаючи ЛКМ, перетягнути її на вільний вхід блока *strLimits*) з входами *lim* і *cmd* структури (рис. 3.38).

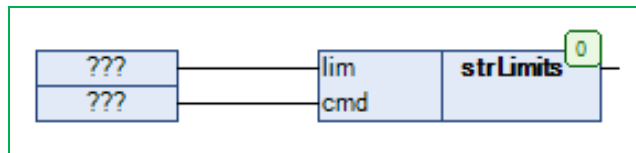



Рисунок 3.38 – З’єднання елементів «Input» із входами структури

Натисніть ЛКМ на три знаки питання блока «Input», який з’єднаний із входом *lim* структури а потім натисніть ЛКМ на пустий прямокутник, що з’явиться з правого боку: .

У вікні «Input Assistant», що відкриється, розгорніть рядок «Application», потім рядок «GVL» і в останньому оберіть змінну *xLimitRight* (рис. 3.39). Після здійснення вибору натисніть кнопку «ОК».

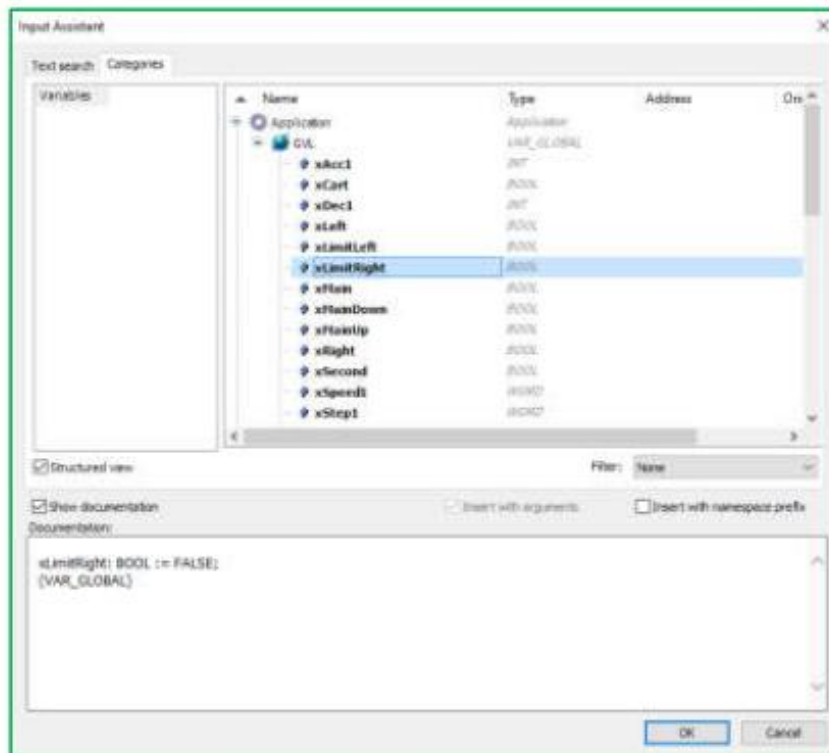


Рисунок 3.39 – Призначення змінної *xLimitRight* блока «Input»

Аналогічно відкрийте вікно «Input Assistant» для другого блока «Input», який з’єднаний зі входом *cmd* структури. У вікні «Input Assistant» оберіть змінну *xCmdFwd_ATV930* та натисніть кнопку «ОК» (рис. 3.40).

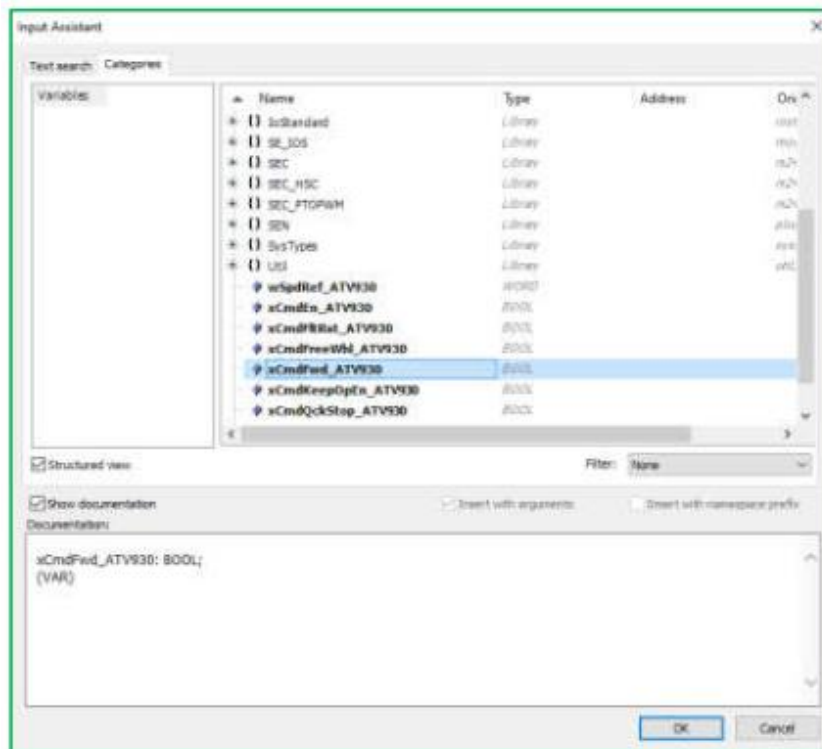


Рисунок 3.40 – Призначення змінної *xCmdFwd_ATV930* блока «Input»

Після виконаних операцій повинна бути одержана композиція блоків, показана на рисунку 3.41.

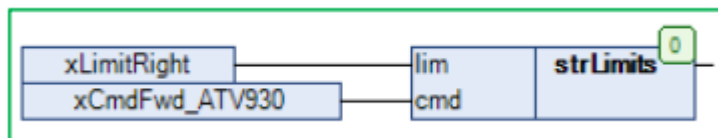



Рисунок 3.41 – Структура, пов’язана із вхідними змінними

Тепер настав час розмістити власну програму «POU_LIMIT». Для цього перетягніть з панелі інструментів «ToolBox» елемент «Box» у вільне поле програми.

Натисніть ЛКМ на три знаки питання всередині блока «Box», а потім натисніть ЛКМ на пустий прямокутник, що з’явиться з правого боку: .

У вікні «Input Assistant», що відкриється, розгорніть рядок «Application», оберіть в ньому програму POU_LIMIT та натисніть кнопку «OK» (рис. 3.42).

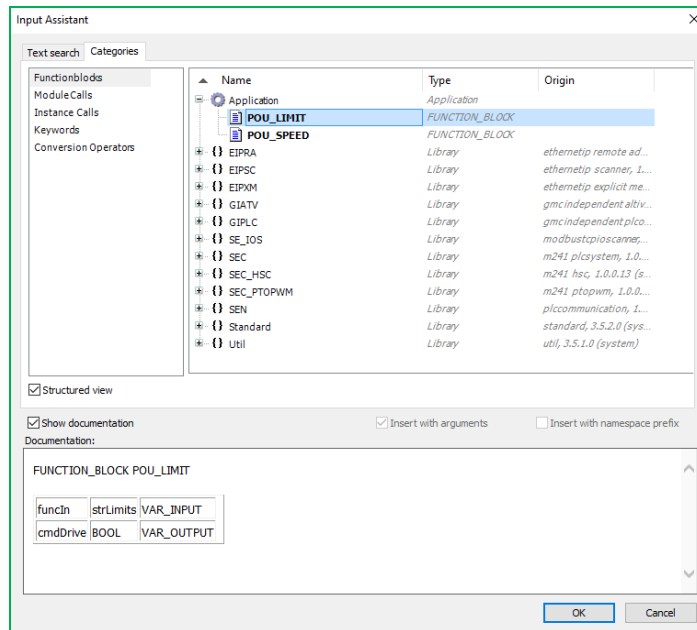


Рисунок 3.42 – Асоціація програми POU_LIMIT з елементом «Вох»

Увага! Відразу після того, як закриється вікно «Input Assistant», натисніть два рази клавішу «Enter». З'явиться вікно створення глобального доступу для програми POU_LIMIT (рис. 3.43). У цьому вікні задайте ім'я програми POU_LIMIT_R та натисніть кнопку «ОК». З'єднайте вихід структури зі входом funcIn блока програми, а вихід cmdDrive програми зі входом i_xFwd головного блока перетворювача частоти GIATV.Control_ATV (рис. 3.44).

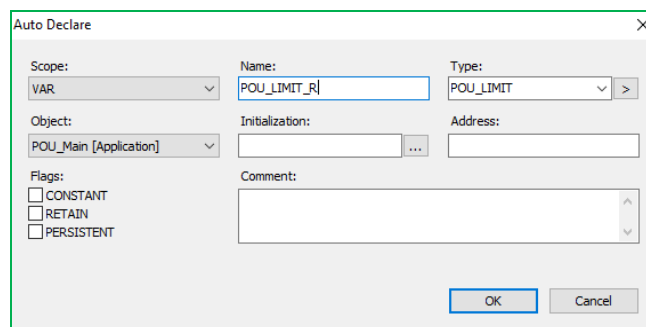


Рисунок 3.43 – Розміщення програми у глобальному просторі проєкту

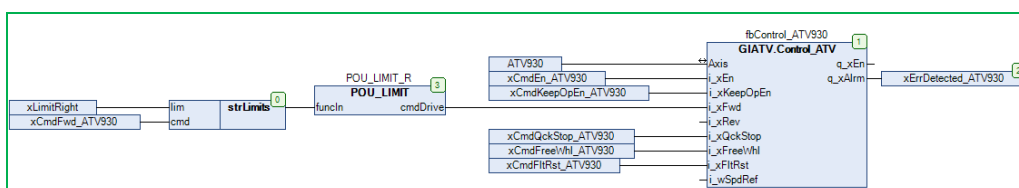


Рисунок 3.44 – Підключення програми до блока перетворювача частоти

Аналогічно підключіть до входу i_xRev програму POU_LIMIT_L та структуру strLimits зі змінними xLimitLeft й xCmdRev_ATV930 (рис. 3.45).

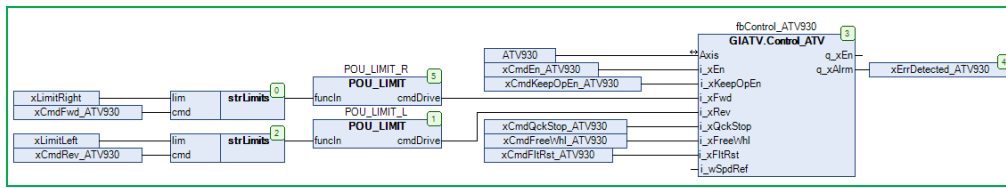


Рисунок 3.45 – Підключення двох програм до блока перетворювача частоти

Створимо програму для завдання часу розгону і гальмування привода. Для цього перетягніть у вільне поле програми елемент «Вох» та оберіть для нього функцію «SetDriveRamp_ATV» (рис. 3.46).

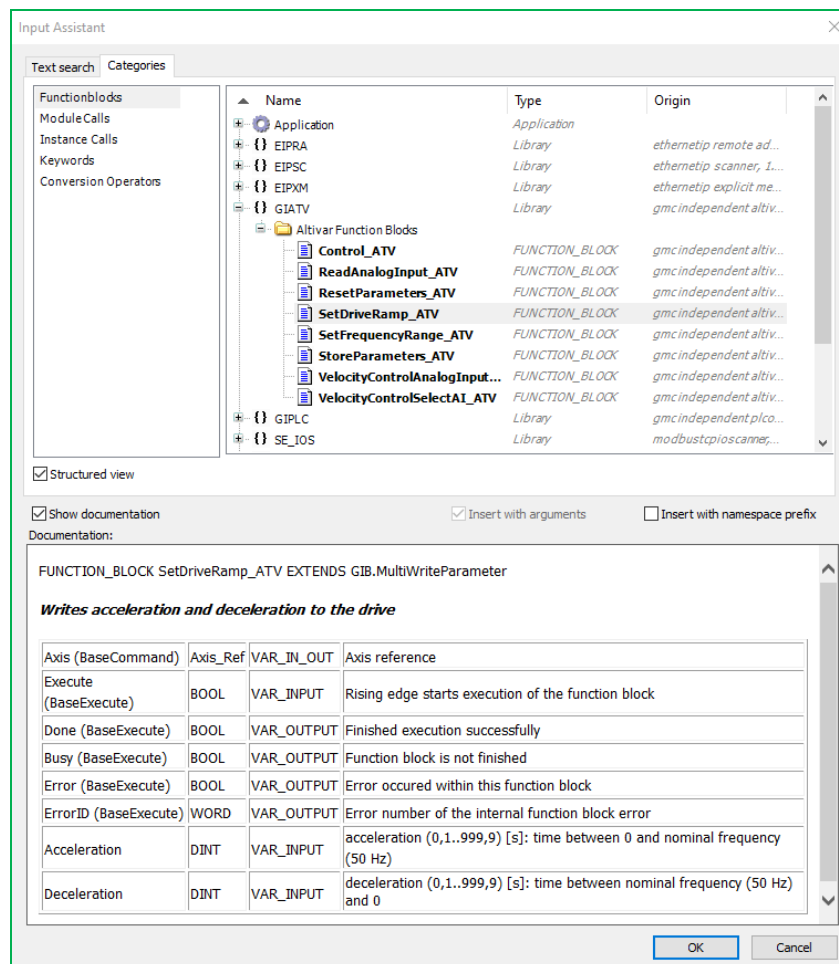

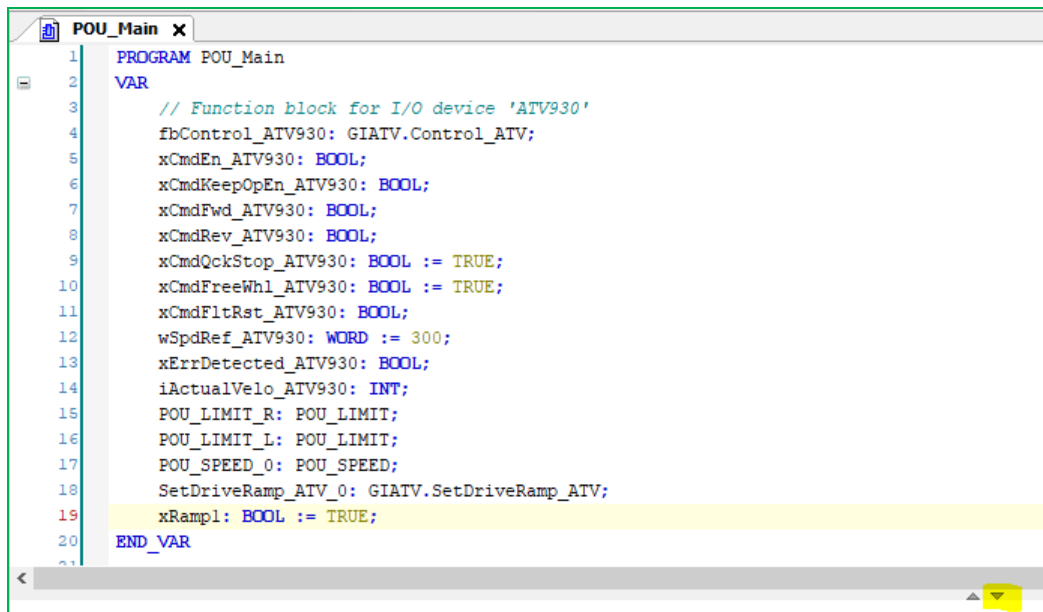


Рисунок 3.46 – Вибір функції контролю інтенсивності розбігу та гальмування

Тепер розгорніть вікно програми натисненням кнопки  у верхній центральній частині сторінки. Змініть код описання локальних змінних програми так, як показано на рисунку 3.47.



```
1 PROGRAM POU_Main
2 VAR
3     // Function block for I/O device 'ATV930'
4     fbControl_ATV930: GIATV.Control_ATV;
5     xCmdEn_ATV930: BOOL;
6     xCmdKeepOpEn_ATV930: BOOL;
7     xCmdFwd_ATV930: BOOL;
8     xCmdRev_ATV930: BOOL;
9     xCmdQckStop_ATV930: BOOL := TRUE;
10    xCmdFreeWhl_ATV930: BOOL := TRUE;
11    xCmdFltRst_ATV930: BOOL;
12    wSpdRef_ATV930: WORD := 300;
13    xErrDetected_ATV930: BOOL;
14    iActualVelo_ATV930: INT;
15    POU_LIMIT_R: POU_LIMIT;
16    POU_LIMIT_L: POU_LIMIT;
17    POU_SPEED_0: POU_SPEED;
18    SetDriveRamp_ATV_0: GIATV.SetDriveRamp_ATV;
19    xRamp1: BOOL := TRUE;
20 END_VAR
```

Рисунок 3.47 – Код програми з описом локальних змінних

У наведеному коді практичний інтерес викликають такі змінні:

- xCmdQckStop_ATV930 – команда, яка дозволяє контрольоване гальмування привода;
- xCmdFreeWhl_ATV930 – команда, яка дозволяє виконувати вільний вибіг двигуна під час гальмування;
- wSpdRef_ATV930 – початкове значення швидкості обертання під час активації перетворювача частоти, об/хв;
- xRamp1 – команда, яка дає дозвіл на зміну часу розбігу та гальмування.

Додайте у поле програми чотири елементи «Input» та з'єднайте їх із входами *Axis*, *Execute*, *Acceleration* та *Deceleration* блока *SetDriveRamp_ATV*. Для блоків *Input*, з'єднаних із портами *Execute*, *Acceleration* та *Deceleration*, призначте глобальні змінні *xRamp1*, *xAccl*, *xDecl* відповідно.

Для блока *Input*, з'єданого з портом *Axis*, поступіть іншим чином: виділіть ЛКМ три знаки питання всередині блока «Input» та наберіть на

клавіатурі «АТV» (без лапок). У контекстному меню, що з'явиться, двічі клікніть ЛКМ на рядку АТV930 (рис. 3.48).

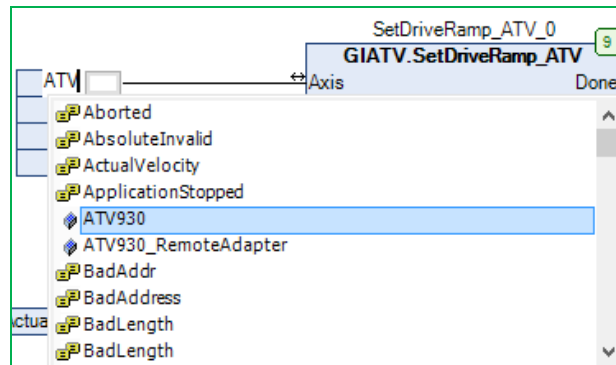


Рисунок 3.48 – Призначення змінної для порту «Axis»

Побудова блока контролю часу розгону та гальмування показана на рисунку 3.49.

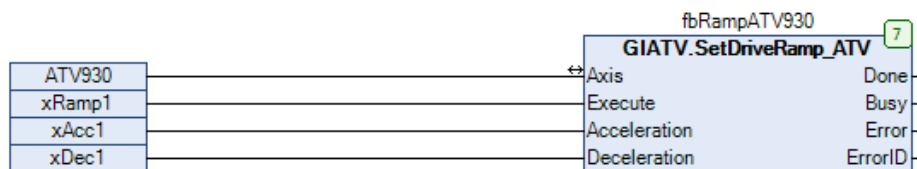


Рисунок 3.49 – Підключення сигналів до блока «Ramp»

У фінальному вигляді структура програми має бути такою, як показано на рисунку 3.50.

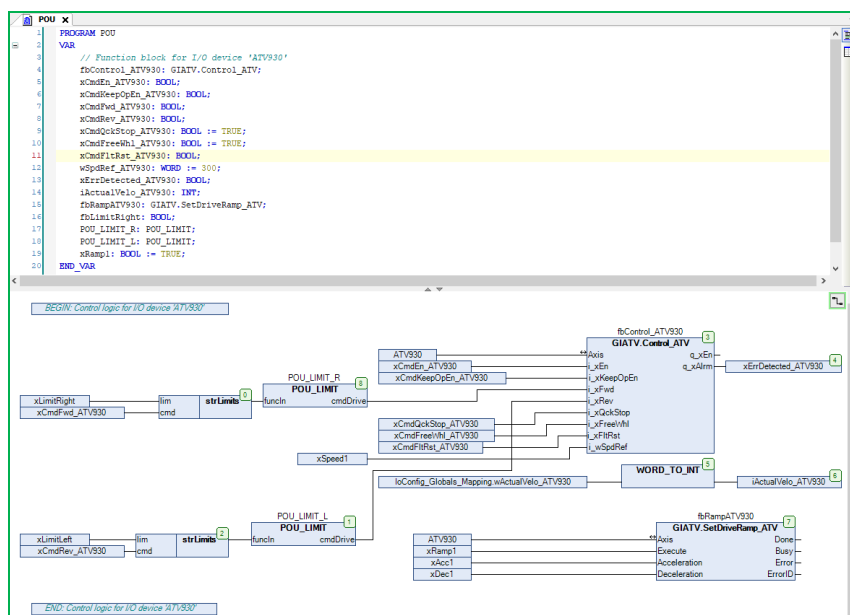


Рисунок 3.50 – Програма керування перетворювачем частоти АТV930

3.7 Налаштування вхідних і вихідних портів контролера

Контролер, окрім обміну даними в цифровому форматі з перетворювачем частоти через Ethernet-зв'язок, здатен як перетворювати вхідні аналогові сигнали на логічні біти стану портів, так і подавати на аналогові виходи напругу залежно від стану внутрішніх логічних змінних.

Наприклад, якщо замкнеться коло кінцевого вимикача K1 (див. рис. 2.6), на вхідний порт контролера I1 буде подана постійна напруга 24 В. Одночасно, логічна змінна, зв'язана з портом I1, змінить свій стан з FALSE на TRUE.

Навпаки, якщо внутрішня логічна змінна, зв'язана, наприклад, з вихідним портом Q1, змінить свій стан з FALSE на TRUE, то внутрішній транзисторний контакт контролера замкнеться, і у колі порту Q1 буде протікати постійний струм.

Виконаємо налаштування вхідних і вихідних портів контролера відповідно до схеми підключення, показаної на рисунку 2.6.

Для налаштування вхідних портів контролера потрібно перейти в проєкті на вкладку «Devices tree» та двічі клікнути ЛКМ на рядку «DI (Digital Inputs)». У вікні, що відкриється, розгорніть рядок «Inputs», потім «iwDI_IW») та натисніть на кнопку «Reset mapping» для скидання призначень портів, згенерованих автоматично під час створення проєкту (рис. 3.51).

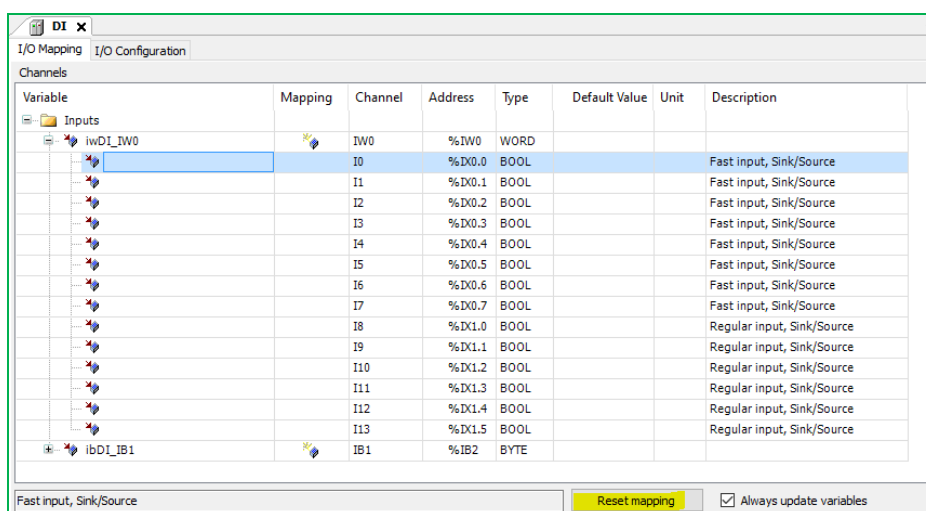



Рисунок 3.51 – Сторінка налаштування вхідних портів контролера

Далі потрібно двічі клікнути ЛКМ на пустому полі у рядку з іконкою  (у цьому ж рядку параметр стовбця Channel має значення I1), натиснути на кнопку з трьома крапками, що з'явиться, у вікні «Input Assistant» обрати глобальну змінну *xLimitRight* та натиснути кнопку «ОК» (рис. 3.52).

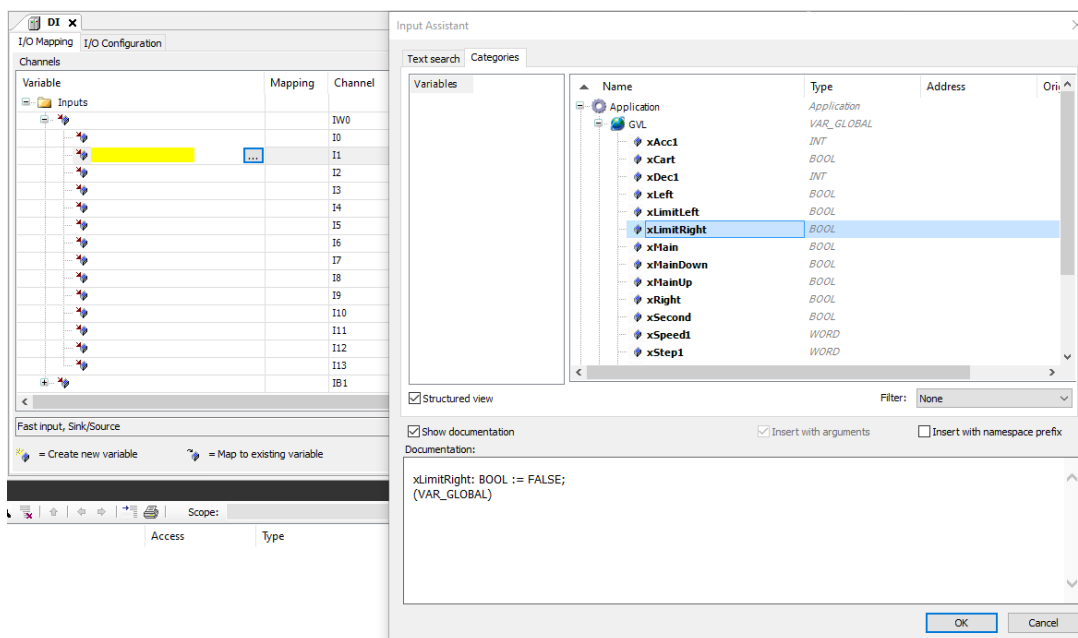


Рисунок 3.52 – Призначення глобальної змінної вхідному порту контролера

Аналогічно зв'язати порт I2 з глобальною змінною *xLimitLeft*. Результат виконаних операцій показаний на рисунку 3.53.

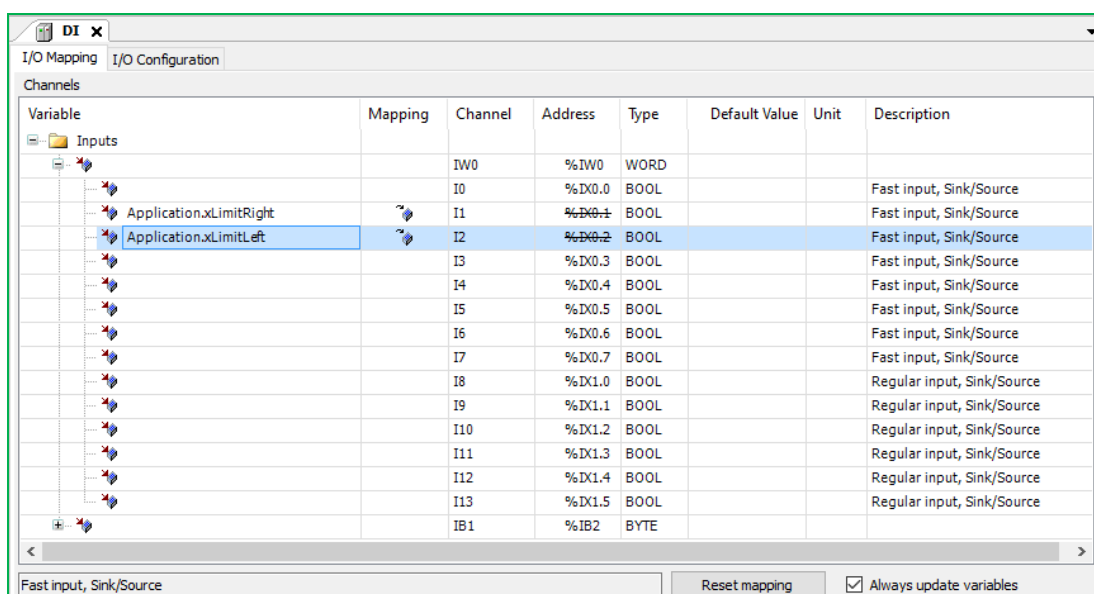


Рисунок 3.53 – Налаштовані вхідні порти контролера

Для налаштування вихідних портів контролера потрібно на вкладці «Devices tree» двічі клікнути ЛКМ на рядку «DQ (Digital Outputs)». Вже відомим способом налаштувати вихідні порти так, як показано на рисунку 3.54.

Variable	Mapping	Channel	Address	Type	Default Value	Unit	Description
		QW0	%QW0	WORD			
		Q0	%QX0.0	BOOL			Fast output,...
Application.xLimitRight		Q1	%QX0.1	BOOL			Fast output,...
Application.xLimitLeft		Q2	%QX0.2	BOOL			Fast output,...
		Q3	%QX0.3	BOOL			Fast output,...
Application.xSecond		Q4	%QX0.4	BOOL			Regular output
Application.xCart		Q5	%QX0.5	BOOL			Regular output
Application.xMainUp		Q6	%QX0.6	BOOL			Regular output
Application.xMainDown		Q7	%QX0.7	BOOL			Regular output
Application.POU.xCmdFwd_ATV930		Q8	%QX1.0	BOOL			Regular output
Application.POU.xCmdRev_ATV930		Q9	%QX1.1	BOOL			Regular output
		QB1	%QB2	BYTE			

Рисунок 3.54 – Налаштовані вихідні порти контролера

Призначення вихідних портів вже було надано раніше у підрозділі 2.1 та зрозуміло зі схеми електричної принципіальної (див. рис. 2.6). На цьому налаштування контролера M241 повністю завершено.

Контрольні запитання:

1. Призначення програми SoMachine ?
2. Поясніть основні етапи створення проєкту в програмі SoMachine на базі контролера M241 та панелі HMISTU855.
3. Як у програмі SoMachine задається час розбігу та гальмування приводу?
4. Як у програмі SoMachine виконати зупинку приводу після спрацьовування кінцевого вимикача механізму пересування візка крана?
5. Яка глобальна змінна використовується для налаштування вхідного порту контролера?
6. Які об'єкти вкладки «Device tree» будуть використані в проєкті SoMachine?
7. Як можна задіяти кнопку аварійної зупинки у проєкті програми SoMachine для безпечного виводу перетворювача частоти ATV930 з роботи?

4 ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

Звіт до лабораторної роботи повинен мати титульний лист (дод. А), основну частину та висновки (аналіз результати, отриманих під час виконання лабораторних робіт).

До основної частини входять:

1. Тема роботи.
2. Мета роботи.
3. Таблиці з даними вимірювань та розрахунків за дослідами.
4. Рисунки з графіками характеристик, побудованих за дослідами.

Оформлення звіту з лабораторних робіт виконується у програмі Microsoft Word з такими вимогами до форматування документа:

- формат аркуша: А4, орієнтація книжкова;
- поля зверху, знизу, зліва, справа – 20 мм;
- шрифт Times New Roman –14 пт;
- інтервал – 1,5;
- абзац, відступ зліва – 1,2 см;
- вирівнювання основного тексту по ширині;
- нумерація сторінок вгорі справа;
- назви розділів, підрозділів та пунктів: шрифт напівжирний, крапка в кінці назви не ставиться;
- рисунки мають наскрізну нумерацію, орієнтація рисунку та його підпису по центру;
- таблиці мають наскрізну нумерацію, найменування таблиці з абзацу, вирівнювання по ширині.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Перетворювачі частоти Altivar Machine ATV320 : каталог / Schneider Electric. – [Б. м.], 2017. – 47 с.
2. Altivar Machine ATV320. Перетворювачі з регулюванням швидкості для асинхронних та синхронних двигунів : керівництво з програмування / Schneider Electric. – [Б. м.], 2017. – 343 с.
3. Altivar Process. Перетворювачі частоти ATV930, ATV950, ATV960, ATV980 : керівництво з програмування / Schneider Electric. – [Б. м.], 2016. – 666 с.
4. Altivar Process. Variable Speed Drives ATV930, ATV950 [Electronic resource] : Installation Manual / Schneider Electric. – Electronic text data. – [S. l.], 2016. – 143 p. – Regime of access: <https://www.se.com/us/en/download/document/NHA80932/>, free (date of the application: 23.01.2024. – Header from the screen.
5. Modicon M241 Logic Controller [Electronic resource] : Hardware Guide / Schneider Electric. – Electronic text data. – [S. l.], 2018. – 249 p. – Regime of access: <https://www.se.com/in/en/download/document/EIO0000001456/>, free (date of the application: 23.01.2024. – Header from the screen.
6. Modicon M241 Logic Controller [Electronic resource] : Programming Guide / Schneider Electric. – Electronic text data. – [S. l.], 2018. – 286 p. – Regime of access: <https://www.se.com/ua/uk/download/document/EIO0000001432/>, free (date of the application: 01.02.2024. – Header from the screen.
7. Material Handling – Conveying M241 Project Template [Electronic resource] : System User Guide / Schneider Electric. – Electronic text data. – [S. l.], 2014. – 44 p. – Regime of access: <https://www.se.com/ca/en/download/document/EIO0000001985/>, free (date of the application: 02.02.2024. – Header from the screen.
8. Harmony STO and STU. Compact color HMI panels from 3.5" to 5.7" screen : catalog / Schneider Electric. – [S. l.], 2021. – 17 p.

9. SoMachine [Electronic resource] : Programming Guide / Schneider Electric.
– Electronic text data. – [Б. м.], 2016. – 891 с. – – Regime of access:
<https://www.se.com/ua/uk/download/document/EIO0000000067-RUS/>, free (date of
the application: 01.02.2024. – Header from the screen.

10. SoMachine – Industrial Ethernet [Electronic resource] : User Guide /
Schneider Electric. – Electronic text data. – [Б. м.], 2017. – 204 p. – – Regime of
access: <https://www.se.com/us/en/download/document/EIO0000002215/>, free (date
of the application: 02.02.2024. – Header from the screen.

ДОДАТОК А

Зразок оформлення титульного аркуша

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

Кафедра систем електропостачання та електроспоживання міст

**ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № ____
з дисципліни «Автоматизований електропривод»**

**Виконав:
здобувач групи (шифр групи)
ПІБ**

**Перевірив:
канд. техн. наук, доц. К. Я. Івакіна**

Харків 20__

Електронне навчальне видання

Методичні рекомендації
до лабораторних занять
із навчальної дисципліни

«АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД»

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та
заочної форм навчання зі спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка)*

Укладачі: **ПЛЮГІН** Владислав Євгенович,
ІВАКІНА Катерина Яківна

Відповідальний за випуск *В. Є. Плюгін*
Редактор *О. В. Михаленко*
Комп'ютерне верстання *К. Я. Івакіна*

План 2023, поз. 196М

Підп. до друку 29.05.2024. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 3,6.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.