

**Методичні вказівки  
до виконання практичних робіт  
з дисципліни «Автоматизований електропривод  
типових виробничих механізмів»  
зі спеціальності «Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка»**



Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет

**Методичні вказівки  
до виконання практичних робіт  
з дисципліни «Автоматизований електропривод  
типових виробничих механізмів»  
зі спеціальності «Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка»**

Вінниця  
ВНТУ  
2025

Рекомендовано до видання Радою з якості освіти Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 11 від 19.06.2025 р.)

Рецензенти:

**В. М. Кутін**, доктор технічних наук, професор

**Ю. П. Войтюк**, кандидат технічних наук, доцент

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів» зі спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» [Електронний ресурс] / уклад.: С. М. Бабій, М. М. Мошноріз. – Вінниця : ВНТУ, 2025. – (PDF, 52 с.)

У методичних вказівках викладено основні теоретичні відомості та завдання для виконання практичних робіт з дисципліни «Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів». Методичні вказівки розроблено відповідно до навчальної програми цієї дисципліни.

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
Практична робота № 1. Основи роботи в середовищі Logo!Soft Comfort.....	5
Практична робота № 2. Автоматизована система керування маніпулятора .....	14
Практична робота № 3. Автоматизована система керування скребкового транспортера.....	21
Практична робота № 4. Автоматизована система керування поточно- транспортною лінією кормоприготування .....	31
Практична робота № 5. Автоматизована система керування компресорною установкою .....	36
Література .....	50

## ВСТУП

Методичні вказівки складено згідно з програмою дисципліни «Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів», при опануванні якої виконуються навчальні проекти з побудови систем автоматизованого електропривода типових виробничих механізмів та автоматизованих систем керування технологічними процесами, які відбуваються за їх участю. Це допомагає здобувачам вищої освіти краще опанувати теоретичні розділи курсу.

Метою виконання практичних завдань є закріплення теоретичних знань і формування практичних навичок, необхідних для побудови систем автоматизованого електропривода типових виробничих механізмів та автоматизованих систем керування технологічними процесами, які відбуваються за їх участю. У процесі виконання завдань здобувачі освіти ознайомляться із сучасним обладнанням та програмним забезпеченням, яке необхідне для роботи з ним.

Враховуючи сучасний підхід до побудови автоматизованих систем, який передбачає використання засобів мікропроцесорної техніки, для реалізації алгоритмів керування запропоновано використовувати типовий промисловий контролер фірми Siemens типу LOGO! 12/24RCE з необхідними модулями розширення аналогового та дискретного типів.

Отримані знання й навички стануть корисними при виконанні магістерських кваліфікаційних робіт, особливо у розділах, пов'язаних із розробкою систем автоматизованого керування електроприводами виробничих механізмів.

У результаті виконання практичних завдань студенти мають набути компетенцій, необхідних для проектування систем автоматизованого електропривода розглянутих в методичних вказівках типових виробничих механізмів.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

**Тема роботи:** *основи роботи в середовищі Logo!Soft Comfort*

**Мета роботи:** набути практичних навичок роботи в середовищі Logo!Soft Comfort.

### Теоретичні відомості

Logo!Soft Comfort – програмне забезпечення для програмування логічних модулів LOGO! [1].

LOGO! Soft Comfort V8.0 дозволяє [1]:

1) розробляти програми для логічних модулів LOGO! всіх поколінь: від LOGO! 0BA0 до LOGO! 0BA8;

2) виконувати розробку, налагодження, документування та архівування програм як в автономному режимі без наявності зв'язку між комп'ютером та логічним модулем LOGO!, так і в інтерактивному режимі при наявності такого зв'язку;

3) виконувати дистанційне програмування та діагностику логічних модулів;

4) виконувати розробку програм мовами LAD та FBD;

5) конфігурувати мережеві з'єднання логічних модулів LOGO! останніх поколінь з використанням графічного представлення мережі та автоматичною ідентифікацією доступних мережевих вузлів;

6) конфігурувати обмін даними між мережевими логічними модулями за допомогою механізму Drag & Drop;

7) виконувати налаштування параметрів модулів та використовуваних функцій;

8) здійснювати швидкий перегляд усієї чи деякої частини програми;

9) використовувати символічну адресацію для входів, виходів та функцій.

10) вводити коментарі для всіх змінних та функцій;

11) моделювати роботу програми модуля LOGO! на комп'ютері;

12) завантажувати готову програму в логічний модуль або читати програму з пам'яті логічного модуля;

13) відображати стан усіх змінних та функцій у режимі моделювання роботи програми або в процесі роботи програми в логічному модулі;

14) зберігати програму на жорсткому диску комп'ютера;

15) здійснювати порівняння програм логічних модулів;

16) запускати та зупиняти виконання програми логічним модулем;

17) визначати склад функцій, що зберігають свої стани при перебоях живлення логічного модуля;

18) формувати тексти оперативних повідомлень, включати необхідні значення параметрів, і визначати умови їх появи на екрані логічного модуля або текстового дисплея;

19) використовувати у процесі проектування функції копіювання, вирізування, вставки тощо;

20) встановлювати паролі різних прав доступу до ресурсів логічного модуля;

21) використовувати потужну систему оперативної допомоги та підказок тощо.

Інтерфейс програми LOGO! Soft Comfort є інтуїтивно зрозумілим та зображений на рис. 1.1.

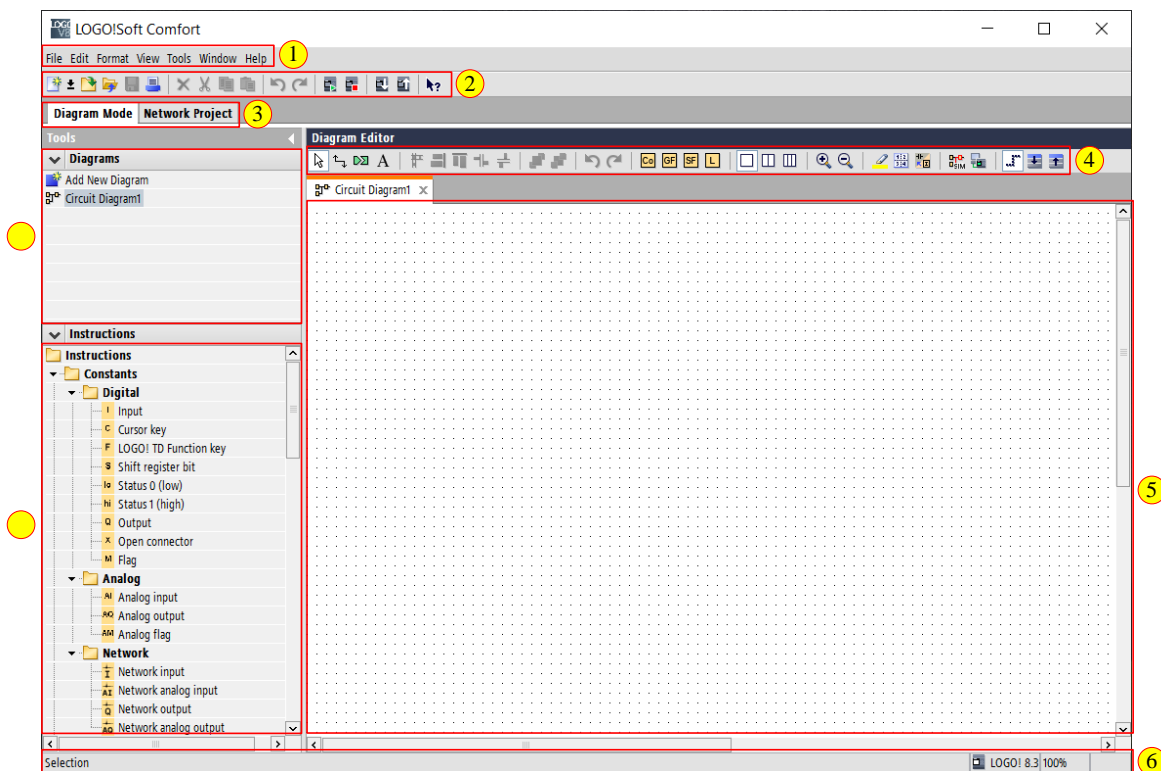


Рисунок 1.1 – Інтерфейс програми Logo!Soft Comfort V8.3:

- 1 – панель меню;
- 2 – стандартна панель інструментів;
- 3 – панель режимів;
- 4 – панель інструментів програмування;
- 5 – інтерфейс програмування;
- 6 – стрічка стану;
- 7 – каталог схем;
- 8 – каталог елементів комутаційної програми.

На панелі меню (рис. 1.2) знаходяться команди для редагування та керування комутаційними програмами, а також функції задавання налаштувань за умовчанням та передачі комутаційної програми у/з пристроїв LOGO! [2].

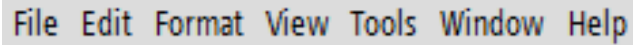


Рисунок 1.2 – Панель меню

Стандартна панель інструментів (рис. 1.3) забезпечує прямий доступ до основних функцій LOGO!Soft Comfort. За допомогою значків стандартної панелі інструментів можна створити нову комутаційну програму або завантажити та зберегти вже існуючу програму, вирізати, копіювати та вставляти об'єкти, скасовувати або повертати останню операцію або здійснювати передачу даних у/з пристроїв LOGO! [2].



Рисунок 1.3 – Стандартна панель інструментів

Панель режимів (рис. 1.4) містить дві вкладки:

1) Diagram Mode (режим схеми) – використовується для створення простих проектів, коли немає обміну даними по мережі. Режим схеми зазвичай використовують для LOGO! 0BA7 та нижче;

2) Network Project (мережевий проект) – використовується для створення складних проектів з декількома контролерами, які обмінюються даними по мережі.

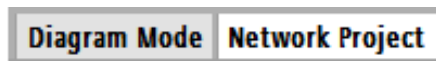


Рисунок 1.4 – Панель режимів

Панель інструментів програмування (рис. 1.5) може використовуватися для переходу в інші режими редагування для швидкого і легкого створення або редагування комутаційної програми. За допомогою значків панелі інструментів програмування можна з'єднувати, коментувати, вирівнювати блоки, скасовувати або повертати останню операцію, додавати функціональні блоки, розділяти вікно, виконувати симуляцію, онлайн-тестування комутаційної програми та масштабувати поле параметрів [2].



Рисунок 1.5 – Панель інструментів програмування

Стрічка стану (рис. 1.6) знаходиться в самому низу вікна програми. У ній показано поточний активний інструмент, обраний пристрій LOGO!, масштабний коефіцієнт та номер аркуша комутаційної програми [2].



Рисунок 1.6 – Стрічка стану

Окрім зазначених панелей є і інші, які з'являються в певних режимах роботи програми, наприклад, панель інструментів симуляції, панель мережних інструментів, інформаційне вікно тощо.

У проектному режимі програма LOGO!Soft Comfort запускається з порожнім інтерфейсом користувача. Після вибору та додавання нового пристрою в проєкт програма LOGO!Soft Comfort відкриває вікно редактора схем. На початковому етапі комутаційна програма порожня (рис. 1.7) [2].

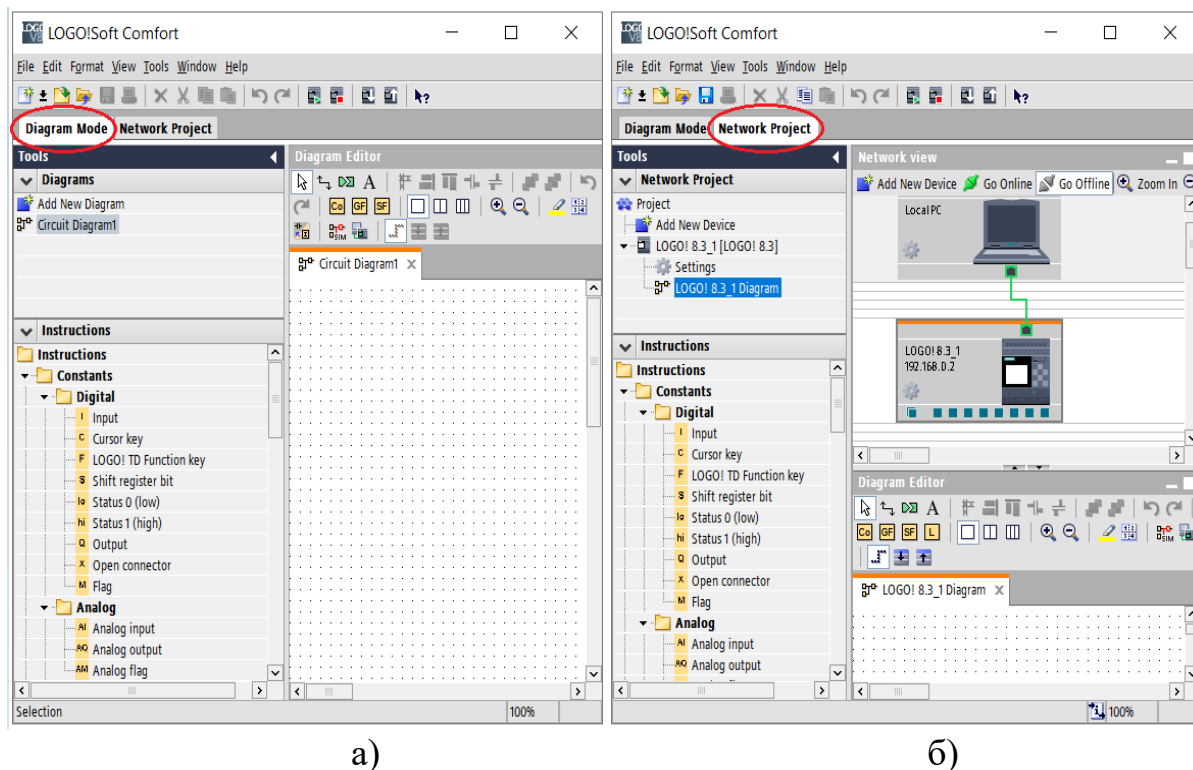


Рисунок 1.7 – Вигляд вікна програми в проектному режимі при:  
а) створенні простих проєктів (режим схеми);  
б) створенні складних проєктів (мережевий проєкт)

LOGO! Soft Comfort надає в розпорядження такі варіанти розробки комутаційних програм (рис.1.8):

1) LAD (Ladder Diagram) – релейно-контактна схема, яка буде зручна користувачам, що звикли працювати з принциповими схемами [2];

2) FBD (Function Block Diagram) – функціональна блок-схема, яка буде зручна користувачам, що знайомі з логічними блоками [2];

3) UDF (User-Defined Function) – визначена користувачем функція, яка є логічною схемою, що складається з групи функціональних блоків, і може бути використана в якості функціонального блока в FBD. Створення UDF-діаграм характерне лише для LOGO! 0BA8 [2].

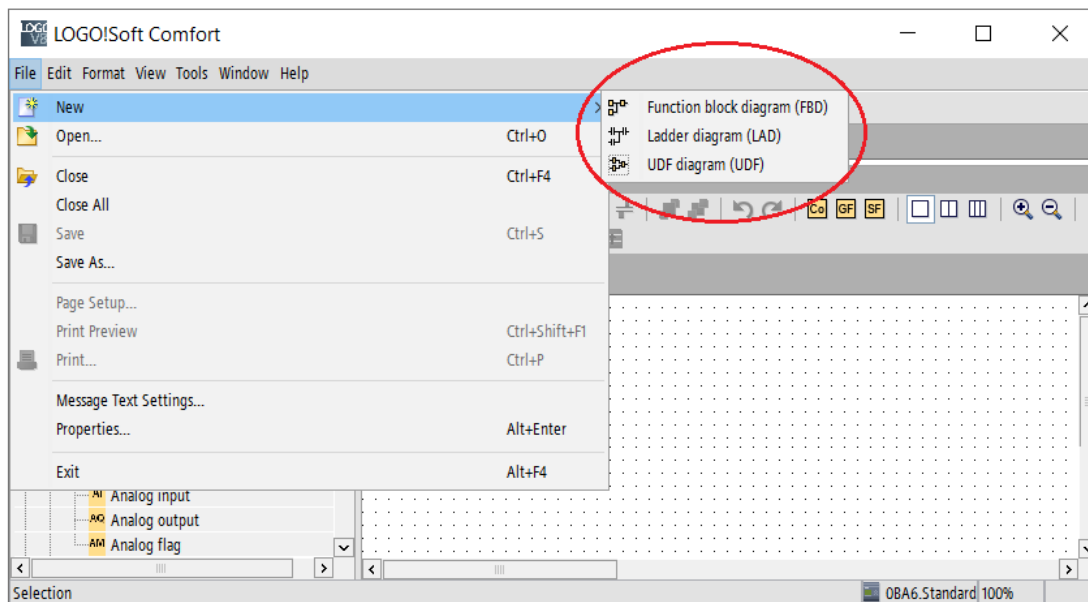


Рисунок 1.8 – Варіанти розробки комутаційних програм

Розглянемо приклад створення програми керування мовами LAD та FBD для реалізації прямого пуску асинхронного двигуна (АД). На рис. 1.9 зображена релейно-контакторна схема прямого пуску АД, а на рис. 1.10 наведена відповідна їх схема підключення програмованого реле LOGO!

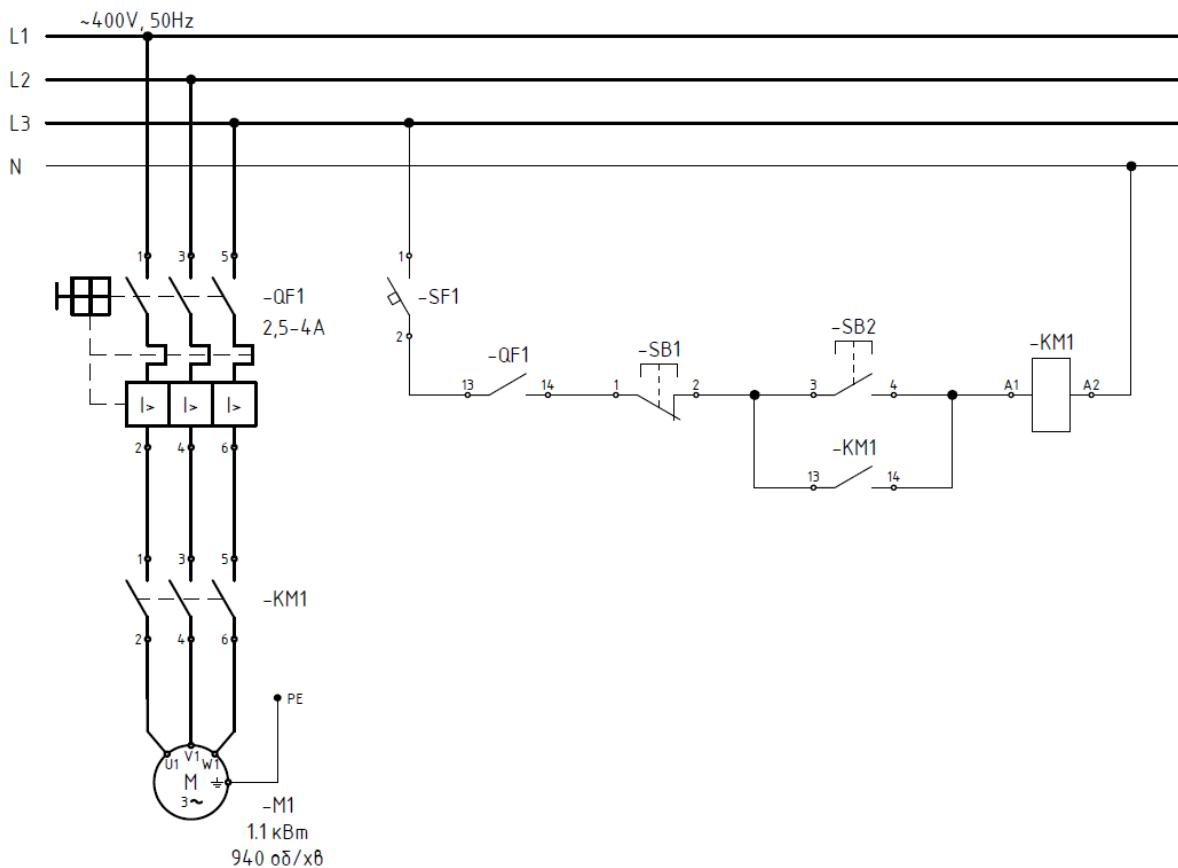


Рисунок 1.9 – Релейно-контакторна схема прямого пуску АД

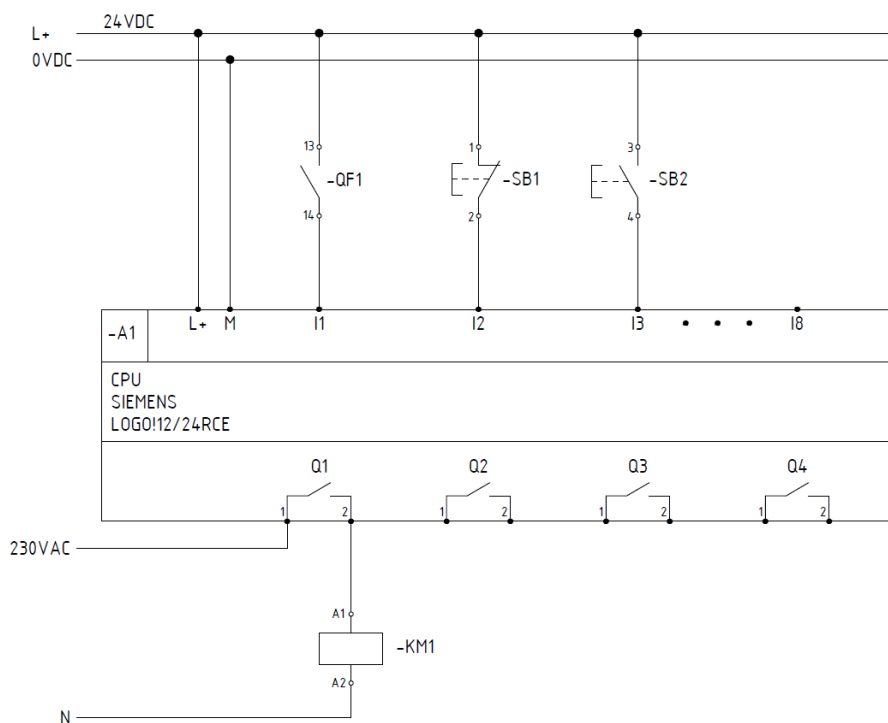


Рисунок 1.10 – Схема підключення програмованого реле LOGO!  
для реалізації прямого пуску АД

Програма керування логічного модуля LOGO! зображена на рис. 1.11.

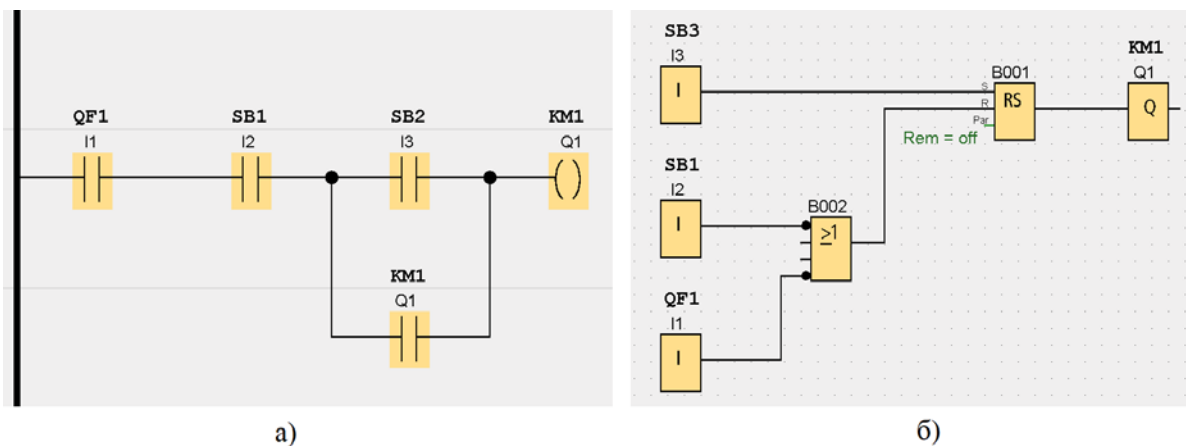


Рисунок 1.11 – Програма керування логічного модуля LOGO!  
мовами LAD (а) та FBD (б)

Призначення елементів комутаційної програми: I1 – контроль стану автоматичного вимикача захисту двигуна (додатковий контакт QF1); I2 – «Стоп» (кнопка SB1); I3 – «Пуск» (кнопка SB2); Q1 – керування двигуном (котушка електромагнітного контактора KM1); B001 – реле з блокуванням (RS-тригер); B002 – елемент логічне АБО (з інверсними входами).

Додаткове налаштування кожного елемента комутаційної програми здійснюється у вікні властивостей (рис. 1.12).

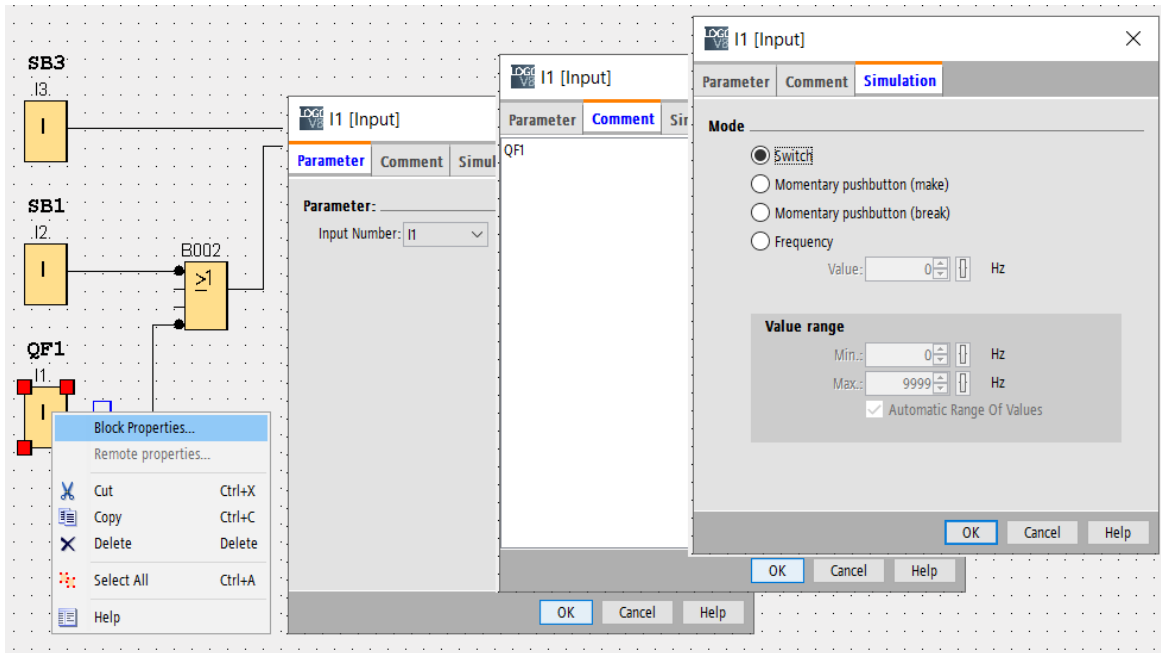


Рисунок 1.12 – Приклад налаштування параметрів елемента комутаційної програми I1

Коректність роботи розроблених програм можна перевірити в режимі симуляції. Для переходу в режим симуляції або виходу з нього потрібно натиснути відповідну іконку або клавішу F3.

Для програми керування, яка написана мовою FBD, сформуємо UDF блок з елементів B001 (реле з блокуванням) та B002 (елемент логічне АБО). Для цього зазначені елементи та зв'язки між ними потрібно виділити та клацнути правою клавішею миші на одному з них і вибрати «Create UDF» (рис. 1.13).

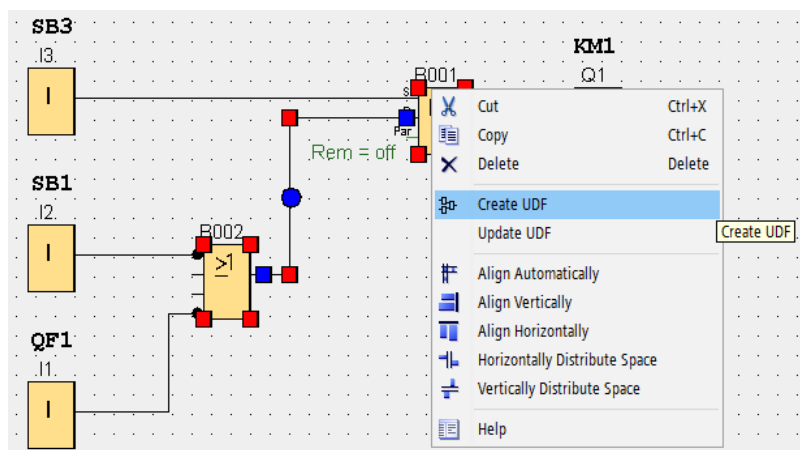


Рисунок 1.13 – Створення UDF блоку

При цьому відкриється нове вікно з відповідним фрагментом програми. Якщо клацнути два рази лівою клавiшею миші на одній з ліній, що окреслюють контур блока, то відкриється вікно його налаштувань, де можна змінити ідентифікатори блока (рис. 1.14).

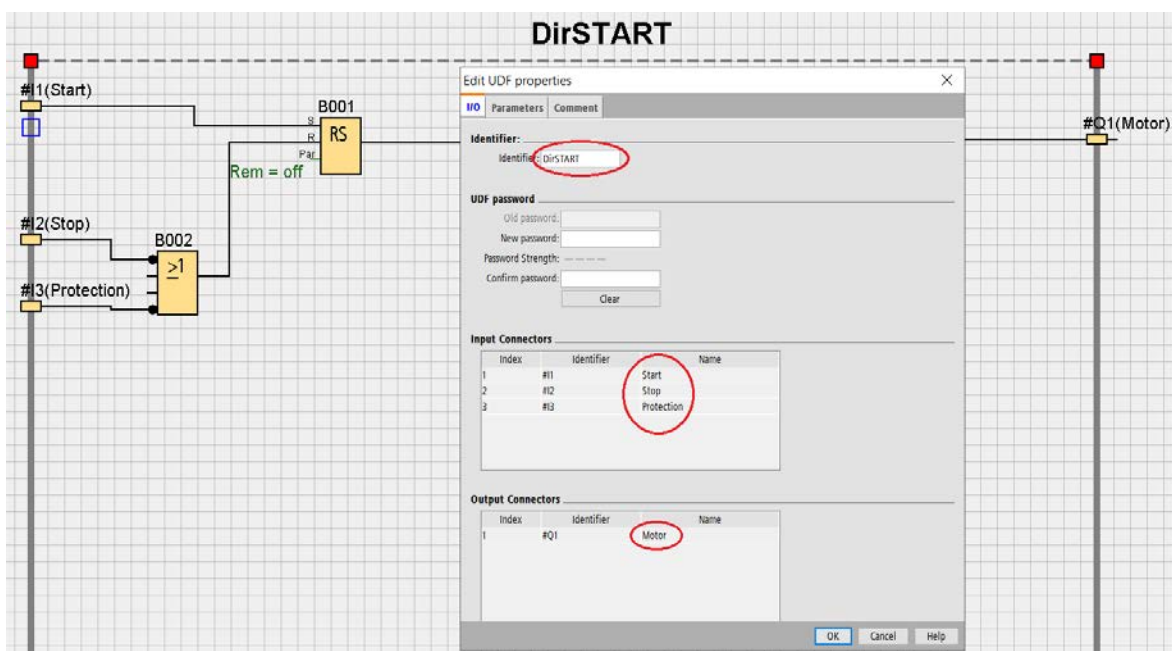


Рисунок 1.14 – Налаштування властивостей UDF блока

Після збереження UDF блока його потрібно додати до каталогу елементів комутаційної програми (рис. 1.15).

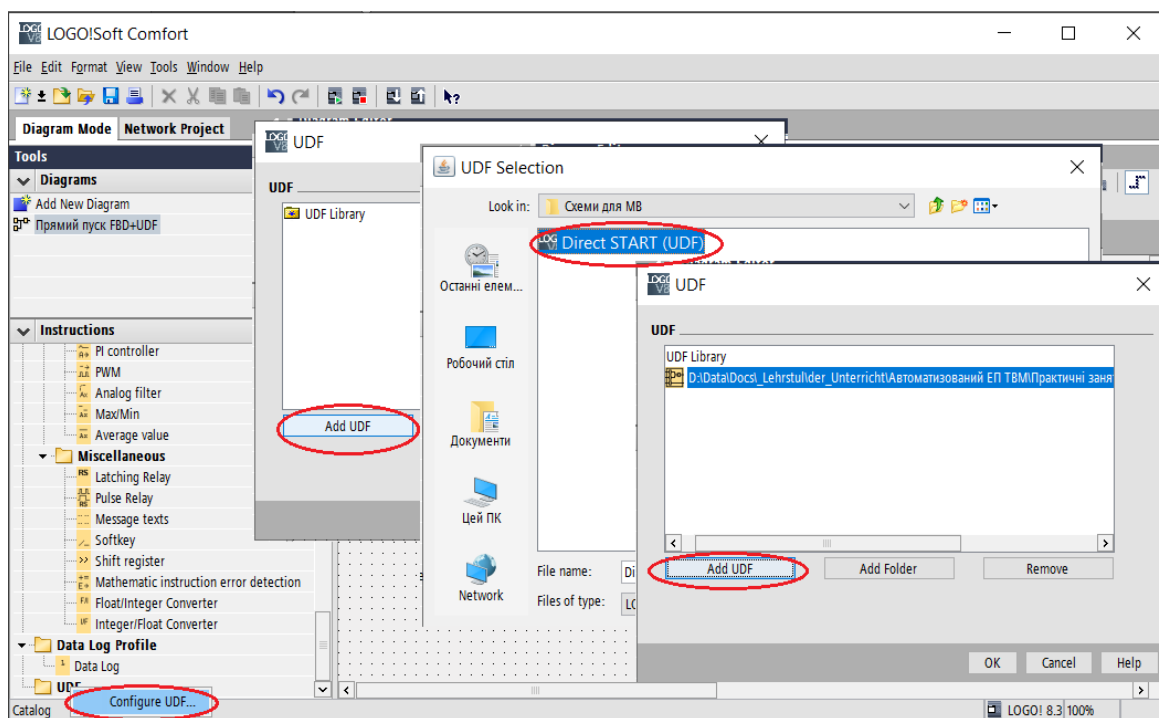


Рисунок 1.15 – Додавання UDF блока до каталогу елементів комутаційної програми

В подальшому даний UDF блок можна додавати до складу інших програм у вигляді окремого елемента (рис. 1.16).

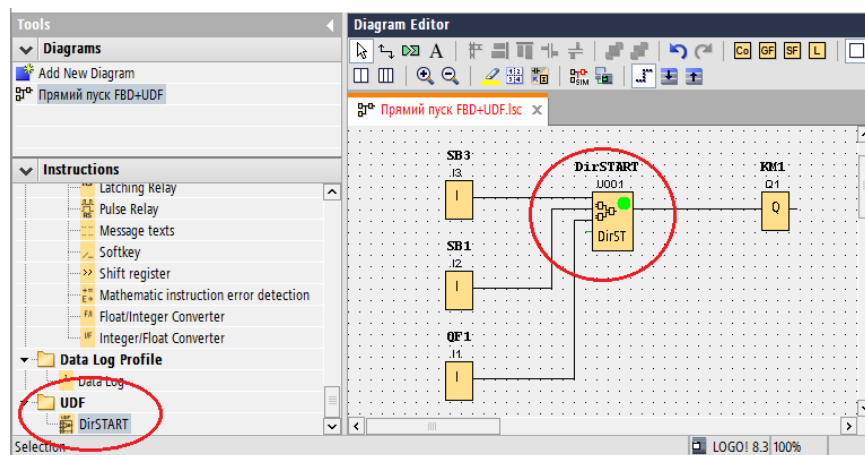


Рисунок 1.16 – Програма прямого пуску АД з використання UDF блоку DirSTART

### Послідовність виконання роботи

1. Ознайомитись з інтерфейсом програми LOGO! Soft Comfort та каталогом елементів комутаційної програми.
2. Ознайомитись з призначенням та технічними характеристиками програмованого реле LOGO! 12/24RC використовуючи ресурси, розміщені на сайті виробника обладнання.
3. Відтворити наведений приклад створення програм керування для реалізації прямого пуску приводного двигуна. Налаштувати параметри елементів комутаційних програм та перевірити коректність їх роботи в режимі симуляції.
4. Навести електричну принципову схему для реверсивного керування АД з КЗ ротором з використанням релейно-контакторної елементної бази.
5. Розробити електричну принципову схему для реверсивного керування АД з КЗ ротором на базі програмованого реле LOGO! 12/24RC.
6. Розробити програми для реверсивного керування АД з КЗ ротором з використанням мов LAD та FBD.
7. Сформувати UDF блок для реверсивного керування АД з КЗ ротором та додати його до відповідної програми керування.
8. Перевірити коректність роботи розроблених програм в режимі симуляції.

### Контрольні запитання

1. Загальна характеристика середовища Logo!Soft Comfort?
2. Призначення та область використання програмованих реле типу LOGO! ?
3. Переваги мікропроцесорних систем керування перед релейно-контакторними?

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

**Тема роботи:** *автоматизована система керування маніпулятора*

**Мета роботи:** набути практичних навичок розробки автоматизованих систем керування вантажопідійомними пристроями.

### Теоретичні відомості

Маніпулятор – вантажопідійомний пристрій, призначений для управління положенням вантажів (рис. 2.1). До переліку основного кола операцій, які реалізує маніпулятор, відносяться підйом та опускання вантажів, а також їх переміщення в горизонтальній площині.



Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд маніпулятора

На рис. 2.1: 1 – станина; 2 – приводні двигуни; 3 – стійка; 4 – вантажозахватний пристрій; 5 – траверса.

Маніпулятори широко використовуються на виробництві для виконання операцій завантаження і розвантаження технологічного устаткування.

**Електрична схема.** Приводні двигуни механізмів підйому та переміщення маніпулятора отримують живлення від мережі змінного струму промислової частоти і підключені згідно схеми, яка зображена на рис. 2.2.

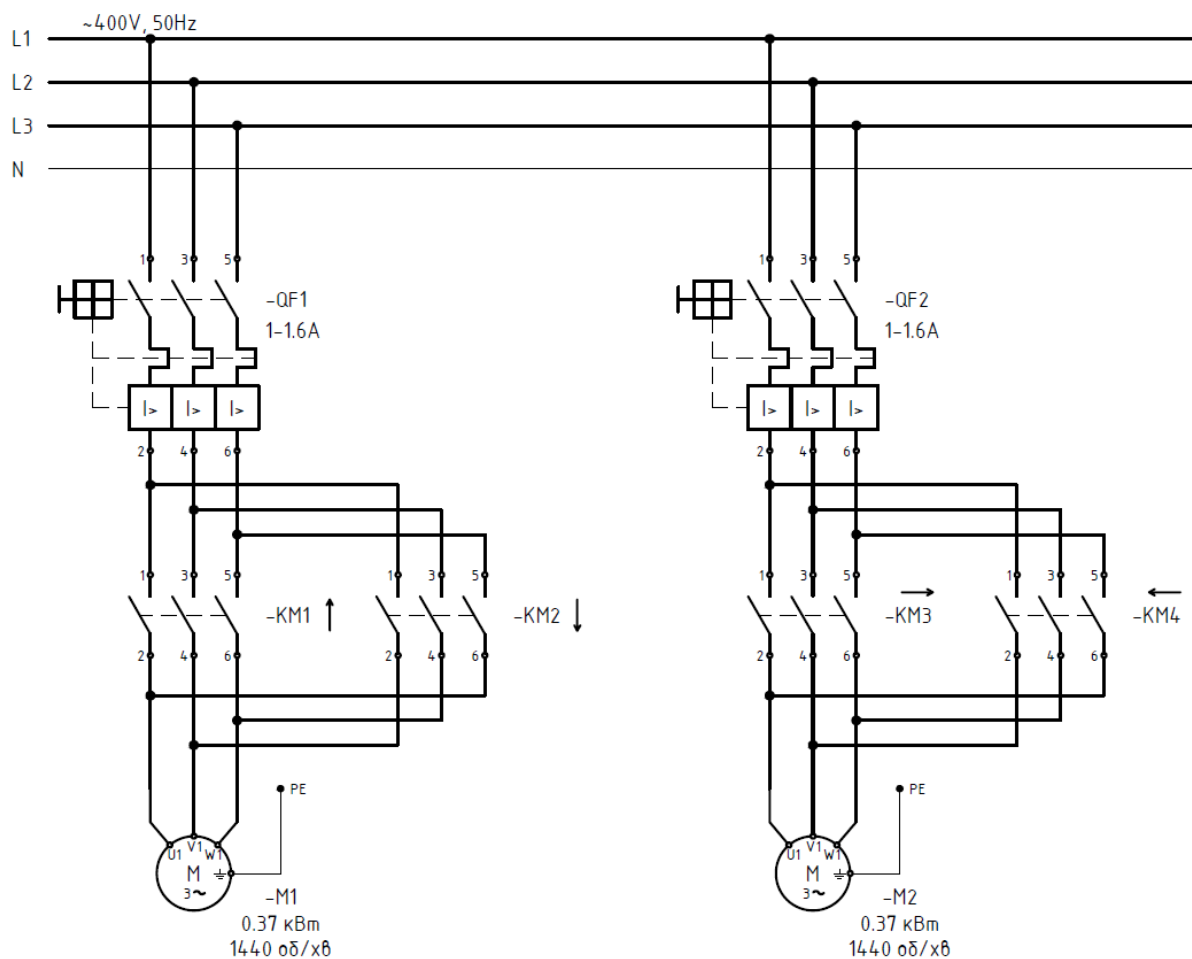


Рисунок 2.2 – Схема підключення приводних двигунів маніпулятора

На рис. 2.2 позначено: QF1, QF2 – автоматичні вимикачі захисту двигунів; KM1 - KM4 – електромагнітні контактори; M1, M2 – приводні двигуни механізмів підйому та переміщення відповідно.

Передбачається два режими керування маніпулятором:

1) ручне керування за допомогою кнопкового поста, який містить кнопку «Аварійний стоп» та чотири кнопки для вибору напрямку транспортування (рис. 2.3);

2) автоматичне керування за допомогою програмованого реле LOGO!, яке передбачає циклічне виконання операцій, наприклад, згідно часових діаграм, зображених на рис. 2.4.



Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд кнопкового поста

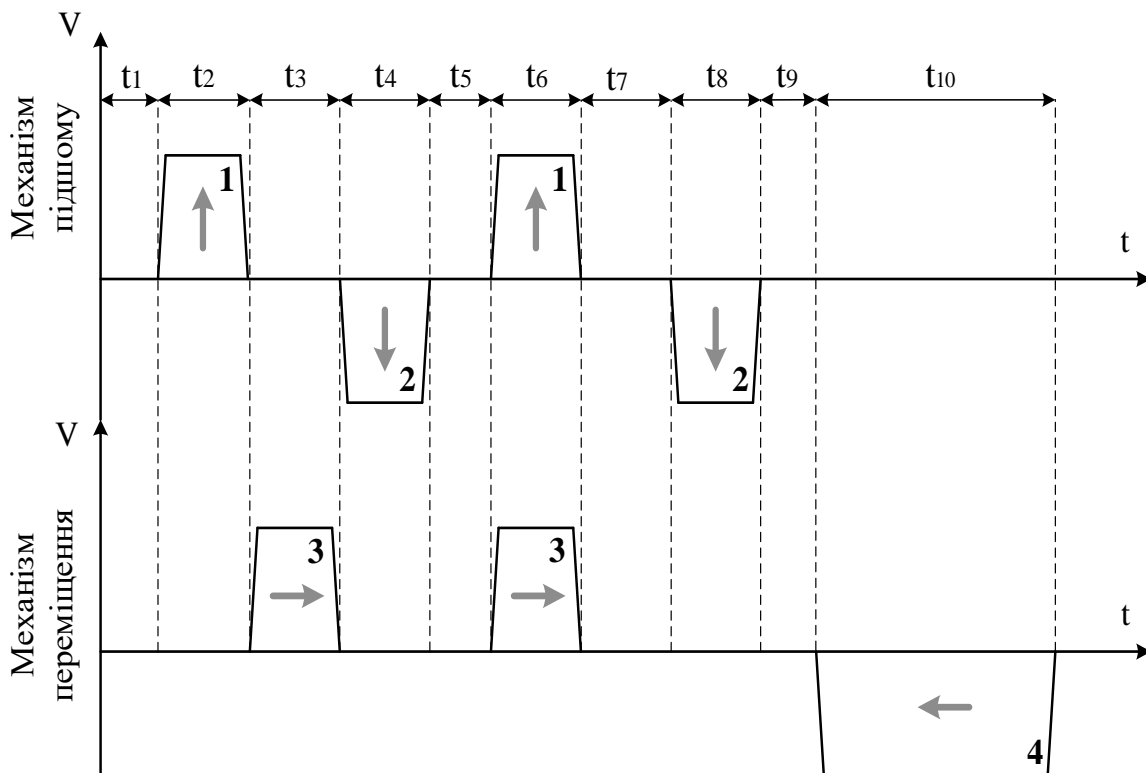


Рисунок 2.4 – Часові діаграми роботи маніпулятора

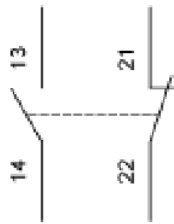
На рис. 2.4: 1 – підйом вантажу; 2 – опускання вантажу; 3 – переміщення завантаженої стійки маніпулятора «вправо»; 4 – переміщення не завантаженої стійки маніпулятора «вліво» у початкову точку.

При ручному керуванні для обмеження ходу механізмів маніпулятора використовують плунжерні кінцеві вимикачі (рис. 2.5). Основні технічні характеристики наведені в табл. 2.1.

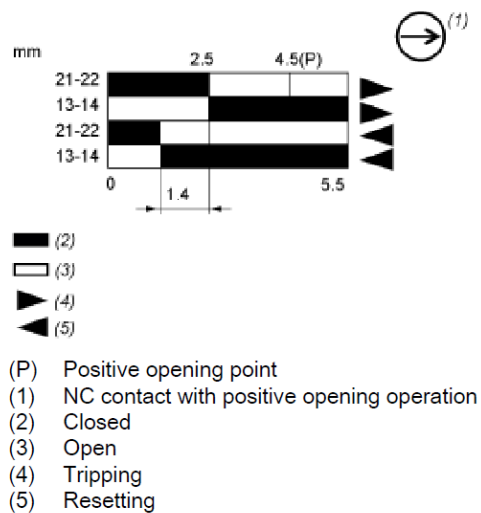
При автоматичному керуванні для обмеження ходу механізмів маніпулятора використовують індуктивні сенсори положення (рис. 2.6), а кнопкові кінцеві вимикачі виконують роль аварійних. Основні технічні характеристики наведені в табл. 2.2.



а)



б)



в)

Рисунок 2.5 – Кінцевий вимикач типу ХСКН2110Р20:

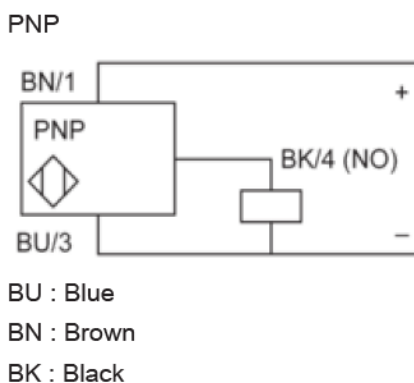
- а) зовнішній вигляд;
- б) електричні контакти;
- в) діаграма роботи

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики кінцевого вимикача [3]

Найменування	Значення
Виробник	TELEMECANIQUE SENSORS
Позначення виробника	ХСКН2110Р20
Тип актуатора	плунжерний із пружинним поверненням
Тип контактів	1NC+1NO
Робота контактів	миттєва дія
Комутована напруга	max. 240 В AC max. 250 В DC
Навантажувальна здатність контактів (при омичному навантаженні)	3 А / 240 В AC 0,1 А / 250 В DC
Механічний ресурс	10000000 циклів
Ступінь захисту	IP65
Робоча температура	-25...+70°C



а)



б)

Рисунок 2.6 – Індуктивний сенсор типу XS612B1PAL2:  
а) зовнішній вигляд;  
б) схема підключення

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики сенсора положення типу KG5071 [4]

Найменування	Значення
Виробник	TELEMECANIQUE SENSORS
Позначення виробника	XS612B1PAL2
Корпус	металевий, циліндричний різьбовий M12
Тип сенсора	індуктивний сенсор наближення
Тип вихідного сигналу	дискретний
Схема підключення	3-провідна
Номінальна робоча відстань	4мм
Функція дискретного виведення	NO
Тип дискретного виходу	PNP
Номінальна напруга живлення	12...48VDC
Межі напруги живлення	10...58VDC
Комутаційна здатність	≤ 200mADC
Ступінь захисту	IP68
Температура експлуатації	-25...+70°C

Схема підключення програмованого реле LOGO! зображена на рис. 2.7.

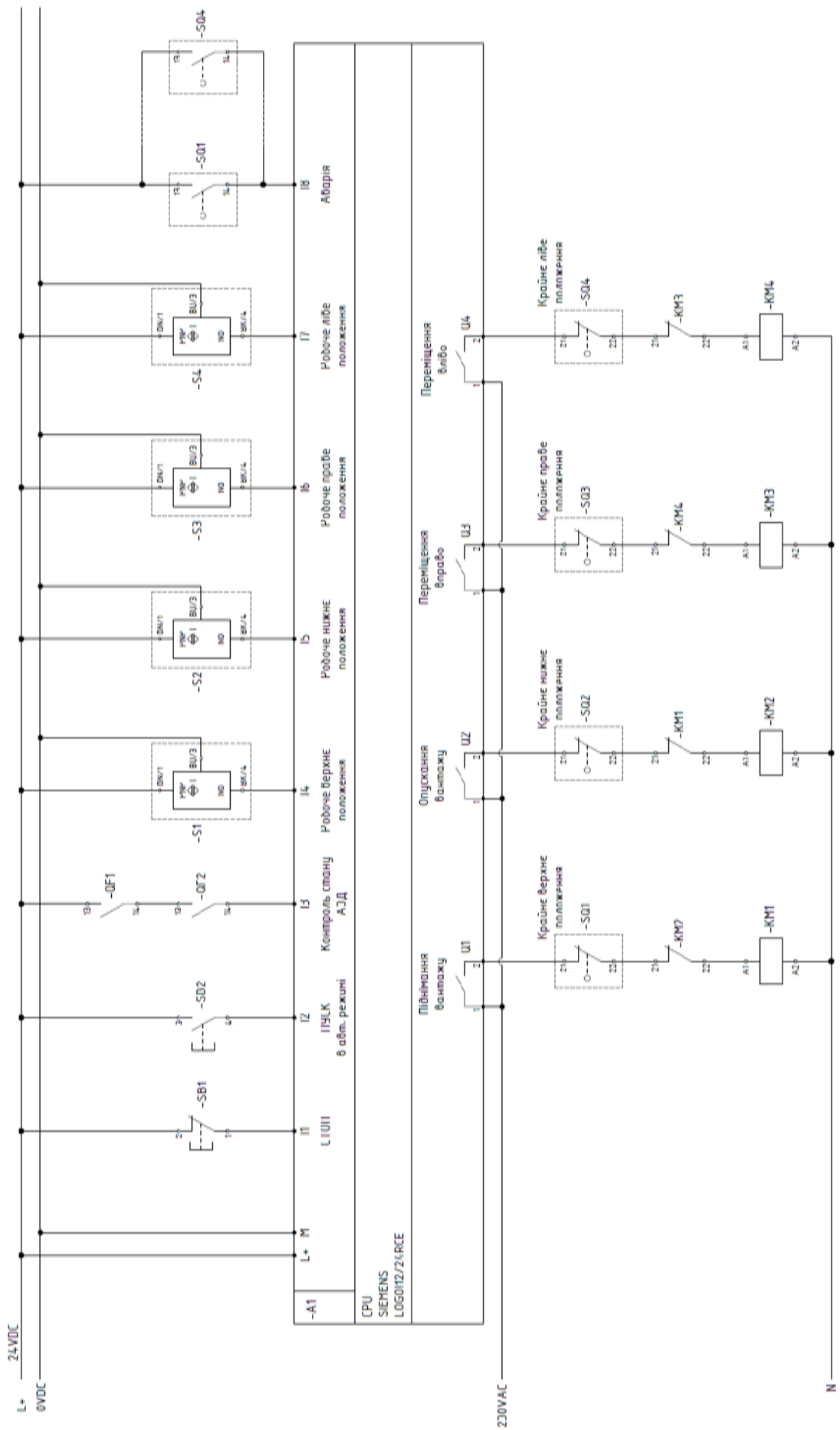


Рисунок 2.7 – Схема підключення програмованого реле LOGO! для керування маніпулятором

На рис. 2.7 позначено: SB1 – кнопка СТОП; SB2 – кнопка ПУСК (в автоматичному режимі); SQ1 - SQ4 – кінцеві вимикачі, які визначають граничні положення; S1 - S4 – індуктивні сенсори, які визначають робочі положення; QF1, QF2 – автоматичні вимикачі; KM1 – KM4 – електромагнітні контактори.

Слід відмітити, що при натисненні на кнопку SB2 положення механізмів маніпулятора є невідомим для системи керування, а тому перш ніж почати відпрацьовувати профіль переміщення (відповідно до часових діаграм, які зображені на рис. 2.4) потрібно перемістити механізми маніпулятора в базову точку (для механізму переміщення – крайнє ліве положення, яке визначається сенсором S4; для механізму підйому – крайнє нижнє положення, яке визначається сенсором S2).

Кінцеві вимикачі SQ1 - SQ4 забезпечують аварійне обмеження ходу механізмів маніпулятора у випадку, якщо не спрацював будь-який із індуктивних сенсорів положення S1 - S4.

### **Послідовність виконання роботи**

1. Ознайомитись з теоретичними відомостями та технічними характеристиками сенсорів.

2. Використовуючи запропоновану елементну базу розробити релейно-контакторну схему керування маніпулятором за допомогою кнопкового поста.

3. Для програмованого реле LOGO! розробити програму, яка б забезпечувала керування маніпулятором в автоматичному режимі згідно запропонованої часової діаграми (див. рис. 2.4).

4. Перевірити коректність роботи розробленої програми в режимі симуляції.

### **Контрольні запитання**

1. Призначення та область застосування маніпуляторів?
2. Яким чином реалізують електричне блокування в реверсивних схемах керування електропривода?
3. Загальна характеристика, призначення та особливості використання механічних та індуктивних сенсорів положення?

### ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

**Тема роботи:** *автоматизована система керування скребкового транспортера*

**Мета роботи:** набути практичних навичок розробки автоматизованих систем керування скребковими транспортерами.

#### Теоретичні відомості

Транспортер (конвеєр) – це транспортна машина, призначена для переміщення насипних і/або поштучних вантажів за заданою трасою на порівняно невелику відстань. Розрізняють стрічкові, ланцюгові, роликові, гвинтові та інші транспортери (рис. 3.1).

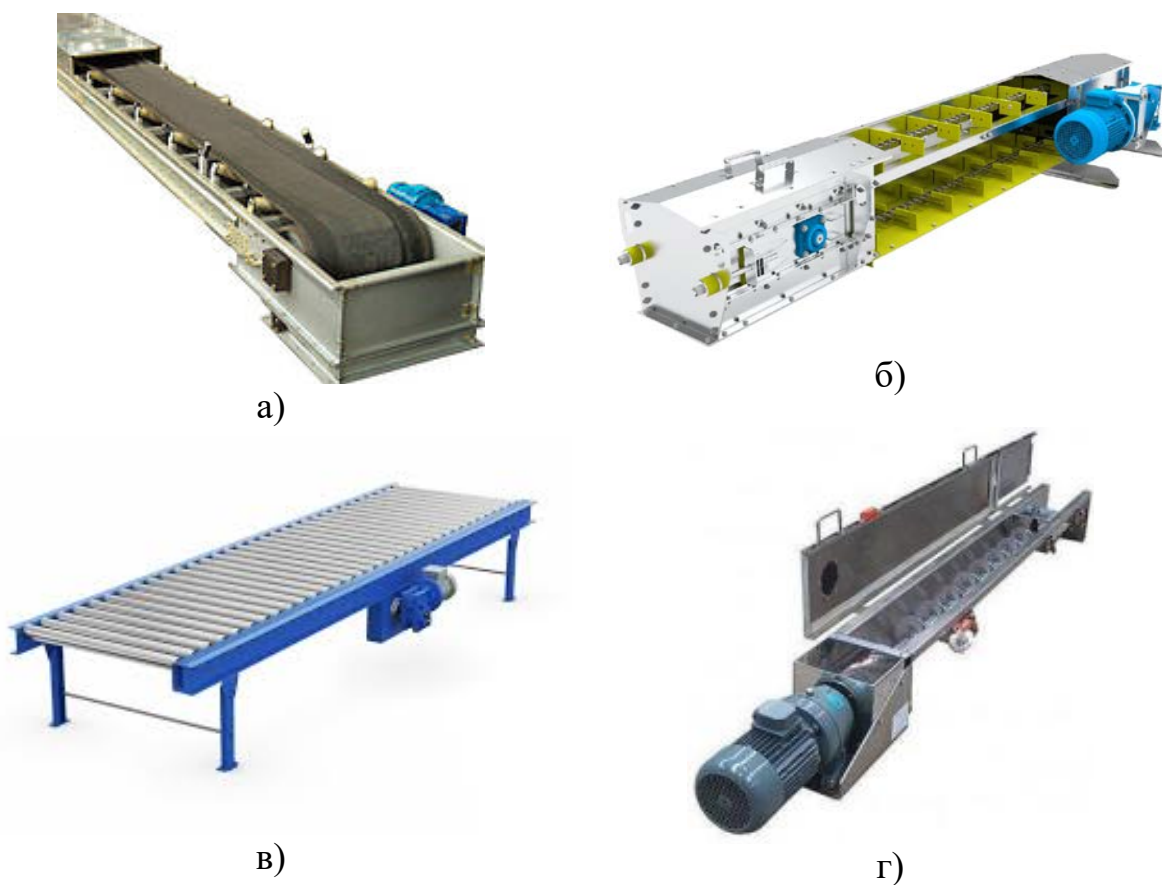


Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд деяких транспортерів:

- а) стрічковий;
- б) ланцюговий (скребковий);
- в) роликовий (рольганг);
- г) шнековий

Характерними особливостями переважної більшості транспортерів є:

- 1) наявність частин, що рухаються поступально і мають порівняно великі маси;
- 2) низька частота обертання їх приводних валів;
- 3) великі моменти статичних опорів зрушення, особливо при пуску під навантаженням;
- 4) випадковий характер навантажувальних діаграм;
- 5) режим роботи транспортера залежить від його призначення і може бути тривалим, короткочасним або повторно-короткочасним;
- 6) експлуатують транспортери як на відкритому повітрі, так і в приміщеннях у виробничих умовах [5].

Серед ланцюгових транспортерів найбільшого поширення набули скребкові транспортери, які застосовують в різних галузях промисловості для транспортування насипних малоабразивних вантажів як в горизонтальній площині, так і під кутом. Наприклад, в сільському господарстві їх широко використовують для транспортування зерна, борошна, добрив і т. п., а також для прибирання гною на тваринницьких фермах [6].

Скребкові транспортери працюють за принципом волочіння, переміщують вантаж за допомогою скребків (закріплених на одному чи декількох кільцевих ланцюгах), що рухаються по нерухомому жолобі [5, 6] (рис. 3.2).

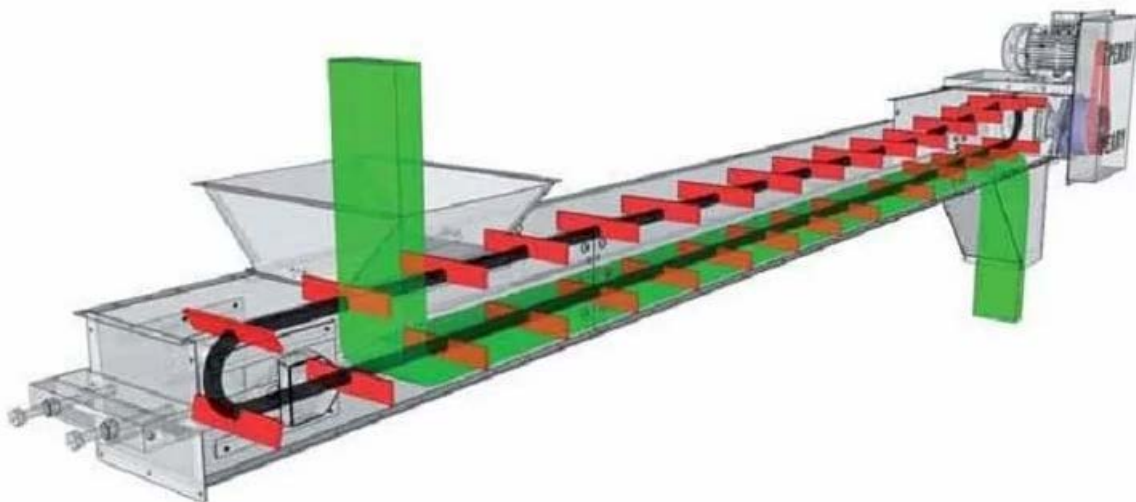


Рисунок 3.2 – Робота скребкового транспортера

Продуктивність транспортерів зростає пропорційно збільшенню частоти обертання приводного вала до певної межі, після чого, через зменшення коефіцієнта заповнення, продуктивність залишається постійною або навіть зменшується [5].

Кут нахилу скребкових транспортерів зазвичай не перевищує 30–40 градусів, оскільки його збільшення обумовлює значне зниження продуктивності [7].

Зазвичай для привода скребкових транспортерів використовують не-регульовані електроприводи з АД. Якщо ж необхідним є регулювання продуктивності транспортера, то використовують регульований електропривод.

У схемах автоматичного керування скребковими транспортерами передбачають ряд захистів та блокувань:

- 1) захист від коротких замикань і перевантажень;
- 2) блокування послідовності пуску і зупинки;
- 3) блокування, що контролюють цілість тягового органу;
- 4) блокування, що контролюють швидкість тягового органу;
- 5) блокування, що контролюють виникнення завалів матеріалом, що транспортується тощо.

**Електрична схема.** Приводний двигун скребкового транспортера отримує живлення від мережі змінного струму промислової частоти і підключений згідно схеми, яка зображена на рис. 3.3.

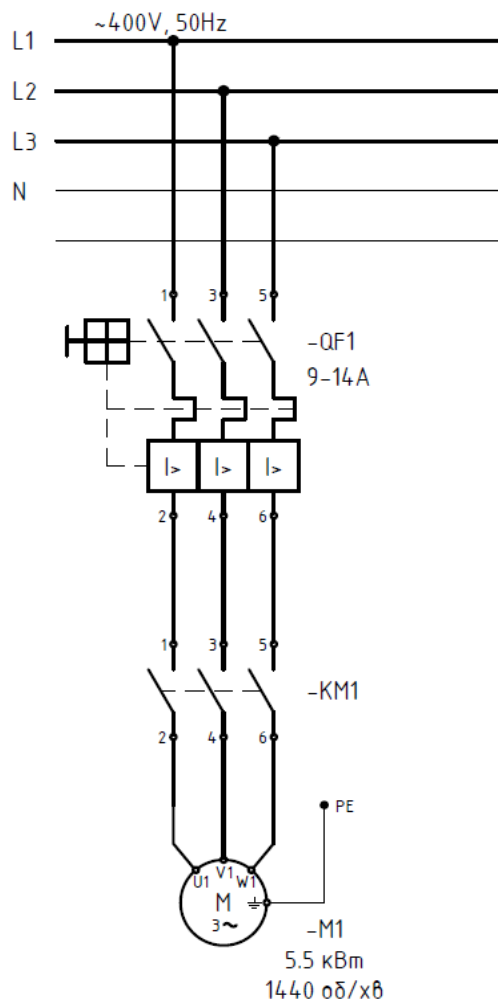


Рисунок 3.3 – Схема підключення приводного двигуна скребкового транспортера

Для контролю швидкості транспортування використовується сенсор контролю швидкості обертання (рис. 3.4), який встановлюють на валу зірочки натяжної станції (рис. 3.5).



Рисунок 3.4 – Сенсор контролю швидкості обертання типу DI103A:  
а) зовнішній вигляд;  
б) схема підключення



Рисунок 3.5 – Розміщення сенсора контролю швидкості обертання

Технічні характеристики сенсора контролю швидкості обертання типу DI103A наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики сенсора контролю швидкості обертання типу DI103A [8]

Найменування	Значення
Виробник	ifm Electronic
Корпус	циліндричний різьбовий M30 x 1.5 / L = 80 мм
Застосування	оцінка обертального та лінійного руху з урахуванням недостатньої швидкості; блокування
Принцип вимірювання	індуктивний
Діапазон чутливості	10 мм
Робоча відстань	0...8,1 мм
Діапазон налаштування	5...3600 об/хв
Гістерезис (H <sub>y</sub> )	10% від заданого значення
Регулювання контрольної точки (SP)	багатооборотний потенціометр (без кінцевого обмежувача)
Дисплей	статус перемикання 2 x LED, жовтий
Схема підключення	2-провідна
Номінальна напруга живлення	20...250 В AC/DC
Номінальна частота змінного струму	45...65 Гц
Кількість виходів	1
Функція виводу	нормально відкритий
Мінімальний струм навантаження	6 мА
Постійний номінальний струм комутаційного виходу змінного струму	200 мА
Постійний номінальний струм комутаційного виходу постійного струму	100 мА
Затримка часу при пуску	12 с
Ступінь захисту	IP65, IP67
Температура експлуатації	-20...+60°C

Часові діаграми роботи сенсора контролю швидкості обертання зображені на рис. 3.6.

Стани транзисторного виходу при роботі:

1) стан ON (провідний) – швидкість обертання більша за задане значення (SP), а також під час затримки на включення (після подачі робочої напруги затримка на включення активна лише один раз);

2) стан OFF (непровідний) – швидкість обертання менша за задане значення (SP).

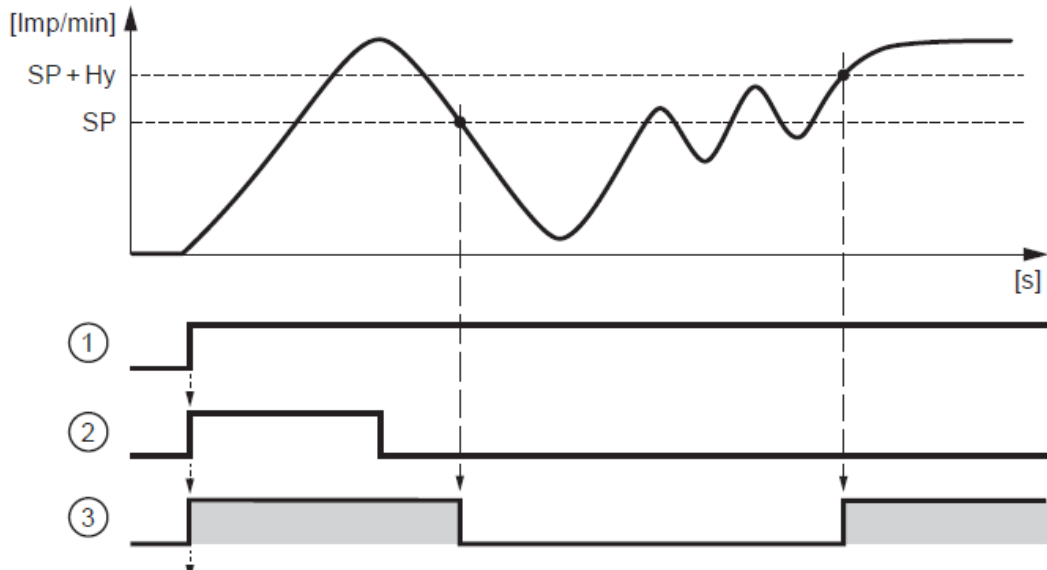
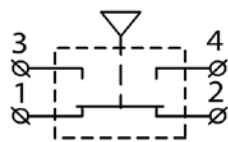


Рисунок 3.6 – Часові діаграми роботи сенсора контролю швидкості:  
 1 – напруга живлення;  
 2 – затримка включення;  
 3 – транзисторний вихід

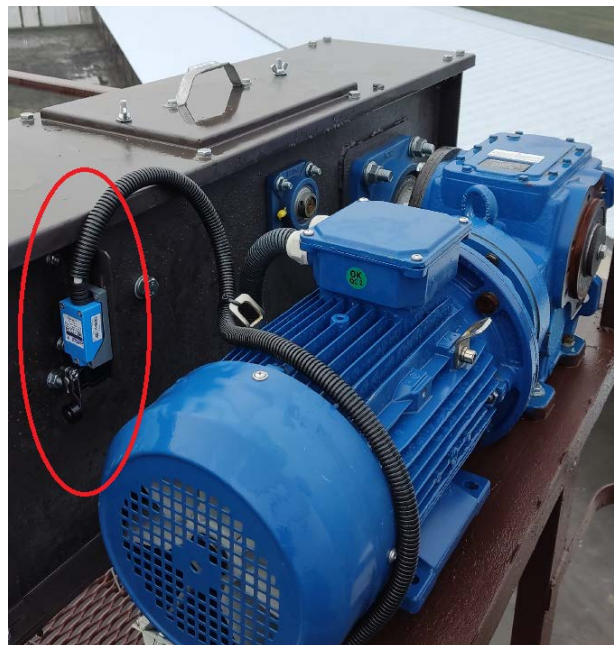
Для контролю цілісності тягового ланцюга використовується кінцевий перемикач, наприклад ME 8104, який монтують поруч із приводною станцією на спеціально передбачену площадку (рис. 3.7).



а)



б)



в)

Рисунок 3.7 – Кінцевий вимикач ME 8104:  
 а) зовнішній вигляд;  
 б) електричні контакти;  
 в) розміщення

Технічні характеристики кінцевого вимикача ME 8104 наведені в табл. 3.2.

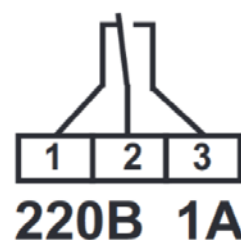
Таблиця 3.2 – Технічні характеристики кінцевого вимикача ME 8104 [9]

Найменування	Значення
Виробник	АСКО-УКРЕМ
Категорія застосування	АС-15, DC-13
Номинальна робоча напруга	АС 230 В / DC 110 В
Номинальний робочий струм	АС 5 А / DC 0,4 А
Зносостійкість електрична	$5 \times 10^5$ циклів
Зносостійкість механічна	$10^7$ циклів
Тип контакту	1NO+1NC
Частота комутацій	до 30 циклів/хв
Ступінь захисту	IP65
Температура експлуатації	-15...+70°C

Для контролю виникнення завалів матеріалом, що транспортується, часто використовують сенсори підпору, наприклад СУМ-1 У2 (рис. 3.8). Такий сенсор підпору монтують на передній стінці приводної станції конвеєра (рис. 3.9).



а)



б)

Рисунок 3.8 – Мембранний сенсор підпору:

- а) зовнішній вигляд;
- б) електричні контакти



Рисунок 3.9 – Розміщення сенсора підпору

Технічні характеристики сенсора підпору наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики мембранного сенсора підпору СУМ-1 У2 [10]

Найменування	Значення
Тип	мембранний
Номинальна напруга	220...230 В АС
Номинальна частота	50 Гц
Номинальний струм	2 А
Тип контакту	1СО
Гарантоване зусилля спрацювання	0,5 Н
Гарантована кількість спрацювань	30 000
Ступінь захисту	IP65
Температура експлуатації	-20...+50°C

Схема підключення програмованого реле LOGO! зображена на рис. 3.10.

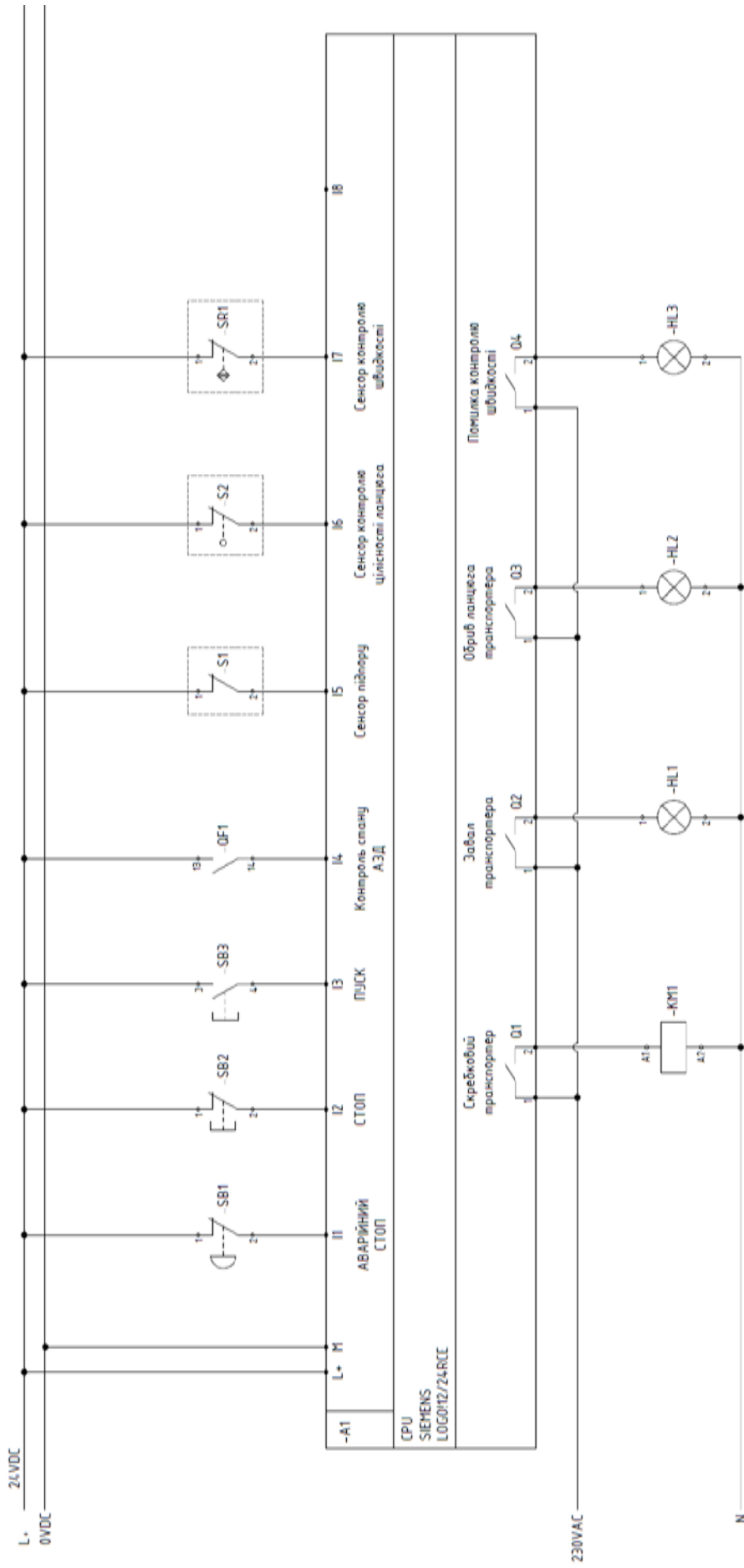


Рисунок 3.10 – Схема підключення програмованого реле LOGO! для керування скребковим транспортером

На рис. 3.10 позначено: SB1 – кнопка АВАРІЙНИЙ СТОП; SB2 – кнопка СТОП; SB3 – кнопка ПУСК; S1 – сенсор підпору; S2 – сенсор контролю цілісності ланцюга транспортера; SR1 – сенсор контролю швидкості обертання; HL1 - HL3 – сигнальна арматура; QF1 – автоматичний вимикач; КМ1 – електромагнітний контактор.

Слід відмітити, що для індикації аварійних станів замість сигнальної арматури (HL1 – HL3) можна використовувати текстові повідомлення, які виводять на дисплей програмованого реле LOGO! чи окремий зовнішній пристрій (текстовий дисплей LOGO! TD [11]). Відповідна схема підключення зображена на рис. 3.11.

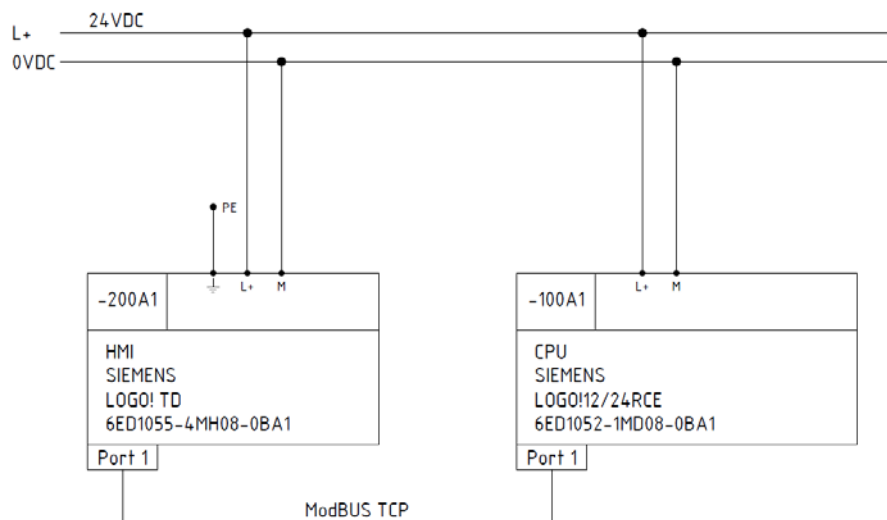


Рисунок 3.11 – Схема підключення текстового дисплея LOGO! TD

### Послідовність виконання роботи

1. Ознайомитись з теоретичними відомостями та технічними характеристиками сенсорів.
2. Використовуючи запропоновану елементну базу розробити релейно-контакторну схему керування скребковим транспортером.
3. Для програмованого реле LOGO! розробити програму, яка б забезпечувала керування скребковим транспортером.
4. Перевірити коректність роботи розробленої програми в режимі симуляції.

### Контрольні запитання

1. Призначення та область застосування скребкових транспортерів?
2. Які захисти та блокування зазвичай передбачають у схемах автоматичного керування скребковими транспортерами?
3. Загальна характеристика, призначення та особливості використання сенсорів контролю швидкості обертання?

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

**Тема роботи:** *автоматизована система керування поточно-транспортною лінією кормоприготування*

**Мета роботи:** набути практичних навичок розробки автоматизованих систем керування поточно-транспортними лініями.

### Теоретичні відомості

Поточно-транспортна лінія (ПТЛ) кормоприготування забезпечує безперервність технологічного процесу приготування кормів і складається з дробарки ДР, ковшового транспортера ТК, горизонтального стрічкового транспортера ТС, змішувача ЗМ, бункерів Б1 та Б2 із засувками, які керуються тяговими електромагнітами ЕЗБ1 та ЕЗБ2 відповідно (рис. 4.1).

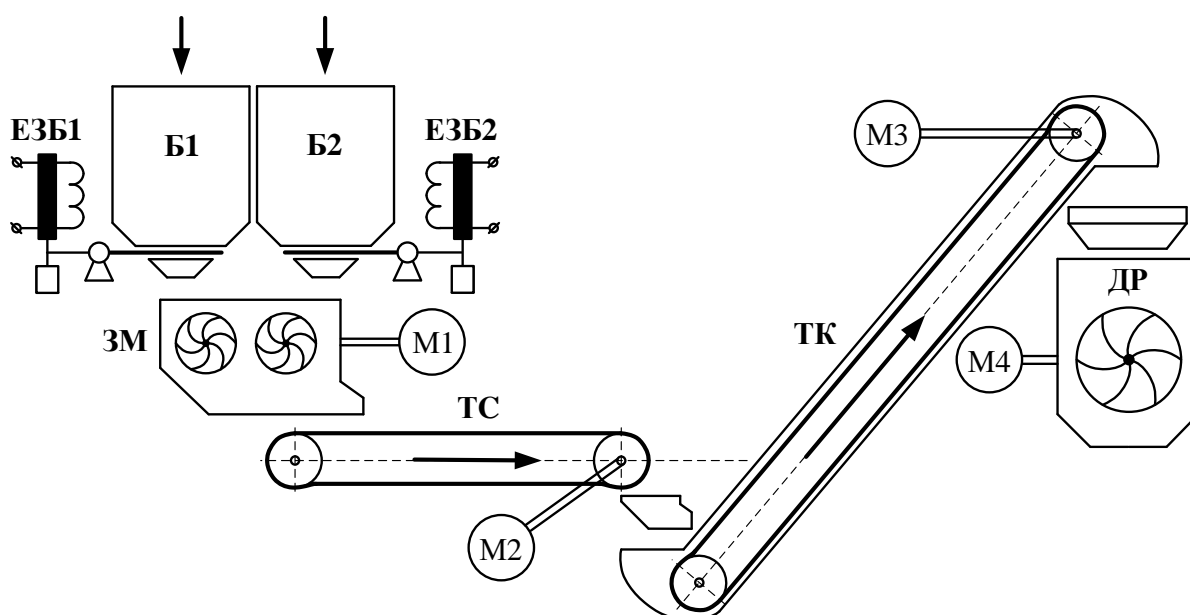


Рисунок 4.1 – Технологічна схема ПТЛ кормоприготування

Керування ПТЛ може бути:

- 1) централізованим – пуск або зупинка ПТЛ відбувається за командою з диспетчерського пульта керування;
- 2) місцевим – здійснюється за допомогою кнопок керування, розташованих уздовж ПТЛ. Зазвичай, місцеве керування використовується при виконанні налагоджувальних робіт або ліквідації завалів.

Система керування ПТЛ кормоприготування повинна бути реалізована таким чином, щоб забезпечувати визначену послідовність вмикання та зупинки елементів ПТЛ, а також передбачати різного роду захисти та

блокування (див. теоретичні відомості до практичної роботи № 3), попереджувальну звукову сигналізацію тощо.

Одночасний пуск усіх приводних двигунів елементів ПТЛ є недопустимим через додавання їх пускових струмів, що може призвести до перевантаження кабельних ліній, а також просідання напруги в мережі живлення, а отже і до погіршення умов пуску приводних двигунів. Окрім цього, час пуску кожного елемента ПТЛ різний, а тому, при одночасному пуску, може виникнути завал машин продуктом, який переробляється. У зв'язку з цим рекомендується здійснювати поступовий пуск лінії з кінця технологічного процесу (наприклад, в функції швидкості).

Зупинка ПТЛ лінії здійснюється з початку технологічного процесу після повного розвантаження кожного її елемента (наприклад, в функції часу). Таким чином наступний пуск лінії відбудеться в режимі «холостого ходу». Слід зауважити, що при виникненні аварійних ситуацій зупинка ПТЛ може відбутися і при її повному завантаженні.

У випадку аварійного відключення одного з елементів ПТЛ повинно відбутись автоматичне відключення механізмів, які забезпечують подачу сировини до даного елемента. Усі інші елементи ПТЛ, у цьому випадку, відключаються автоматично після їх повного розвантаження.

**Електрична схема.** Елементи ПТЛ отримують живлення від мережі змінного струму промислової частоти і підключені згідно схеми, яка зображена на рис. 4.2.

Роботою ПТЛ керує програмоване реле LOGO!, схема його підключення зображена на рис. 4.3. Для розширення кількості дискретних входів та релейних виходів використано дискретний модуль розширення LOGO! DM8 12/24R. Його технічні характеристики наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики дискретного модуля розширення LOGO! DM8 12/24R [12]

Найменування	Значення
Номінальна напруга живлення	12/24 В DC
Допустимий діапазон напруги живлення	10,8...28,8 В DC
Цифрові входи: – кількість – вхідна напруга для сигналу «0» – вхідна напруга для сигналу «1»	4 < 5 В DC > 8,5 В DC
Релейні виходи: – кількість – комутаційна здатність при індуктивному навантаж. – комутаційна здатність при омичному навантаж.	4 3 А 5 А
Ступінь захисту	IP20
Температура експлуатації	-20...+55°C

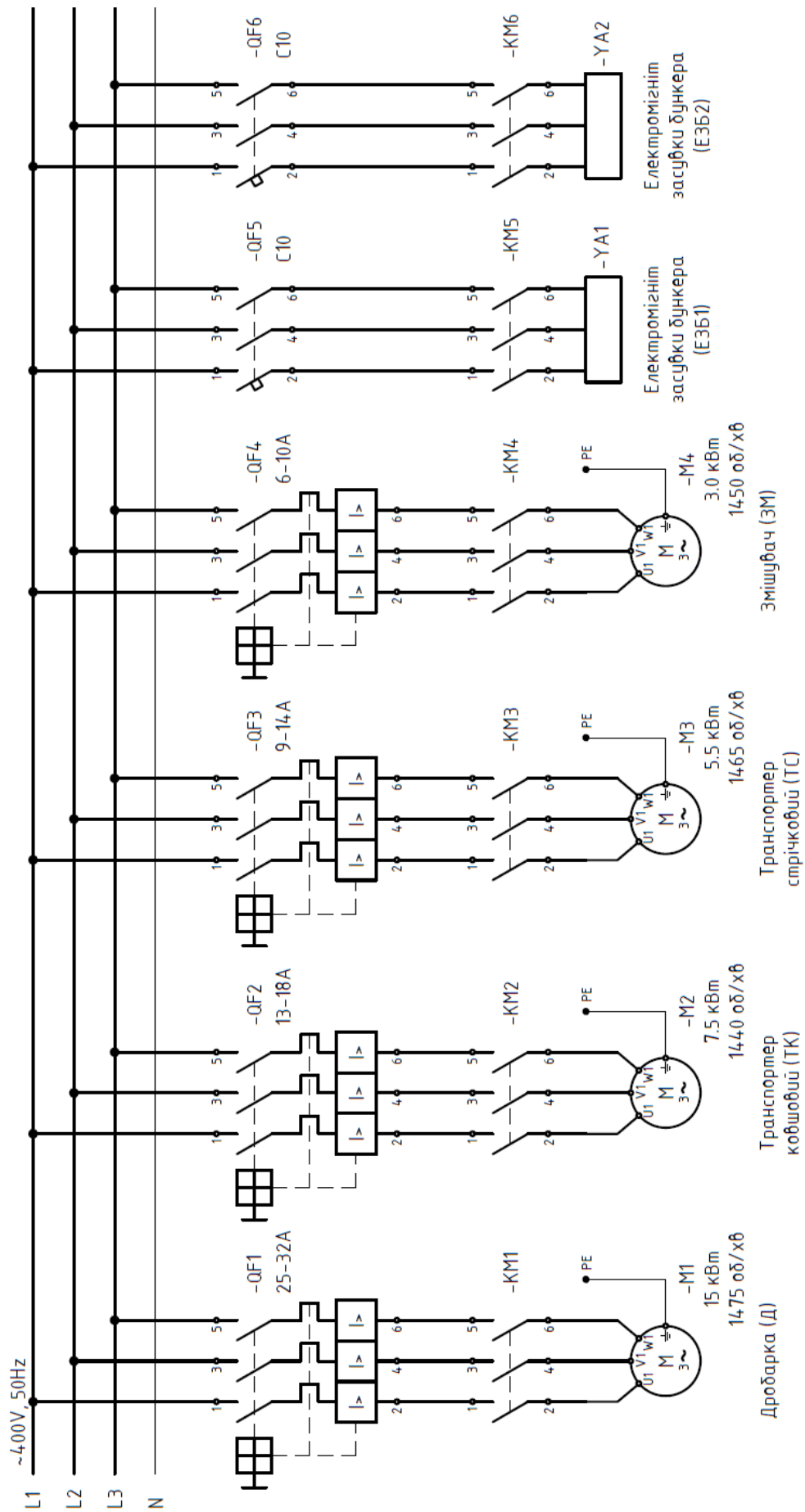


Рисунок 4.2 – Схема підключення елементів ПТЛ до мережі живлення

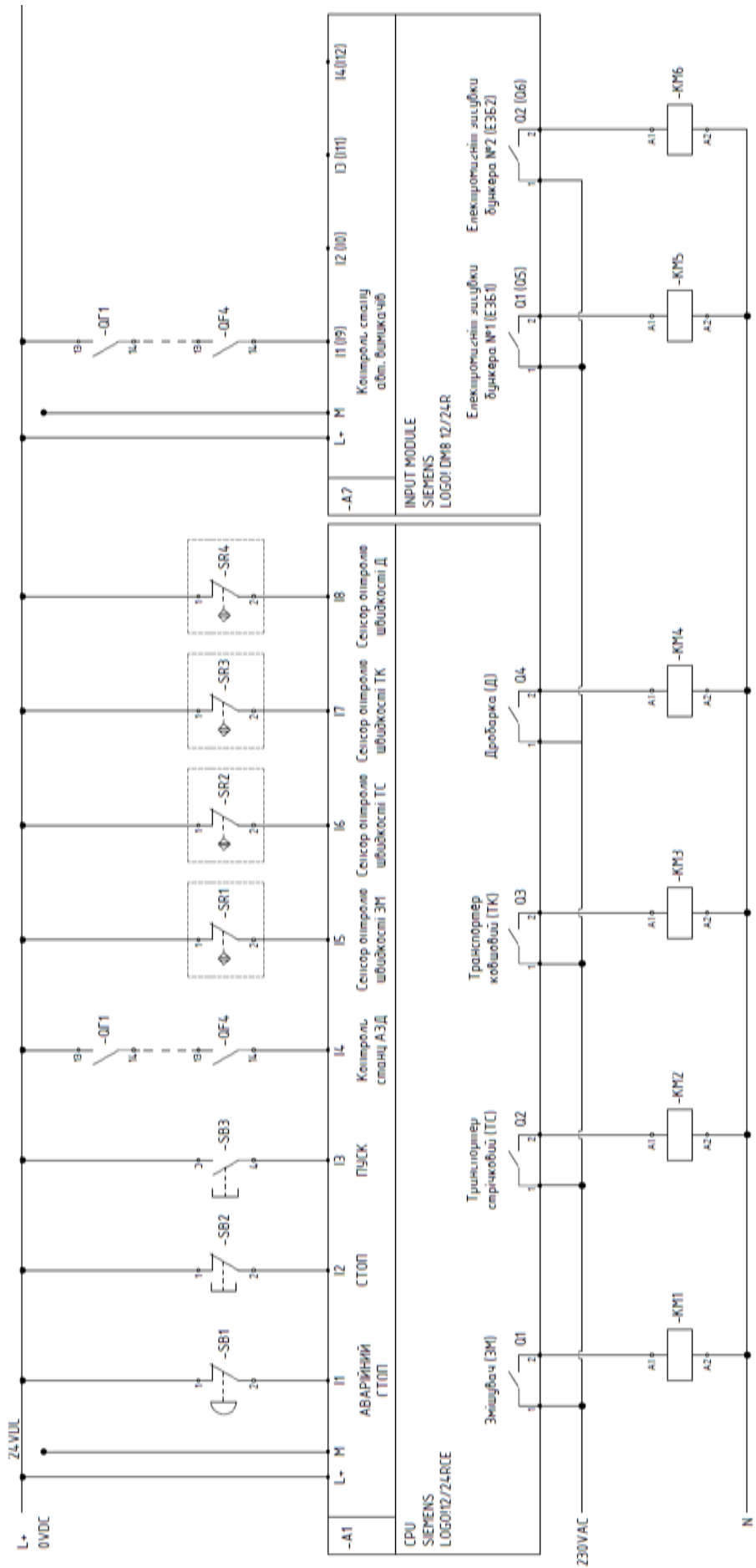


Рисунок 4.3 – Схема підключення програмованого реле LOGO! для керування ПТЛ

На рис. 4.3 позначено: SB1 – кнопка АВАРІЙНИЙ СТОП; SB2 – кнопка СТОП; SB3 – кнопка ПУСК; SR1 - SR1 – сенсори контролю швидкості обертання; КМ1 - КМ6 – електромагнітні контактори.

Слід мати на увазі, що нумерація цифрових входів та виходів в Logo!Soft Comfort є наскрізною. А тому, наприклад, для звернення до цифрового входу I1 модуля розширення LOGO! DM8 12/24R (див. рис. 4.3) необхідно в Logo!Soft Comfort вибрати цифровий вхід I9, оскільки перші вісім цифрових входів знаходяться на борту контролера LOGO!12/24RCE (рис. 4.4). Те ж саме стосується і виходів.

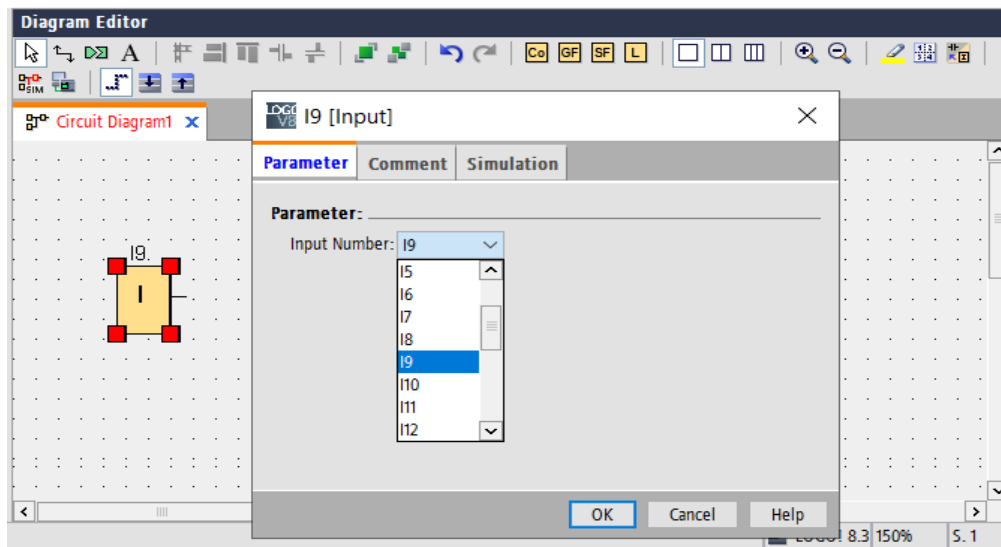


Рисунок 4.4 – Звернення до цифрового входу I1 модуля розширення LOGO! DM8 12/24R

### Послідовність виконання роботи

1. Ознайомитись з теоретичними відомостями та технічними характеристиками дискретного модуля розширення [12].
2. Для програмованого реле LOGO! розробити програму, яка б забезпечувала централізоване керування роботою механізмів, які входять до складу ПТЛ кормоприготування.
3. Перевірити коректність роботи розробленої програми в режимі симуляції.

### Контрольні запитання

1. Централізоване та місцеве керування ПТЛ?
2. Послідовність пуску та зупинки елементів ПТЛ?
3. Які захисти та блокування зазвичай передбачають у схемах автоматичного керування транспортерами?
4. Призначення та особливості використання дискретних модулів розширення LOGO!

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5

**Тема роботи:** *автоматизована система керування компресорною установкою*

**Мета роботи:** набути практичних навичок розробки автоматизованих систем керування компресорними установками.

### Теоретичні відомості

Компресор – повітродувна машина, призначена для отримання і транспортування стиснутого повітря або газу під тиском не нижче 0,2 МПа.

За принципом роботи і конструкції розрізняють відцентрові, осьові, поршневі, ротаційні та гвинтові компресори [13, 14].

Широкого поширення набули компресори поршневого типу (рис. 5.1), оскільки легко забезпечують створення високого тиску.

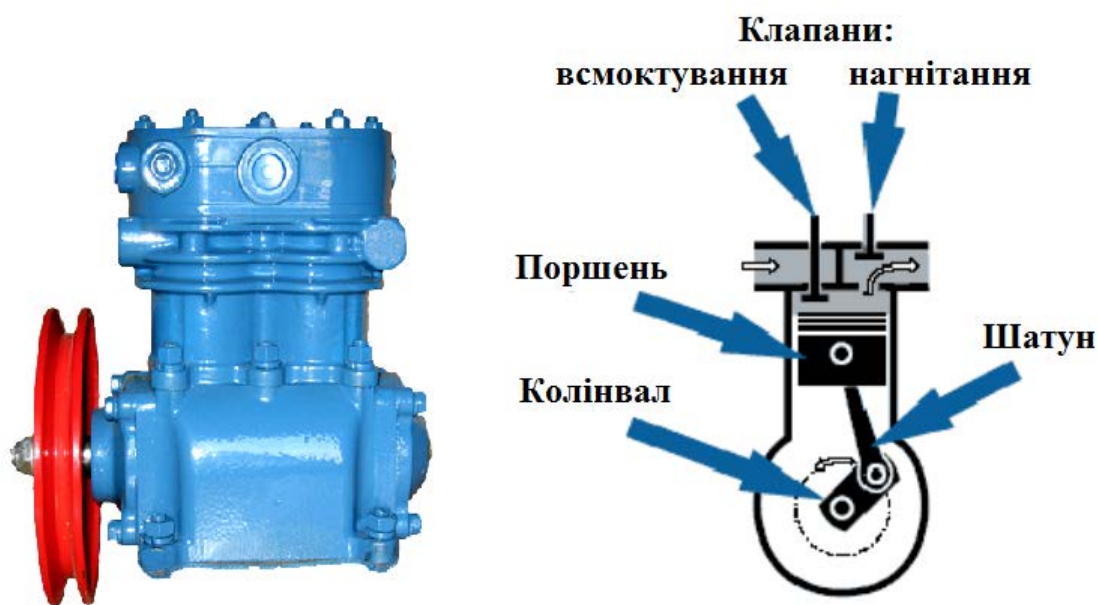


Рисунок 5.1 – Зовнішній вигляд та будова компресора поршневого типу

Принцип роботи поршневого компресора простої дії показано на рис. 5.2, а на рис. 5.3 наведено відповідну діаграму його роботи, на якій позначено: 1-2 – ділянка стиснення газу; 2-3 – ділянка нагнітання стиснутого газу; 3-4 – ділянка розширення газу, який залишився в шкідливому просторі компресора; 4-1 – ділянка всмоктування газу в циліндр компресора;  $p_1$  ( $p_2$ ) – тиск у всмоктуючому (нагнітальному) трубопроводі;  $p_0$  – тиск в циліндрі компресора в момент відкриття всмоктуючого клапана.

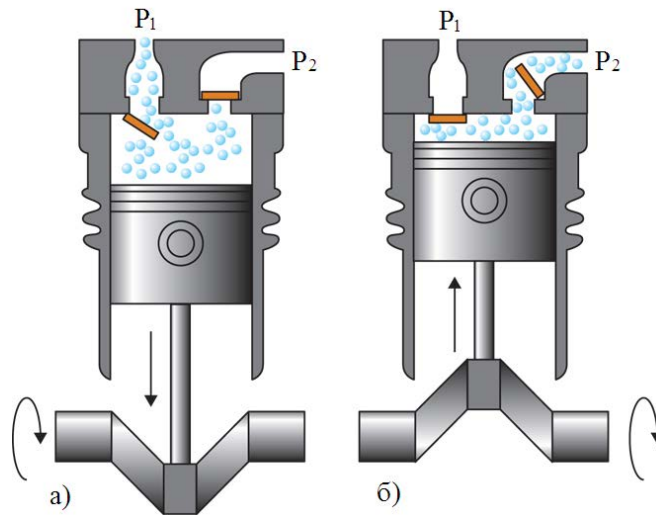


Рисунок 5.2 – Принцип роботи поршневого компресора

При русі поршня вниз (ділянка 3-4 на рис. 5.3) тиск в просторі між циліндром і поршнем  $p_0$  стає менше, ніж у всмоктуючому трубопроводі  $p_1$ , всмоктуючий клапан відкривається і газ потрапляє в циліндр (ділянка 4-1 на рис. 5.3). Коли поршень досягає крайнього нижнього положення, тиск в циліндрі і всмоктуючому трубопроводі практично вирівнюється і клапан під дією пружини притискається до сідла і перекриває отвір, що з'єднує порожнину циліндра із всмоктуючим трубопроводом. Протягом усього періоду всмоктування отвір нагнітального клапана закритий.

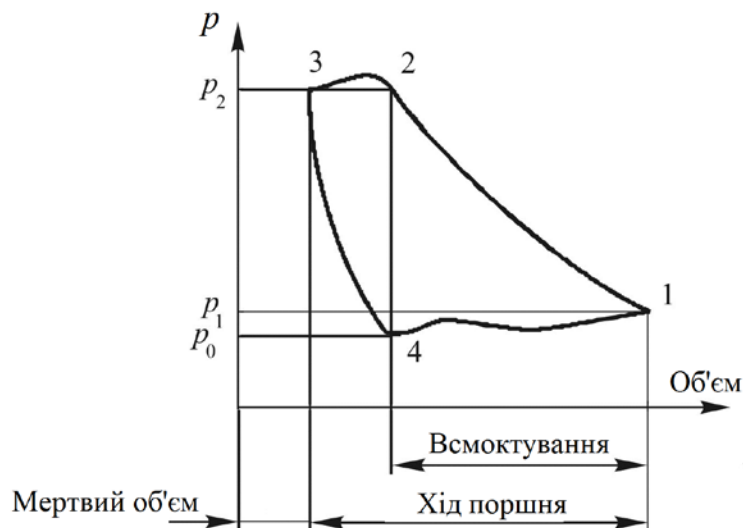


Рисунок 5.3 – Діаграма роботи поршневого компресора простої дії

При русі поршня вгору відбувається стиснення газу, що знаходиться в циліндрі (ділянка 1-2 на рис. 5.3), і коли тиск його стане більшим тиску в нагнітальному трубопроводі  $p_2$ , нагнітальний клапан відкриється і газ виштовхується з циліндра (ділянка 2-3 на рис. 5.3). Процеси всмоктування і нагнітання здійснюються за один оберт колінчастого вала.

Зовнішній вигляд компресорної установки зображено на рис. 5.4.



Рисунок 5.4 – Зовнішній вигляд компресорної установки:

- 1 – ресивер.
- 2 – компресор;
- 3 – приводний двигун;
- 4 – електроконтактний манометр;
- 5 – сенсор надлишкового тиску

Електроконтактний манометр – це пристрій, який використовується для вимірювання надлишкового тиску різноманітних робочих середовищ (рідин та газів) (рис. 5.5).



Рисунок 5.5 – Зовнішній вигляд електроконтактного манометра

Електроконтактні манометри забезпечують спрацювання груп контактів для нижньої та верхньої регульованих меж, у випадку переходу тиску середовища через мітки встановлених меж. Дані комутаційні контакти можуть бути використані в системі керування компресорною установкою.

Сенсор надлишкового тиску (рис. 5.6) може бути використаний для вимірювання тиску в ресивері, а також при реалізації замкненої системи керування для формування контуру зворотного зв'язку за тиском.



Рисунок 5.6 – Зовнішній вигляд сенсора надлишкового тиску

Технічні характеристики сенсора надлишкового тиску наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Технічні характеристики сенсора надлишкового тиску [15]

Найменування	Значення
Серія	ПД100-ДИ
Верхня межа вимірювання (ВМВ)	1,0 МПа
Тип нормуючого перетворювача	Мікропроцесорний
Клас точності	1,0 ( $\pm 1,0\%$ від ВМВ)
Номінальна напруга живлення	12..36 В
Тип вихідного сигналу	4...20 мА
Різьба штуцера	М 20×1,5
Граничні значення температур навколишнього середовища при експлуатації	-40...+85°C

Узагальнена структурна схема системи автоматичного регулювання тиску зображена на рис. 5.7.



Рисунок 5.7 – Структурна схема системи автоматичного регулювання тиску

**Електрична схема.** Приводний двигун компресорної установки отримує живлення від мережі змінного струму промислової частоти через перетворювач частоти (ПЧ) Altivar 28 (рис 5.8).

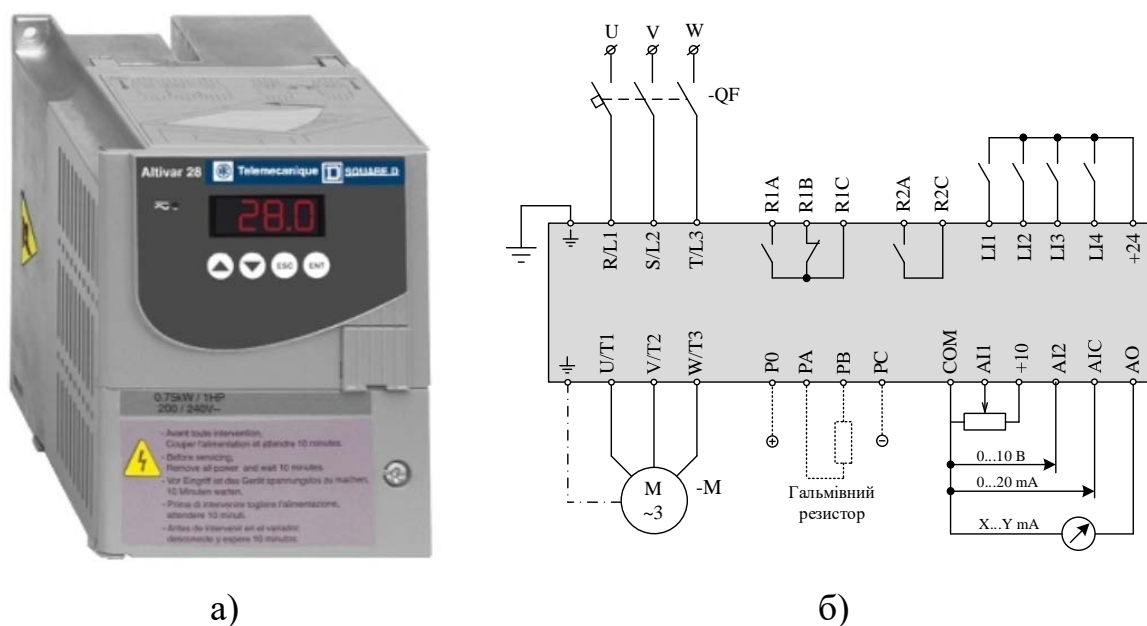


Рисунок 5.8 – Перетворювач частоти Altivar 28:  
 а) зовнішній вигляд;  
 б) схема підключення

Технічні характеристики перетворювача частоти наведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Технічні характеристики перетворювача частоти Altivar 28 [16]

Найменування	Значення
Тип	ATV28HU29N4
Номинальна вихідна потужність	1,5 кВт
Наруга живлення	трифазна (від 380 В до 500 В)
Частота напруги живлення	50 / 60 Гц $\pm$ 5%
Лінійний вхідний струм	6,5 А при напр. живлення 380 В 5,7 А при напр. живлення 500 В
Максимальна вихідна напруга	дорівнює напрузі мережі
Номинальний вихідний струм	4,1 А при 380 ...460 В 3,8 А при 500 В
Діапазон вихідної частоти	0,5...400 Гц
Максимальний перехідний вихідний струм	150% номінального струму перетворювача протягом 60 с

Схема підключення приводного двигуна компресорної установки зображена на рис. 5.9.

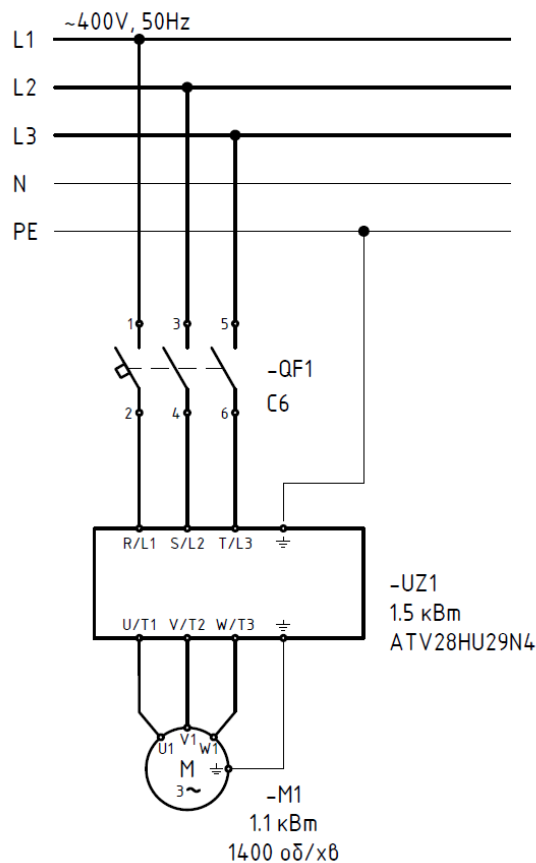


Рисунок 5.9 – Схема підключення приводного двигуна компресорної установки

Роботою компресорної установки керує програмоване реле LOGO!, схема його підключення зображена на рис. 5.10. Для розширення кількості аналогових входів та виходів використано відповідні аналогові модулі розширення:

- 1) LOGO! AM2 – модуль аналогових входів;
- 2) LOGO! AM2 AQ – модуль аналогових виходів.

Технічні характеристики зазначених модулів розширення наведені в табл. 5.3 та табл. 5.4.

Таблиця 5.3 – Технічні характеристики аналогового модуля розширення LOGO! AM2 [17]

Найменування	Значення
Номинальна напруга живлення	12/24 В DC
Допустимий діапазон напруги живлення	10,8...28,8 В DC
Споживаний струм	30 мА
Кількість аналогових входів	2
Діапазони вхідних сигналів: – напруга – струм	0...+10 В 0 (4)...20 мА
Ступінь захисту	IP20
Температура експлуатації	-20...+55°C

Таблиця 5.4 – Технічні характеристики аналогового модуля розширення LOGO! AM2 AQ [18]

Найменування	Значення
Номинальна напруга живлення	24 В DC
Допустимий діапазон напруги живлення	20,4...28,8 В DC
Кількість аналогових виходів	2
Діапазони вихідних сигналів: – напруга – струм	0...+10 В 0 (4)...20 мА
Ступінь захисту	IP20
Температура експлуатації	-20...+55°C

Дискретні та аналогові входи перетворювача частоти налаштовані так:

- LI1 – дозвіл на роботу;
- LI2 – скидання помилки перетворювача частоти;
- AI1 – задавач швидкості (0...10 В).

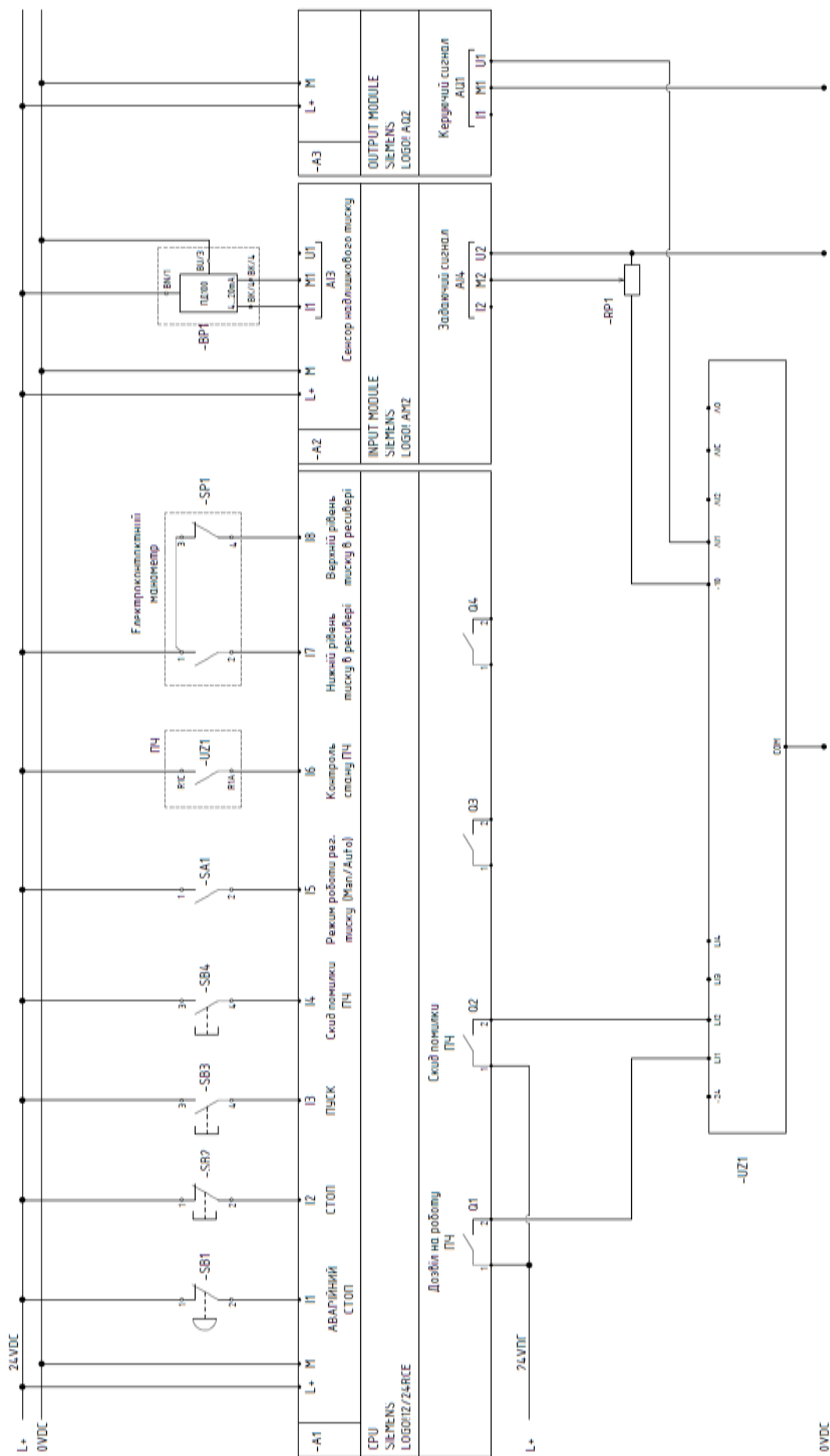


Рисунок 5.10 – Схема підключення програмованого реле LOGO! для керування компресорною установкою

На рис. 5.10 позначено: SB1 – кнопка АВАРІЙНИЙ СТОП; SB2 – кнопка СТОП; SB3 – кнопка ПУСК; SB4 – кнопка СКИД ПОМИЛКИ ПЧ; SA1 – перемикач режиму роботи регулятора тиску (OFF – ручний режим; ON – автоматичний режим); SP1 – електроконтактний манометр; BP1 – сенсор надлишкового тиску; RP1 – потенціометр; UZ1 – перетворювач частоти.

**Рекомендації до налаштування функції ПІ-регулятора в середовищі LOGO!Soft Comfort.** Функція ПІ-регулятора (рис. 5.11) дозволяє створювати прості замкнені контури регулювання. При цьому обидва типи регуляторів (пропорційний та інтегральний) можна використовувати окремо або їх комбінувати.

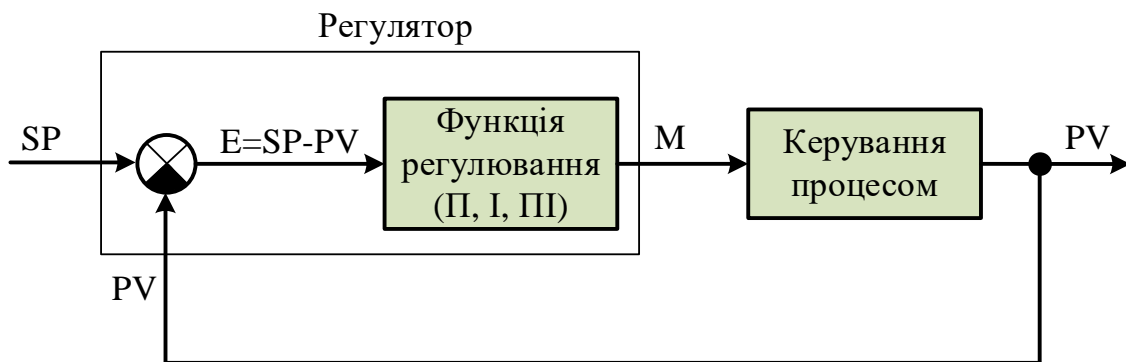


Рисунок 5.11 – Спрощена структурна схема регулятора [2]:  
 SP – задане значення (уставка);  
 PV – регульована величина (змінна процесу);  
 E – помилка контуру регулювання;  
 M – керуючий вплив

Опис входів, виходів та параметрів налаштувань функції ПІ-регулятора (рис. 5.12) наведено в табл. 5.5.

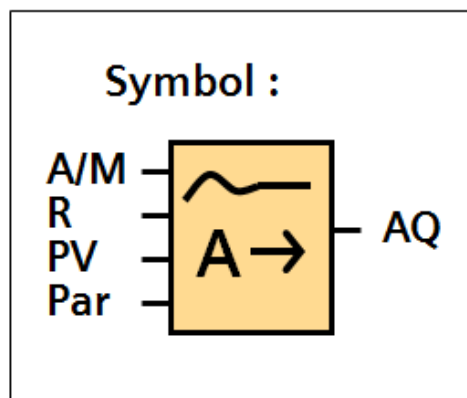


Рисунок 5.12 – Призначення входів та виходів функції ПІ-регулятора

Таблиця 5.5 – Опис входів, виходів та параметрів налаштувань функції ПІ-регулятора [2]

Входи / виходи	Опис
Вхід А/М (Auto/Manual)	Режим роботи регулятора: «1» – автоматичний режим «0» – ручний режим
Вхід R (Reset)	Активний високий рівень сигналу «1» на вході R встановлює вихід АQ в «0». Поки цей вхід встановлений, вхід А/М заблокований
Вхід PV (Process Variable)	Аналоговий вхід функції ПІ-регулятора, регульована величина (змінна процесу). Використовується для формування контуру зворотного зв'язку в автоматичному режимі роботи регулятора
Параметр Par	Min: мінімальне значення для PV Max: максимальне значення для PV Gain: підсилення для PV Offset: зміщення нульової точки для PV SP: задане значення Mq: значення виходу АQ в ручному режимі Kc: коефіцієнт підсилення регулятора, якщо Kc дорівнює нулю, то П-функція (пропорційний регулятор) не виконується Ti: час інтегрування, якщо Ti приймає значення 99:59 хв, то І-функція (інтегральний регулятор) не виконується Dir: напрям дії регулятора P: число розрядів після коми для представлення значень SP, PV, Min, Max в тексті повідомлення
Вихід АQ	Аналоговий вихід функції ПІ-регулятора, керуючий вплив

Вікно налаштування параметрів (Par) функції ПІ-регулятора зображено на рис. 5.12.

Функціонування ПІ-регулятора.

Якщо вхід А/М встановлений в «0», то спеціальна функція видає на виході АQ значення, обумовлене параметром Mq [2].

Якщо на вході А/М встановлюється активний високий рівень сигналу «1», то включається автоматичний режим роботи функції ПІ-регулятора. При цьому використовується оновлене значення PV [2]:

$$\text{Оновлене значення PV} = (\text{PV} * \text{Gain}) + \text{Offset}.$$

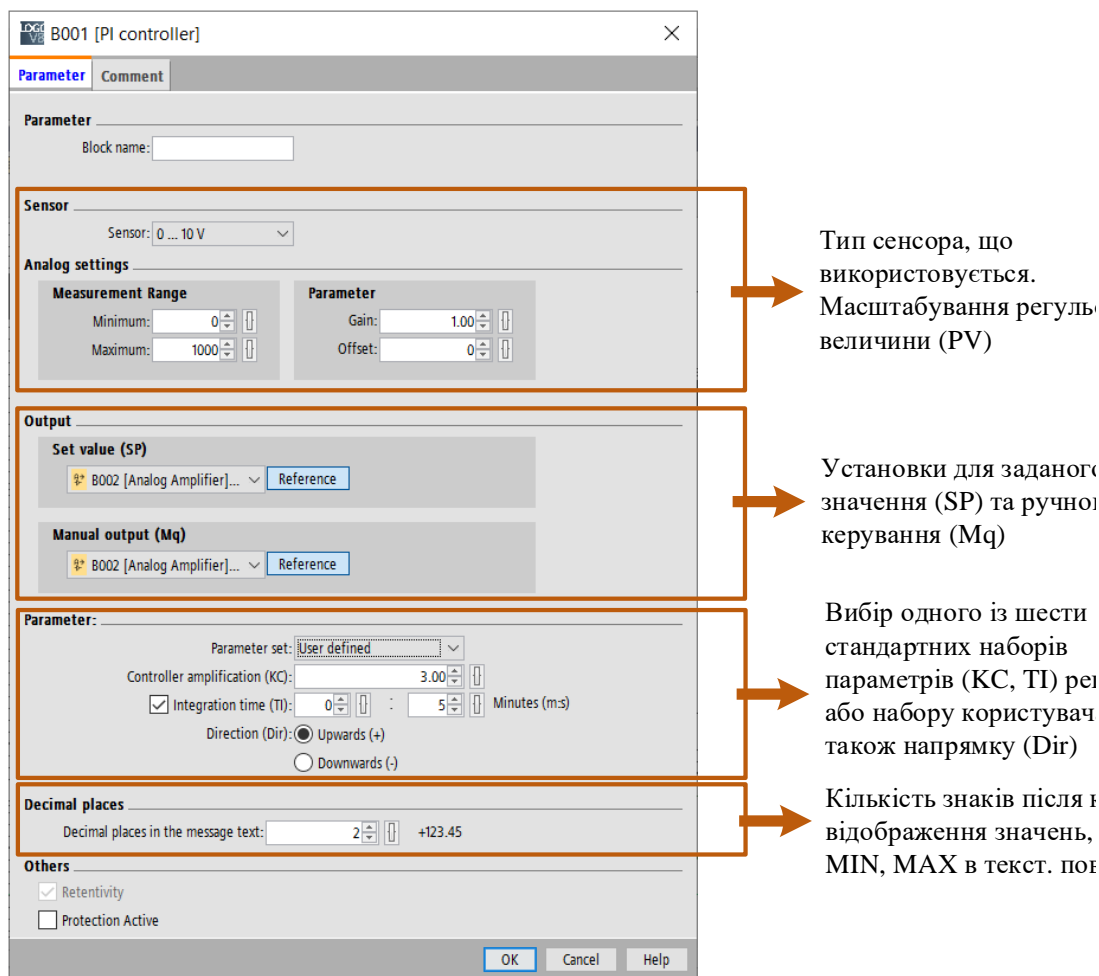


Рисунок 5.12 – Вікно налаштування параметрів функції ПІ-регулятора

Якщо оновлене значення  $PV = SP$ , то спеціальна функція не змінює значення  $AQ$ .

Dir вказує на збільшення «+» [2]:

а) якщо оновлене значення  $PV > SP$ , то спеціальна функція зменшує значення  $AQ$ ;

б) якщо оновлене значення  $PV < SP$ , то спеціальна функція збільшує значення  $AQ$ .

Dir вказує на зменшення «-» [2]:

а) якщо оновлене значення  $PV > SP$ , то спеціальна функція збільшує значення  $AQ$ ;

б) якщо оновлене значення  $PV < SP$ , то спеціальна функція зменшує значення  $AQ$ .

При наявності збурення  $AQ$  збільшується або зменшується до тих пір, поки оновлене значення  $PV$  не стане знову відповідати  $SP$ . Швидкість зміни  $AQ$  визначається параметрами  $KC$  і  $TI$ .

Якщо вхідне значення  $PV$  перевищує значення параметра  $MAX$ , то оновлене значення  $PV$  встановлюється рівним значенню  $MAX$ . Якщо  $PV$  менше значення параметра  $MIN$ , то оновлене значення  $PV$  встановлюється рівним значенню  $MIN$  [2].

Якщо на вході R встановлюється «1», то вихід AQ скидається в нуль. Поки вхід R встановлений в «1», вхід А/М відключений [2].

На рис. 5.13 наведено фрагменти часових діаграм процесу регулювання при різних умовах та налаштуваннях напрямку дії регулятора (параметр Dir):

1) ділянка 1 – збурююча дія призводить до зменшення PV, і оскільки Dir вказує на збільшення «+», то AQ збільшується до тієї пори, поки PV знову не буде відповідати SP;

2) ділянка 2 – збурююча дія призводить до зменшення PV, і оскільки Dir вказує на зменшення «-», то AQ зменшується до тієї пори, поки PV знову не буде відповідати SP.

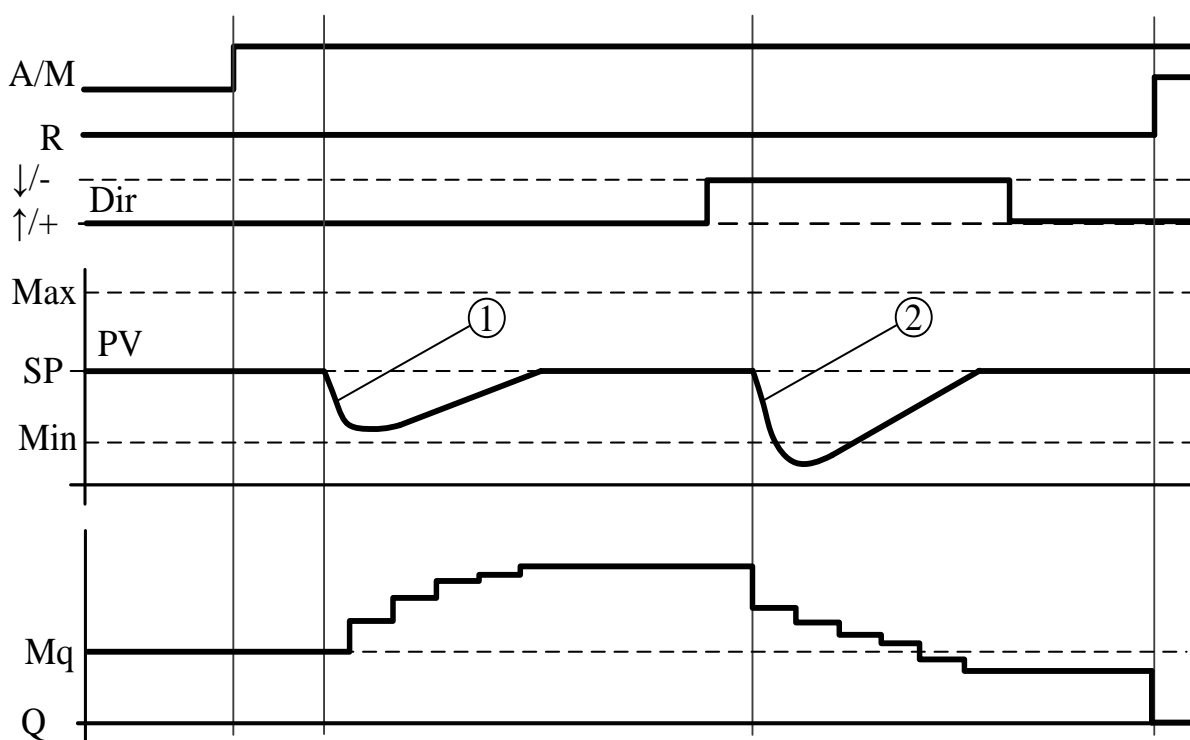


Рисунок 5.13 – Фрагменти часових діаграм процесу регулювання за допомогою функції ПІ-регулятора [2]

При перегляді комутаційної програми в режимі online-тестування або симуляції, програма LOGO! Soft Comfort відображає тренд ПІ-регулятора (рис. 5.14), показуючи стан входу PV, виходу AQ і параметра SP. Тренд відображає зміни в AQ і PV з плинном часу відносно SP. Інтервал вибірки часу можна конфігурувати, що дозволяє робити вибірки протягом необхідного інтервалу часу.

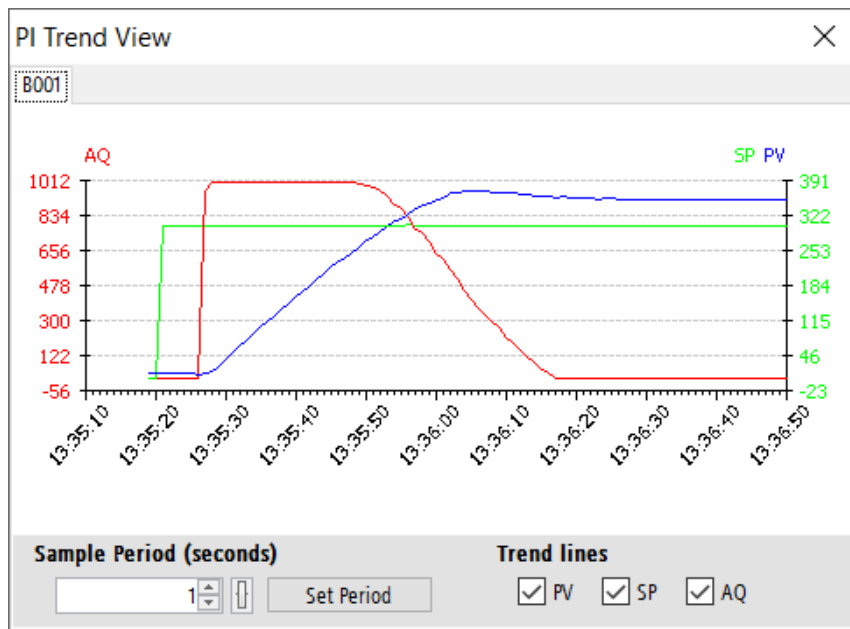


Рисунок 5.14 – Приклад тренду ПІ-регулятора

На рис. 5.15 наведено приклад програми з ПІ-регулятором.

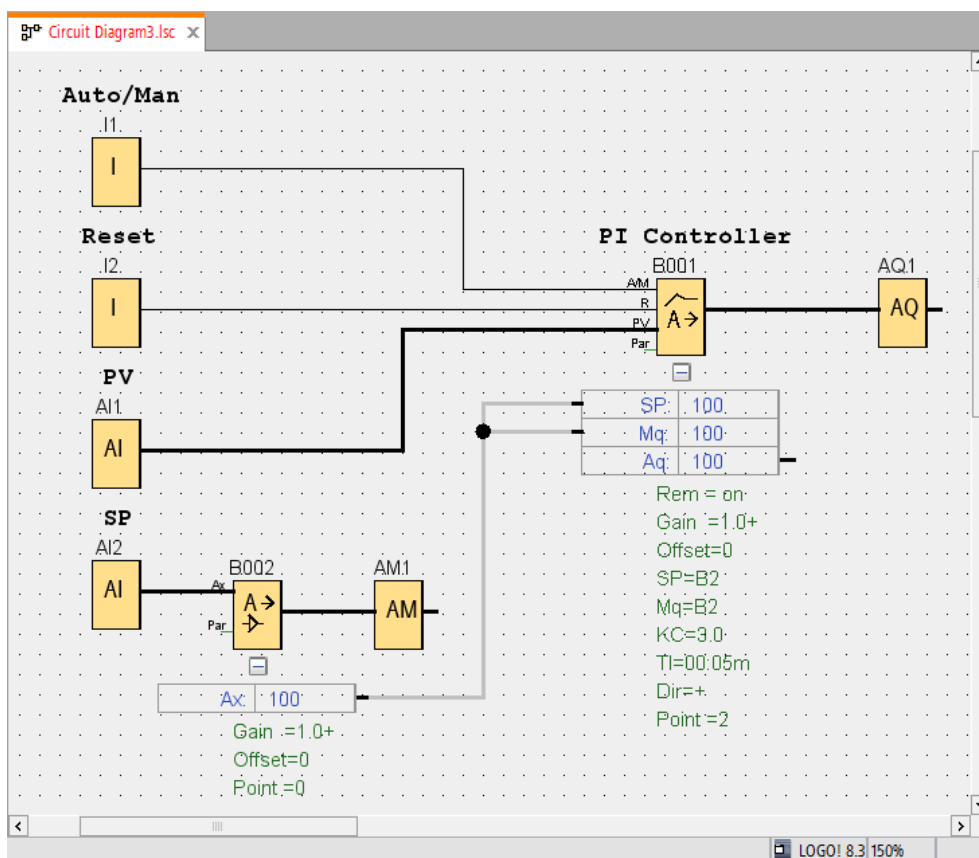


Рисунок 5.15 – Приклад програми з ПІ-регулятором

## Послідовність виконання роботи

1. Ознайомитися з теоретичними відомостями та технічними характеристиками аналогових модулів розширення [15, 16].

2. Для програмованого реле LOGO! розробити:

– програму керування компресорною установкою, яка б забезпечувала підтримання тиску в ресивері в заданому діапазоні значень від  $p_1$  до  $p_2$  (розімкнена система керування, діапазон зміни тиску визначається електроконтактним манометром);

– програму керування компресорною установкою, яка б забезпечувала підтримання сталого тиску в ресивері (замкнута система керування із зворотним зв'язком за тиском, верхній рівень тиску  $p_2$  обмежується електроконтактним манометром).

Примітка: При роботі з електроконтактним манометром слід мати на увазі, що стиснуте повітря подається в нагнітаючий трубопровід нерівномірно у вигляді імпульсів (див. рис. 5.3, ділянка 2-3). Як наслідок, це може призвести до появи брязкоту контактів манометра, що потрібно враховувати при розробці програми керування.

3. Перевірити коректність роботи розроблених програм в режимі симуляції.

## Контрольні запитання

1. Призначення та область застосування поршневих компресорів?
2. Принцип дії поршневого компресора?
3. Призначення та особливості роботи з аналоговими модулями розширення LOGO! AM2 та LOGO! AM2 AQ?
4. Загальна характеристика П, І та ІІІ-регуляторів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. LOGO Siemens SOFT COMFORT V8. URL: <https://samsnab.com.ua/avtomatika/simatic-siemens/siemens-logo/aksessuary-logo/444-6ed1058-0ba08-0ya1> (дата звернення: 19.05.2025).
2. LOGO!Soft Comfort Online Help. URL: [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/807/100782807/att\\_924632/v1/Help\\_en-US\\_en-US.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/807/100782807/att_924632/v1/Help_en-US_en-US.pdf) (дата звернення: 28.04.2025).
3. XCKN2110P20. URL: <https://telemecaniquesensors.com/cn/en/product/reference/XCKN2110P20> (дата звернення: 06.04.2025).
4. XS612B1PAL2. URL: <https://telemecaniquesensors.com/cn/en/product/reference/XS612B1PAL2> (дата звернення: 08.05.2025).
5. Синявський О. Ю., Савченко В. В., Бунько В. Я., Рамш В. Ю. Електропривод виробничих машин і механізмів : навч. посіб. Київ : ФОП Ямчинський О. В., 2020. 444 с.
6. Дереза О. О. Машини безперервного транспорту. Мелітополь : Таврійський державний агротехнологічний університет, 2016. 108 с.
7. Кобзєв О. В., Панасенко В. О., Авіна С. І., Дейнека Д. М. Машини безперервного транспорту в технологіях неорганічних речовин : навч. посіб. Харків : НТУ «ХП», 2019. 136 с.
8. Компактний блок оцінки для контролю швидкості DI103A. URL: <https://www.ifm.com/ua/uk/product/DI103A> (дата звернення: 09.05.2025).
9. ME 8104 кінцевий вимикач. URL: [https://www.acko.ua/e-store/xml\\_catalog/kintsevi\\_vimikachi\\_serii\\_me/19696/](https://www.acko.ua/e-store/xml_catalog/kintsevi_vimikachi_serii_me/19696/) (дата звернення: 30.04.2025).
10. Сигналізатор рівня СУМ-1 У2, 220-230 V AC. URL: <https://electrokom.kiev.ua/product/signalizator-urovnya-sum-1-u2?srsId=AfmBOorfwi0agWDD28O8s-fZghYr46-6UpigSHRFkA45sMfxLDNulI> (дата звернення: 25.04.2025).
11. LOGO! TDE text display. URL: <https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Product/6ED1055-4MH08-0BA1> (дата звернення: 06.05.2025).
12. LOGO! DM8 12/24R expansion module. URL: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/?mlfb=6ED1055-1MB00-0BA2&SiepCountryCode=WW> (дата звернення: 06.05.2025).
13. Бондаренко Г. А., Кирик Г. В. Компресорні станції : підручник. Суми : Сумський державний університет, 2016. 385 с.
14. Холоменюк М. В. Компресорні установки : навч. посіб. Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2013. 51 с.
15. Перетворювач тиску ПД100-ДИ1,0-111-1,0. URL: <https://luxelectro.com.ua/uk/peretvoryuvach-tisku-oven-pd100di1-01111-0-detail.html> (дата звернення: 15.05.2025).

16. ATV28HU29N4. URL: <https://www.se.com/th/en/product/ATV28HU29N4/adjustable-speed-drive-atv28h-with-heat-sink-1-5-kw-class-a-emc-filter/> (дата звернення: 18.04.2025).

17. LOGO! AM2 expansion module. URL: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/Catalog/Product/?mlfb=6ED1055-1MA00-0BA2&SiepCountryCode=WW> (дата звернення: 22.04.2025).

18. LOGO! AM2 AQ expansion module. URL: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/Catalog/Product/?mlfb=6ED1055-1MM00-0BA2&SiepCountryCode=WW> (дата звернення: 24.04.2025).

*Електронне навчальне видання*

**Сергій Миколайович Бабій  
Микола Миколайович Мошноріз**

**Методичні вказівки до виконання практичних робіт  
з дисципліни «Автоматизований електропривод  
типових виробничих механізмів»  
зі спеціальності «Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка»**

Рукопис оформив *С. Бабій*

Редактор *Н. Кравчук*

Оригінал-макет виготовлено в *PBB ВНТУ*

Підписано до видання 20.10.2025 р.

Гарнітура Times New Roman.

Зам. № P2025-150

Видавець та виготовлювач  
Вінницький національний технічний університет,  
Редакційно-видавничий відділ.

ВНТУ, ГНК, к. 114.

Хмельницьке шосе, 95,

м. Вінниця, 21021.

**[press.vntu.edu.ua](mailto:press.vntu.edu.ua)**;

E-mail: [rvv.vntu@gmail.com](mailto:rvv.vntu@gmail.com)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.