

Вінницький національний технічний університет  
Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на  
транспорті

## **Пояснювальна записка**

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему: «Підвищення ефективності побудови систем автоматизації з  
використанням логічного контролера Zelio»

Виконав: студент 2 курсу, групи ЕПА-18м  
спеціальності 141 – Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка

Агілера Рохас Сесар Рафаель

(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доц., Паянок О. А.

(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Вінниця – 2019 року

Факультет Електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра Електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті  
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр  
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
Освітня програма Електромеханічні системи автоматизації та електропривод

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри**

д.т.н., проф.  
В. М. Кутін  
“\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**  
Агілері Рохасу Сесару Рафалю  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності побудови систем автоматизації з використанням логічного контролера Zelio

керівник роботи Паянок Олександр Анатолійович, к.т.н., доцент каф. ЕМСАПТ  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20 року №\_\_\_

2. Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи Лабораторний стенд для дослідження автоматичних систем керування з використанням ПЛК Zelio (ауд. 4111), напруга живлення – 220 В, тип виконавчого механізму – МЕО 40/63 – 0.25.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Загальні принципи побудови систем автоматичного керування з використанням ПЛК Zelio; 2. Вибір виконавчого механізму та регулюючого органу; 3 Розробка програми контролера Zelio для типових задач автоматизації технологічних процесів; 4. Розробка методичних вказівок до виконання лабораторної роботи на стенді для дослідження плк Zelio; Економічна частина; Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Загальна характеристика стенда для дослідження програмованого логічного контролера Zelio.
2. Схема електрична принципова стенда.
3. Схема електрична принципова імітатора сигналів.
4. Вибір виконавчого механізму.
5. Система регулювання температури з застосуванням логічного модуля Zelio.
6. Програма регулятора температури ПЛК Zelio на мові LD

7. Програма регулятора температури ПЛК Zelio на мові FBD
8. Програма ПЛК Zelio для управління автоматизованою мішалкою
9. Програма ПЛК Zelio управління молотковою дробаркою
10. Програма ПЛК Zelio управління установкою первинного зберігання молока

#### 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Паянок О.А., к.т.н., доц.		
Економічна частина	к. е. н., доц., Мельничук Л. М.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О.В., д.пед.н., проф., зав. каф. БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Формування та затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)		
2	Виконання спеціальної частини МКР. Перший рубіжний контроль виконання МКР		
3	Виконання спеціальної частини МКР. Другий рубіжний контроль виконання МКР		
4	Виконання розділу «Охорона праці»		
5	Попередній захист МКР		
6	Нормоконтроль МКР		
7	Рецензування МКР		
8	Захист МКР		

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Агілера Рохас Сесар Рафаель  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Паянок О.А.  
(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	5
1 ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЛК ZELIO .....	9
1.1 Загальна структура систем автоматичного регулювання .....	9
1.2 Аналіз обладнання лабораторного стенда для дослідження програмованого логічного контролера Zelio.....	13
1.3 Засоби сигналізації стенда для дослідження програмованого логічного контролера Zelio. Постановка задач роботи .....	18
2 ВИБІР ВИКОНАВЧОГО МЕХАНІЗМУ ТА РЕГУЛЮЮЧОГО ОРГАНУ .....	20
2.1 Загальна характеристика виконавчих механізмів та регулюючих органів систем автоматичного керування.....	20
2.2 Вибір виконавчого механізму, розробка схеми підключення.....	28
3 РОЗРОБКА ПРОГРАМИ КОНТРОЛЕРА ZELIO ДЛЯ ТИПОВИХ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ .....	34
3.1 Розробка функціональної схеми автоматизації технологічного процесу .....	34
3.2 Розробка програми ПЛК Zelio .....	35
4. РОЗРОБКА МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ НА СТЕНДІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛК ZELIO НА ПРИКЛАДІ ТИПОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ	39
4.1 Розробка системи управління автоматизованою мішалкою .....	45
4.2 Розробка системи управління молотковою дробаркою .....	50
4.3 Розробка системи управління установкою первинного зберігання молока .....	54
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....	61

5.1 Розрахунок капітальних вкладень.....	61
5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат.....	62
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	67
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта.....	67
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	69
5.2.1 Мікроклімат.....	69
5.2.2 Склад повітря робочої зони.....	70
5.2.3 Виробниче освітлення.....	71
5.2.4 Виробничий шум.....	72
5.2.5 Виробничі вібрації.....	74
5.3 Пожежна безпека.....	75
ВИСНОВКИ.....	78
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	79
Додаток А Технічне завдання.....	81
Додаток Б Ілюстративні матеріали.....	84

## ВСТУП

**Актуальність.** Головним напрямом автоматизації в промисловості та агропромисловому комплексі на сучасному етапі є створення комп'ютерно-інтегрованих виробництв. За кордоном ця концепція одержала назву CIMS (Computer Integrated Manufacturing System). Основою систем автоматизації нині стали функціональні можливості мікропроцесорних систем керування, при створенні яких вирішальну роль відіграють такі фактори, як використання принципів інтеграції, розподіленого керування, програмних комплексів. Слід додати, що при автоматизації виробництва об'єктом є не окремий технологічний процес чи агрегат, а технологічний комплекс (ТК) із складними взаємозв'язками між його підсистемами [1]. Сучасні системи автоматизації на базі мікропроцесорних пристроїв та ЕОМ мають широкі функціональні можливості й досконалі технічні характеристики, які забезпечують:

- підвищення надійності та живучості,
- швидкодію,
- візуалізацію та оперативність керування,
- збільшення кількості входів-виходів та продуктивності об'єкту,
- поліпшення комфортності праці оператора.

Якщо людина не бере участі у формуванні управляючої дії, керування називається автоматичним. У складних системах і ситуаціях прийняття остаточних рішень щодо керування залишається за людиною (оператором – особою, яка приймає рішення), тоді керування є автоматизованим. Відповідно до цього системи називаються автоматичними чи автоматизованими. В першому випадку за людиною залишаються лише функції по обслуговуванню системи і контролю за її функціонуванням. В другому – технічні засоби забезпечують людину оперативною інформацією, але остаточне рішення та формування управліннь, приймає вона сама. Автоматичне керування і відповідно автоматичні системи є більш

досконалыми, вони знаходяться на вищому ступені розвитку. Але складні системи в комп'югерно-інтегрованому виробництві часто не мають простих однозначних варіантів роботи, в них завжди є високий рівень невизначеності, тому вони і функціонують як автоматизовані.

Автоматизація, можлива на основі керуючих приладів, що відносяться до пристроїв вбудованих систем управління. Основними представниками даної категорії є промислові логічні контролери (ПЛК) та програмовані реле (ПР). Характерними особливостями промислових логічних контролерів є велика кількість вхідних та вихідних каналів, наявність системної шини, блочна структура компонування, значні об'єми пам'яті. Область використання ПЛК - управління складними технологічними процесами. Широкий спектр можливостей обумовлює високу ціну таких приладів, що робить економічно недоцільним їх використання для загальної автоматизації лабораторного стендового обладнання. Програмовані реле, на відміну від ПЛК, орієнтовані на автоматизацію локальних задач технологічних процесів, тому мають відносно невелику кількість каналів дискретно-аналогового вводу-виводу керуючих сигналів та сигналів зворотного зв'язку. Компактні габарити, універсальність, широкі комунікаційні можливості, легкість монтажу та програмування роблять прилади цього типу зручними для задач автоматизації. Сучасний ринок приладів для автоматизації пропонує велику кількість програмованих реле провідних світових виробників: Moeller EASY, Siemens LOGO, Mitsubishi Alpha, Schneider Electric Zelio Logic та інші.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Робота виконувалася на кафедрі електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті ВНТУ.

**Мета і завдання дослідження.** Метою даної магістерської кваліфікаційної дипломної роботи є вирішення задачі збільшення функціональних можливостей стенда для дослідження автоматичних систем керування з використанням ПЛК Zelio. Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- здійснити аналіз принципів побудови систем автоматичного керування;
- здійснити вибір виконавчого механізму та регулюючого органу;
- розробити програми для розв'язання типових задач автоматичного регулювання з використанням ПЛК Zelio;
- дослідити можливості ПЛК Zelio в галузі розробки систем автоматизації на прикладі заданих технологічних процесів;
- здійснити визначення заходів щодо безпечної експлуатації системи автоматизації.

**Об'єкт дослідження** – процеси автоматичного керування в типових технологічних установках.

**Предмет дослідження** – роботи є апаратно програмний комплекс, який реалізує задачі автоматизації з використанням ПЛК Zelio.

**Методи дослідження.** У процесі дослідження застосовувалися:

- методи теорії автоматичного керування для структурного аналізу системи керування та синтезу регуляторів;
- теорія алгоритмів для написання та налагодження програми роботи ПЛК;
- комп'ютерне моделювання для аналізу та перевірки достовірності отриманих теоретичних положень;
- теорія чисельних методів для синтезу параметрів регулятора.

**Наукова новизна одержаних результатів.**

Здобув подальший розвиток метод дослідження ПЛК Zelio для розв'язання задач автоматизації технологічних процесів та комплексів, в умовах лабораторії систем автоматизації Schneider Electric (ауд. 4111).

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в тому, що на основі отриманих теоретичних положень розроблено програмні засоби, зокрема:



- розроблені функціональна схема та програма для автоматизації зміщувальної установки;
- розроблені функціональна схема та програма для автоматизації молоткової дробарки;
- розроблені функціональна схема та програма для автоматизації установки для первинного зберігання молока.

**Достовірність теоретичних положень** магістерської кваліфікаційної роботи підтверджується строгістю постановки задач, коректним застосуванням математичних методів під час доведення наукових положень, строгим виведенням аналітичних співвідношень, порівнянням результатів, отриманих за допомогою розроблених у роботі методів, з відомими, та збіжністю результатів математичного моделювання з результатами, що отримані під час практичної апробації в лабораторних умовах.

#### **Апробація результатів роботи.**

Основні положення й результати досліджень доповідалися й обговорювалися на науково-технічній конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (МН-2019).

# 1 ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЛК ZELIO

## 1.1 Загальна структура систем автоматичного регулювання

При здійсненні процесу керування часто доводиться спочатку відшукувати потрібний режим роботи, а потім його підтримувати. В окремих випадках для простих об'єктів значення технологічних змінних (параметрів) задаються наперед, тоді системи називаються автоматичними системами регулювання (АСР).

Розглянемо більш детально структуру АСР як перший рівень ієрархічних систем керування (рисунок 1.1,а).

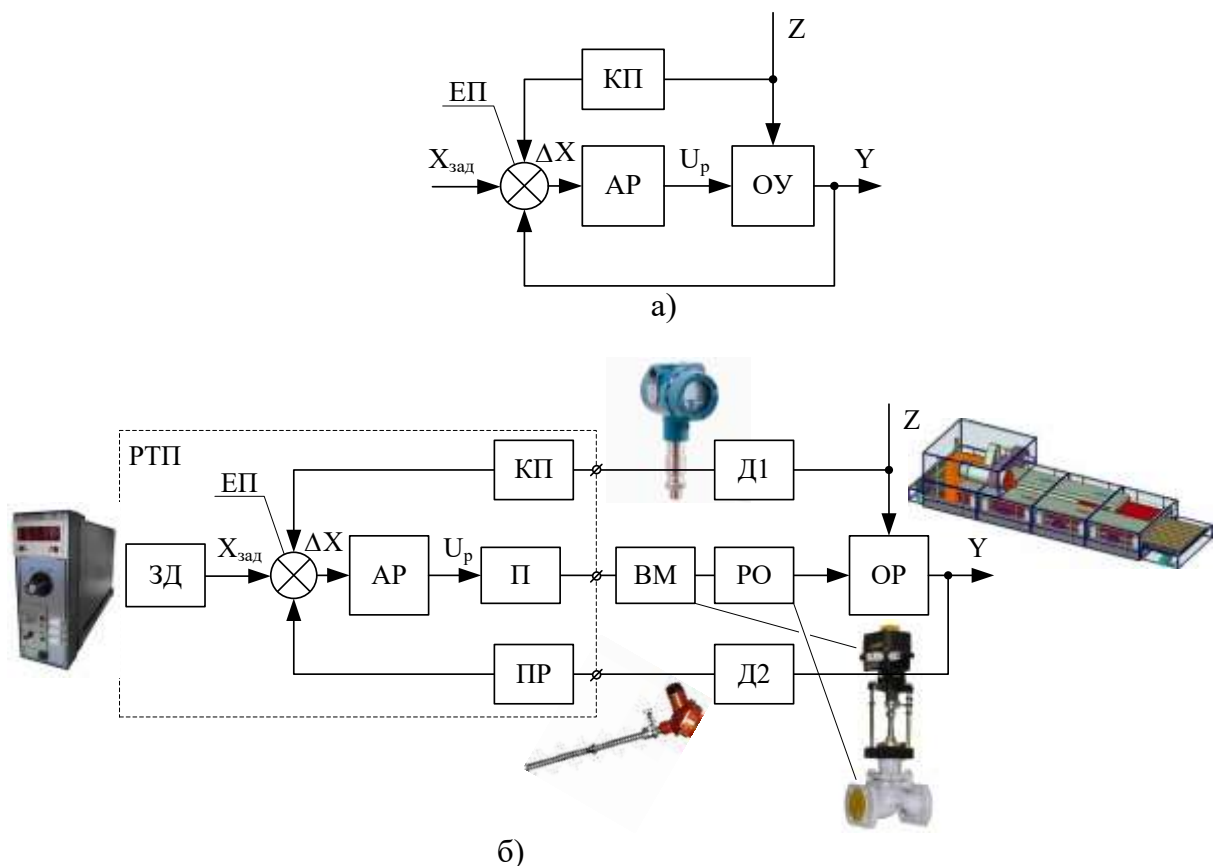


Рисунок 1.1 – Структура комбінованої автоматичної системи регулювання  
(з регулюванням за збуренням та за відхиленням)

Об'єкт керування (регулювання) ОР – технологічний процес чи агрегат, в якому відбуваються перетворення речовини, хімічні реакції, тепло- та масообмін, переміщення речовин тощо з метою одержання продукту або напівпродукту заданої якості в необхідній кількості. Стан об'єкта характеризується сукупністю технологічних параметрів (температура, тиск, рівень...), який позначимо вектором  $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$ . В окремому випадку  $n=1$ , а  $Y$  є скаляром. Усі ці параметри відносно об'єкта – вихідні, а для системи регульовані. В реальних умовах на об'єкт завжди впливають збурення - дії, що порушують його режим роботи. Позначимо вектор збурень  $Z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_m)$ . Зазначимо, що серед них є вимірювані й невимірювані величини. До перших належать значення витрати, температури потоків, вмісту певних речовин у потоці тощо, до других – зміна умов тепло-та масообміну, коефіцієнтів хімічних реакцій і т.д.

Природно, дію шкідливих збурень необхідно компенсувати (парирувати) за рахунок спеціально створюваних управляючих дій, до яких відносять зміни потоків речовин, енергоносіїв та ін. Ці дії формуються спеціальним пристроєм. В АСР – це автоматичний регулятор (regulator) АР, яких може бути кілька – за кількістю регульованих величин  $Y$ . Тоді керування  $U$  являє собою вектор  $U = (U_1, U_2, \dots, U_k)$ . Автоматичний регулятор АР формує керування  $U_p$  як функцію сигналу, що залежить від  $Y$ , його заданого значення  $X_{зад}$  та збурення  $Z$ , яке надходить через компенсуючий пристрій КП. Структуру АСР можна при потребі деталізувати. На рисунку 1.2, б додатково показані датчики (пристрої для вимірювання) Д1 і Д2, за допомогою яких відповідно вноситься інформація про значення  $Z$  та  $Y$ , виконавчий механізм ВМ (executive mechanism) і регулюючий орган РО (regulation armature), що формують дії на об'єкт. Задане значення  $X_{зад}$  може вводиться на елемент порівняння ЕП за допомогою спеціального задатчика ЗД, ПР – перетворювач. В сучасних регуляторах технологічних параметрів (РТП) поєднані перетворювач, компенсуючий пристрій, задатчик ЗД, елемент порівняння, власне автоматичний регулятор та підсилювач П.

Процес функціонування АСР полягає в тому, що система повинна забезпечувати найкраще виконання двох умов: з максимальною точністю підтримувати  $X$  і повністю компенсувати (парирувати) збурення  $Z$ . Але це "ідеальна" система, а у реальних наближення до ідеальної оцінюється рядом показників, серед яких основним є похибка (непогодження)  $\Delta X = X_{\text{зад}} - Y$ . Математична модель такої системи представляється за двома каналами: задання-вихід та збурення-вихід [2].

Математична модель системи регулювання по каналу задання-вихід:

$$\begin{cases} Y(p) = \Delta X(p) \cdot W_{AP}(p) \cdot W_{II}(p) \cdot W_{BM}(p) \cdot W_{PO}(p) \cdot W_{OY}(p); \\ \Delta X(p) = X_{\text{зад}}(p) - Y(p) \cdot W_{D2}(p) \cdot W_{IP}(p); \\ Z(p) = 0. \end{cases}, \quad (1.1)$$

де  $W(p)$  – передавальна функція відповідного елементу структурної схеми.

Передавальна функція АСР після перетворень системи (1.1) матиме вигляд:

$$W_{ACR}(p) = \frac{Y(p)}{X_{\text{зад}}(p)}; \quad (1.2)$$

$$W_{ACR}(p) = \frac{W_{AP}(p) \cdot W_{II}(p) \cdot W_{BM}(p) \cdot W_{PO}(p) \cdot W_{OY}(p)}{1 + W_{AP}(p) \cdot W_{II}(p) \cdot W_{BM}(p) \cdot W_{PO}(p) \cdot W_{OY}(p) \cdot W_{D2}(p) \cdot W_{IP}(p)}.$$

Математична модель системи регулювання по каналу збурення-вихід:

$$\begin{cases} Y(p) = W_{OYZ}(p) \cdot Z(p); \\ \Delta X(p) = Y(p) \cdot W_{D2}(p) \cdot W_{IP}(p) + Z(p) \cdot W_{KP}(p); \\ X_{\text{зад}}(p) = 0. \end{cases}, \quad (1.3)$$

де  $W_{OYZ}(p)$  – передавальна функція об'єкту керування за каналом збурення-вихід.

Класи завдань (reference) систем керування:

1. Підтримання на заданому рівні технологічних параметрів або функцій від них (завдання стабілізації).

2. Змінювання технологічних параметрів за певною програмою чи у відповідності з виконанням деяких умов (програмно-логічне керування).

3. Компенсація збурень, що діють на технологічні змінні об'єкти (його координати). Компенсація небажаних змін властивостей об'єкта, що проявляються в процесі керування.

4. Координація взаємодії елементів об'єкта. Це завдання набуває особливого значення для технологічних комплексів, коли функціонування окремих агрегатів неможливе без взаємного врахування умов роботи інших.

Системи стабілізації повинні забезпечувати близькість поточного значення координат (параметрів) до її заданого значення та оцінку точності такого наближення.

У системах програмного керування "близькість" поточного значення оцінюється при зміні завдання (програми). В системах стабілізації й програмного керування задані значення координат відомі» але у першому випадку вони постійні на тривалих інтервалах часу, в другому - змінюються за програмою.

У системах слідкуючого керування задані (потрібні) значення координат є випадковими величинами, а саме завдання - функцією довільного виду, яка наперед відома.

Системи екстремального керування повинні забезпечувати пошук та утримання такого режиму роботи об'єкта, який відповідає екстремуму його статичної характеристики, наприклад, максимальному тепловиділенню для теплогенераторів.

Системи оптимального керування забезпечують найкращий режим роботи об'єкта в існуючих умовах (при певних ресурсах і обмеженнях), що оцінюється кількісно за допомогою комплексного показника якості (критерію оптимальності).

## 1.2 Аналіз обладнання лабораторного стенда для дослідження програмованого логічного контролера Zelio

Електричну схему стенда для дослідження програмованого логічного контролера Zelio зображено в додатку Б, а зовнішній вигляд стенда на рисунку 1.2. Стенд №2 розміщений в лабораторії систем автоматизації Schneider Electric. Загальний план лабораторії та місце розташування стенда зображено на рисунку 1.3.



Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд стенда для дослідження програмованого логічного контролера Zelio

До складу стенда входять такі апаратні та програмні компоненти:

1. Автоматичний вимикач GV2L08;
2. Пристрій плавного пуску і зупинки Altistart 01 ATSU01N206LT;
3. Пост кнопоквий + контактор в корпусі LE1M35Q7;

4. Блок живлення 220/24 ABL7RE2401;
5. Інтелектуальне реле Zelio SR3B261BD;
6. Модуль розширення Modbus SR3MBU01BD;
7. Кабель для моніторингу/програмування SR2CBL01 (COM);
8. Кабель для моніторингу/програмування SR2CBL06 (USB);
9. Перемикач режимів роботи пристрою плавного пуску;
10. Пост кнопоквий зовнішнього керування пристроєм плавного пуску;
11. Імітатор входів/виходів інтелектуального реле;
12. Електродвигун асинхронний АИР 56 В4 У3 0,18 кВт, 1480 хв<sup>-1</sup>;
13. Програмне забезпечення ZelioSoft 2 v 4.2.

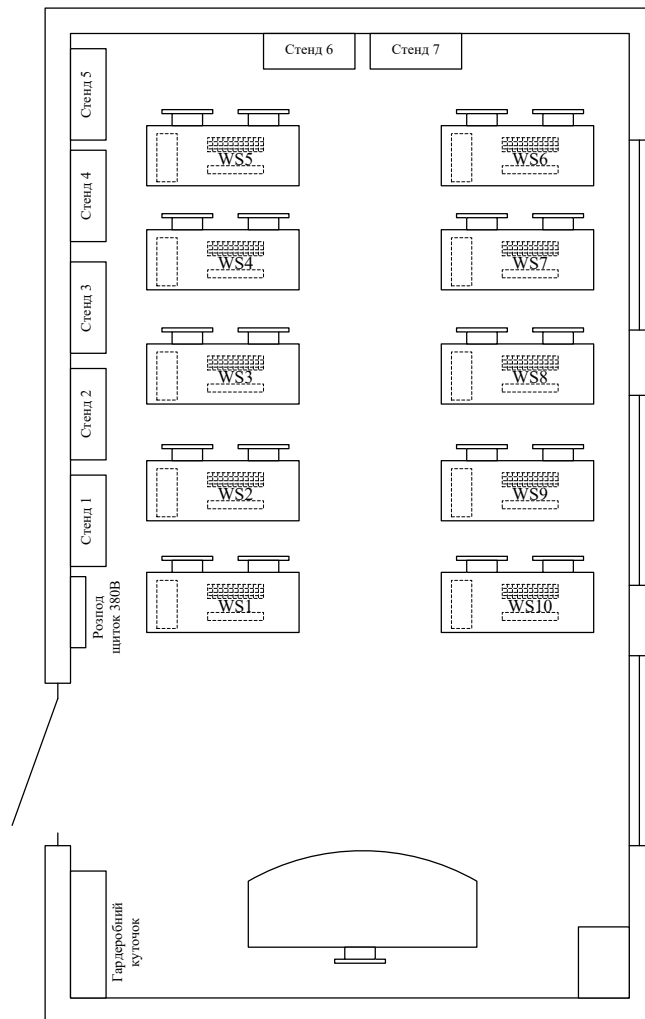


Рисунок 1.3 – Загальний план лабораторії систем автоматизації

Schneider Electric

З використанням даного стенда можна робити такі лабораторні роботи: «Дослідження пристрою плавного пуску та зупинки Altistart 01» та «Розробка систем малої автоматики на базі інтелектуального реле Zelio Logic».

В невеликих за об'ємом та функціями системах автоматики та автоматизації для переведення їх на вищий рівень з можливістю додаткового енергозбереження, збільшення надійності і надання гнучкості, використовуються програмовані інтелектуальні реле або наноконтролери. До таких пристроїв відносяться мікропроцесорні логічні модулі класу Zelio Logic, Logo!, Easy, FAB та ін. різноманітних виробників [3]. Вказані модулі невибагливі в монтажі, надійні, середовище для їх програмування (programming) доволі зрозуміле та не потребує спеціальних знань та навиків програмування.

Одним з найбільш часто застосовуваних логічних модулів при автоматизації нескладних машин циклічної дії з дискретною дією (іригаційні та меліораційні системи, насосні та вентиляційні установки, теплиці і т. д.) є Zelio Logic (рисунок 1.4). Відомі його застосування і в невиробничій сфері при автоматизації систем кондиціонування повітря, систем контролю доступу та освітлення, автоматичного паркінгу тощо [8].

Розрізняють модульні та компактні контролери (controllers) Zelio Logic, які відрізняються можливістю нарощення структури шляхом додавання модулів розширення (входів/виходів, додаткових комунікацій, модему – в цілому до 40 модулів). В контролерах компактного виконання така можливість відсутня. Характеристика модулів наведена в таблиці 1.1.

Кількість входів/виходів вказаних контролерів може становити 10, 12, 20 або 26 залежно від модифікації, а живлення забезпечується напругою 12 В або 24 В DC або 24 В, 127 В, 220 В AC. Напруга живлення, наявність дисплею на лицевій панелі контролера та функціональних клавіш, наявність аналогових входів, оснащення його годинником реального часу, картою пам'яті також визначається його модифікацією. Модифікацію контролера зручно вибрати/змінити під час розробки програми його функціонування.



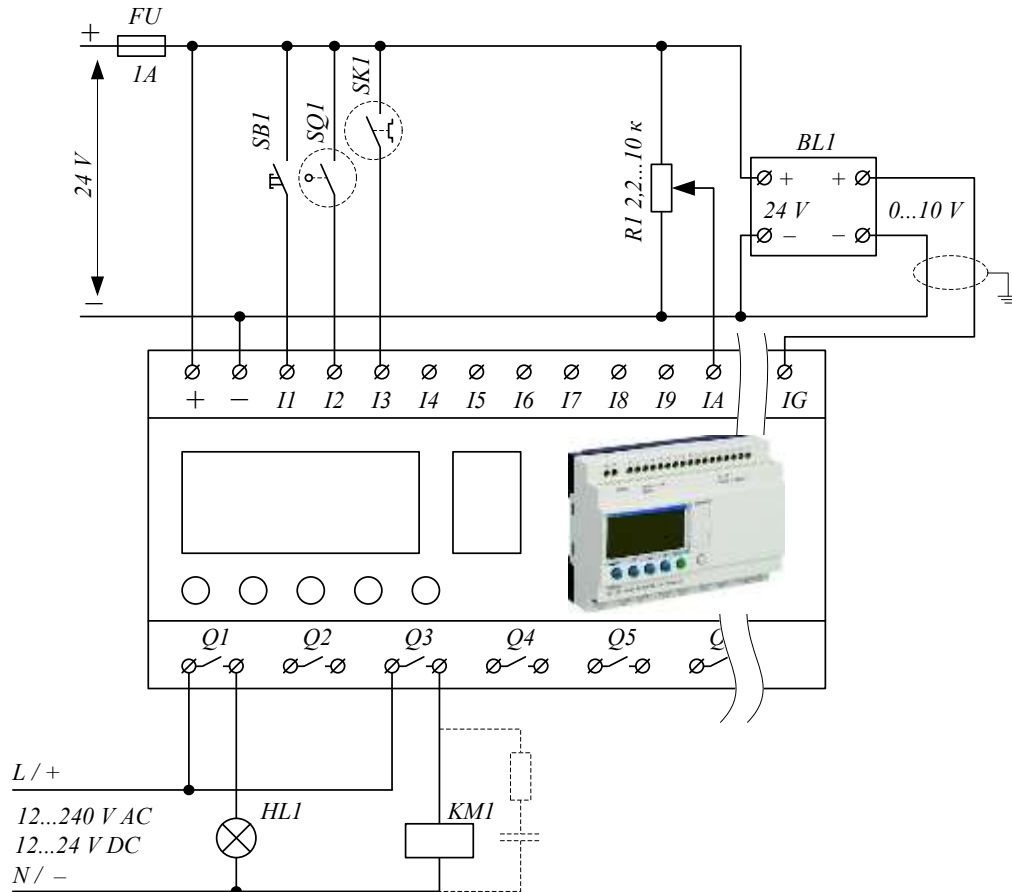


Рисунок 1.4 – Схема підключення зовнішніх пристроїв до логічних модулів Zelio

Важливим етапом втілення контролерів в системи управління технологічними процесами є розробка їх програми функціонування. Вона створюється за допомогою спеціального середовища розробки (development environment) відповідно до особливостей технологічного процесу, вибраного типу базового модуля та модулів розширення згідно з необхідною кількістю входів/виходів. Тому при проектуванні таких систем важливо оволодіти методикою розробки програм контролерів та основними інструментами середовища розробки (development environment). Контролер Zelio SR3B261BD має 16 дискретних входів в тому числі 6 з них можуть використовуватись, як аналогові 0-10В, також присутній годинник реального часу та дисплей, кількість виходів в 10, всі виходи релейні. Маса контролера становить 400 г.

Таблиця 1.1 – Характеристики модулів Zelio Logic

Параметр		Од. вимір.	Значення
Блоки живлення	Номінальна напруга	В	12, 24, 220
	Допустиме відхилення напруги	В	± 4
	Номінальний споживаний струм (з розширеннями)	мА	280 (415)
	Потужність розсіювання	ВА	до 10
	Короткочасне відключення	мс	до 10
Дискретні входи	Номінал входів: напруга / струм,	В / мА	24 / 4,4
	Граничний рівень комутації входів: в стані 1 в стані 0	В, А В, А	>14, >2 < 5, < 0,5
	Швидкість відклику	мс	50
	Захист від неправильного підключення	–	наявний
Аналогові входи ІВ...ІГ	Діапазон входних напруг	В	0...10 / 24
	Вхідний опір	кОм	12
	Максимальна напруга	В	до 30
	Значення молодшого біта	мВ	39
	Перетворення: дозвіл швидкість	біт мс	8 6 (цикл)
	точність	%	± 5
	повторюваність	%	± 2
Релейні виходи	Максимальна довжина кабелю (екранованого)	м	до 10
	Гранична робоча напруга	В	5...250
	Тепловий струм	А	до 8
	Електрична міцність для 500 000 комутац. циклів: (МЕК/EN 60947-5-1) категорія DC-13 напруга струм	В А В	24 (L/R>10мс) 0,6
	категорія AC-15 напруга струм	А	~230 0,9
	Мінімальний струм комутації (при напрузі 12 В)	мА	10
	Максимальна частота комутації без навантаження з робочим струмом	Гц	10 0,1
	Механічна міцність комутаційних циклів	млн	10
	Номінальна імпульсна напруга (МЕК/EN 60664-1)	кВ	4
	Швидкість відклику вмикання вимкнення	мс	10 5

### 1.3 Засоби сигналізації стенда для дослідження програмованого логічного контролера Zelio. Постановка задач роботи

Стенд для дослідження програмованого логічного контролера Zelio обладнаний імітатором сигналів, який формує сигнали керування дискретної та аналогової дії, а також здійснює сигналізацію спрацювання виходів контролера. Зовнішній вигляд передньої панелі імітатора зображено на рисунку 1.5.

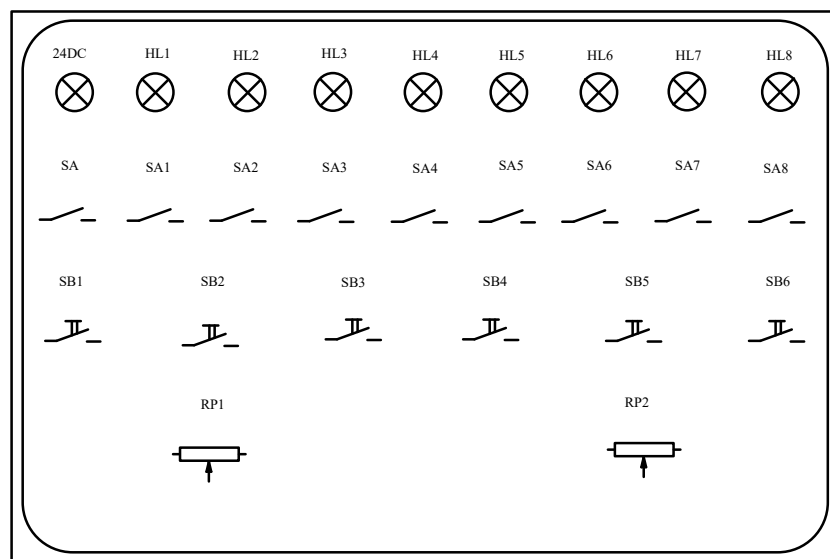


Рисунок 1.5 - Розміщення елементів імітатора на передній панелі

Схема електрична принципова імітатора зображена на рисунку 1.6.

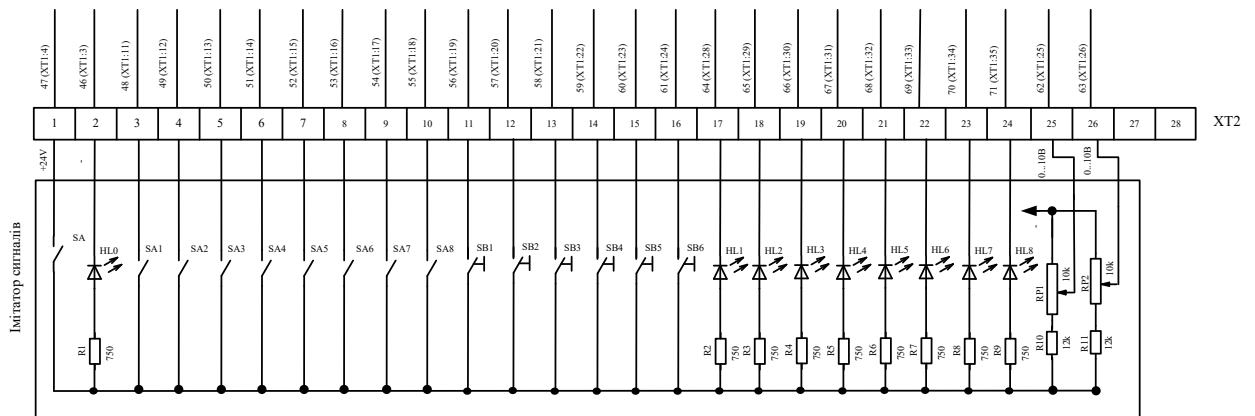


Рисунок 1.5 - Схема електрична принципова імітатора сигналів

Як видно з електричної схеми в якості виконавчих пристроїв виступають світло діоди, які сигналізують вмикання відповідного релейного виходу. Для більшого наближення лабораторного обладнання до реальних процесів в системах автоматизації в роботі запропоновано використати виконавчий механізм, роботою якого буде керувати програмований логічний контролер Zelio.

Для досягнення мети роботи необхідно розв'язати такі задачі:

- 1) вибрати необхідний виконавчий механізм;
- 2) розробити схему та здійснити підключення виконавчого механізму до контролера
- 3) розробити програми для типових контурів регулювання з використанням контролера Zelio

Вирішення поставлених задач буде висвітлено в наступних розділах роботи.

## 2 ВИБІР ВИКОНАВЧОГО МЕХАНІЗМУ ТА РЕГУЛЮЮЧОГО ОРГАНУ

### 2.1 Загальна характеристика виконавчих механізмів та регулюючих органів систем автоматичного керування

Виконавчі механізми призначені для переміщення регулюючого органу (РО) відповідно до команди автоматичного регулятора. Практично виконавчий механізм (ВМ) перетворює сигнал однієї природи, який поступає від автоматичного регулятора, у механічне переміщення регулюючого органу. Крім того, ВМ можна розглядати як підсилювач потужності, за допомогою якого слабкий сигнал регулятора, багаторазово підсилюючись за рахунок енергії живлення ВМ, подається на РО. Виконавчий механізм, який працює в автоматичній системі регулювання, повинен не тільки переміщати РО, але й забезпечити це переміщення з найменшими спотвореннями сигналу регулятора [4].

Залежно від роду енергії, яка використовується виконавчим механізмом, вони розділяються на електричні, пневматичні та гідравлічні. В системах автоматизації процесів переробних, хімічних, харчових та допоміжних виробництв використовуються, в основному, електричні та пневматичні виконавчі механізми.

Електричні ВМ, які використовують електричну енергію, розділяються на електромагнітні та електродвигунні.

В електромагнітних ВМ (рисунок 2.1, а) переміщення РО відбувається за рахунок дії електромагнітної котушки. Такі ВМ можуть використовуватись у випадках, коли РО повинен займати фіксоване положення, наприклад, "Відкрито" та "Закрито" в релейних (позиційних) системах автоматичного регулювання. Завдяки високій швидкості спрацьовування електромагнітні ВМ часто використовують в автоматичних системах захисту та блокування. Недоліком їх є імовірність виникнення

гідравлічних ударів у трубопроводах де вони використовуються.

Більш поширеними, ніж електромагнітні, є електродвигунні ВМ (рисунок 2.1, б), які працюють з електричними регуляторами. Вони можуть створювати великі зусилля переміщення, їх можна встановлювати на великій відстані від регулятора. Але вони мають великі габарити, споживають більше енергії, складні в налагодженні та обслуговуванні.



Рисунок 2.1 – Електричні виконавчі механізми з регулюючими органами

В електродвигунних ВМ використовуються синхронні реактивні та асинхронні електродвигуни з постійною швидкістю обертання вихідного елемента. Електроприводи ВМ реверсивні. Ці ВМ реалізують типові закони регулювання в імпульсній формі, тобто переміщення вихідного елемента ВМ відбувається за рахунок короткочасних включень електродвигуна, з певною тривалістю станів включення та відключення. Вони можуть мати контактне (через магнітні пускачі) або безконтактне (через тиристорні пускачі) керування.

За характером руху вихідного елемента електродвигунні ВМ розділяються на однообертові, багатообертові та прямохідні. В однообертових ВМ вихідний вал обертається у межах одного оберту на  $360^\circ$ . Механізми типу МЕО, МЕОК та МЕОБ використовуються у системах

автоматичного регулювання для приведення в рух таких регулювальних органів як заслінки, крани і т.д. Вони оснащені ручним дублером, електромагнітними гальмами, кінцевими вимикачами, датчиками положення вихідного вала; мають багато модифікацій, які відрізняються потужністю та швидкістю.

Електродвигунний ВМ складається з електродвигуна з електромагнітним гальмом, блока з кінцевими вимикачами, черв'ячного редуктора та вихідного вала редуктора для з'єднання з РО.

Однообертові ВМ використовуються у системах двопозиційного регулювання та ручного дистанційного керування процесами. Багатообертові електродвигунні ВМ, наприклад, типу МЕМ використовуються для керування запірними регулюючими органами (вентиллями, засувками). Вони додатково обладнані муфтою граничного моменту, яка відключає електродвигун при перевантаженнях вихідного вала виконавчого механізму – коли шток регулювального органу досягне крайнього положення [5].

Прямохідні електродвигунні ВМ (рисунок 2.2), вихідний вал яких переміщується поступально, використовуються для дистанційного та автоматичного керування шибєрними засувками на елеваторах, хлібоприймальних пунктах та інших підприємствах. Існує три види прямохідних ВМ (тип А, Б та В), які відрізняються довжиною та розташуванням основної кінематичної пари «гайка-гвинт». Вал електродвигуна жорстко сполучений з валом-гвинтом, а вихідний вал ВМ шарнірно з'єднаний з гайкою.

Пневматичні виконавчі механізми працюють з пневматичними вхідними сигналами і відрізняються високою надійністю та простотою обслуговування, розвивають досить великі зусилля переміщення.

Найширшого розповсюдження набули мембранні ВМ (рисунок 2.3), в яких зусилля переміщення створюється повітрям, тиск якого змінюється в межах 20-100 кПа.

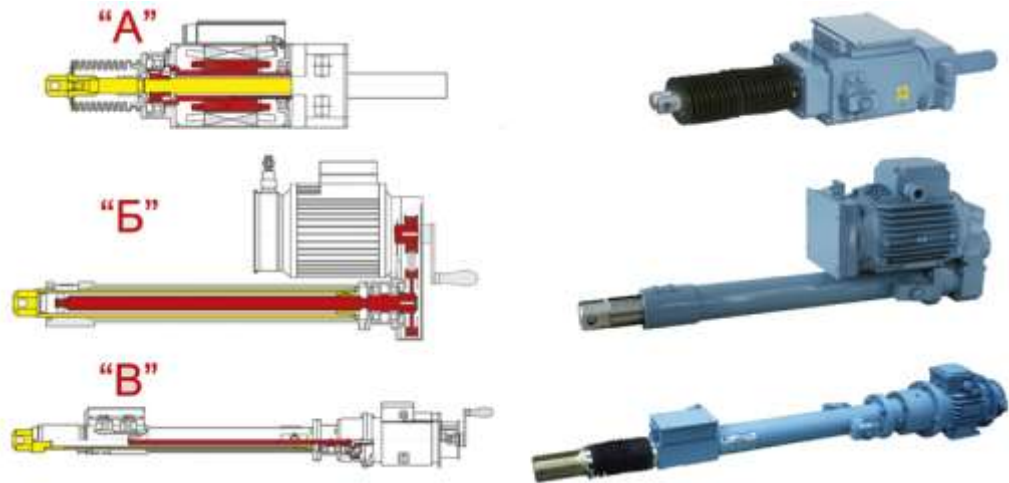


Рисунок 7.2 – Прямохідні електродвигунні виконавчі механізми

Основним елементом цих ВМ є мембрана (рисунок 2.3, а), яка герметично закріплена у корпусі. Жорсткий центр мембрани з'єднаний з вихідним штоком, який здійснює зворотно-поступальний рух. Зусилля переміщення в одному напрямі (на рисунок 2.3, а – в напрямку зверху вниз) створюється за рахунок тиску стисненого повітря у робочій порожнині на мембрану, у протилежному – за рахунок зусилля зворотної пружини. Залежно від напрямку руху вихідного штока ВМ бувають прямої та зворотної дії. У механізмах прямої дії, коли тиск повітря у робочій порожнині збільшується, вільний кінець штока віддаляється від площини закріплення мембрани. У механізмах зворотної дії підвищення тиску у робочій порожнині зумовлює наближення вільного кінця штока до площини закріплення мембрани. Ці варіанти конструкції дають можливість реалізувати різні за дією виконавчі пристрої – нормально відкриті та нормально закриті.

Деякого меншого застосування набули поршневі та поворотні пневматичні ВМ. Це механізми, в яких зусилля для зміни положення РО створюється за рахунок зміни тиску робочого середовища у порожнинах поршня або поворотної заслінки. Поршневі виконавчі механізми відрізняються від мембранних більшою величиною переміщення РО та більшим зусиллям, яке він передає.



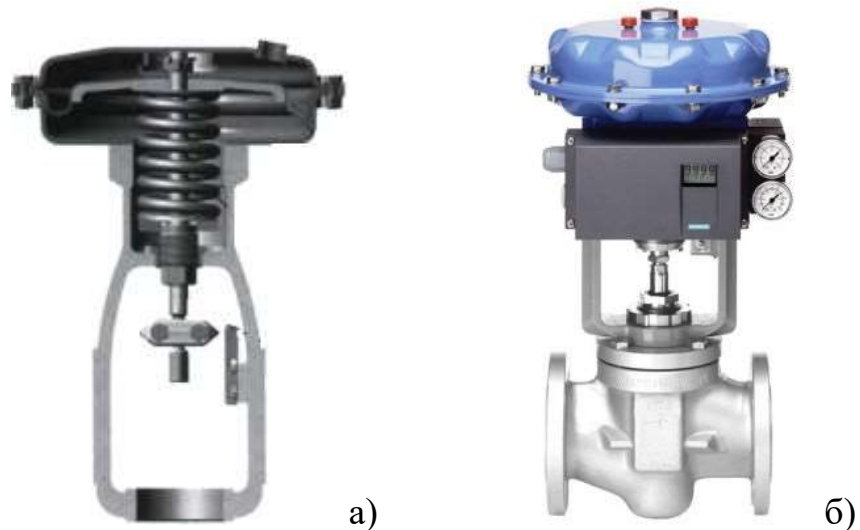


Рисунок 7.3 – Мембранний пневматичний виконавчий механізм

Однак при рівних умовах перед поршневими та поворотними пневмоприводами більшим тяговим зусиллям, і тому кращими кінематичними характеристиками, володіють прямохідні та однообертові електродвигунні ВМ.

Для забезпечення точності зупинки вихідних елементів пневматичних ВМ та підвищення їх швидкодії при використанні пневмоприводів у важких умовах (велика швидкість проходження середовища, підвищена в'язкість, великі розміри ВМ, велика довжина пневматичної з'єднувальної лінії) в комплекті з ними додатково використовують позиціонери – пневматичні або електропневматичні підсилювачі потужності зі зворотним зв'язком за положенням вихідного елемента ВМ (рисунок 2.3, б).

Регулюючі органи призначені для зміни витрати речовини або енергії для об'єкта регулювання шляхом зміни його пропускної спроможності. Регулюючий орган складається з двох основних частин; затвора – рухомої частини РО, переміщенням якого досягається зміна прохідного перерізу і, відповідно, пропускної спроможності; сідла –нерухомої частини РО, яке утворює разом з затвором прохідний переріз (рисунок 2.4, б).

Під пропускною спроможністю  $K_v$  розуміють витрату рідини густиною

1000 кг/м<sup>3</sup>, яку пропускає РО при перепаді тиску на ньому 0,1 МПа. Пропускна спроможність залежить від типу та розміру РО і ходу його затвора. Величину  $K_v$  виражають у м<sup>3</sup>/год. Максимальну величину пропускної спроможності, яка відповідає повністю відкритому РО, називають умовною пропускною здатністю  $K_{vy}$  (м<sup>3</sup>/год). Умовним проходом у РО називають номінальний діаметр отвору РО у з'єднувальних фланцях і позначають  $D_u$  (Du). Значення  $D_u$  відрізняється від розмірів всередині корпусу РО.

Залежність пропускної спроможності РО від переміщення його затвора називають пропускною характеристикою; залежність прохідного перерізу від переміщення затвора – конструктивною характеристикою.

У системах автоматичного регулювання використовуються РО таких типів: одно- та двосідельні клапани, заслінки, засувки, шлангові та діафрагмові РО та ін.

В односідельних РО (рисунок 2.4, а) зміна пропускної спроможності досягається за рахунок поступального руху затвора вздовж осі проходу одного сідла, а двосідельних – двох сідел (рисунок 2.4, в).

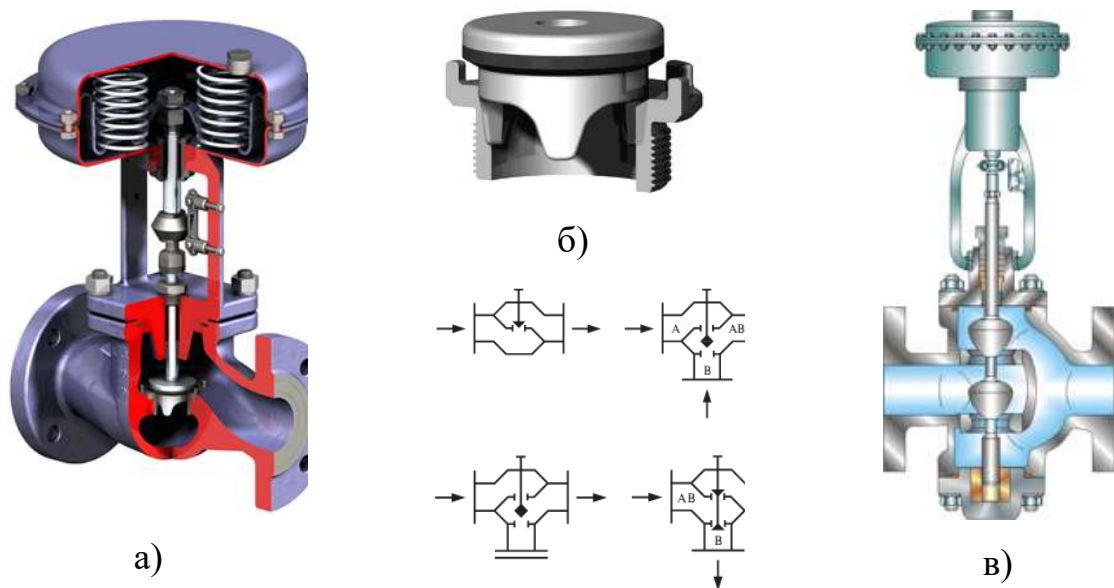


Рисунок 2.4 – Плунжерні регулюючі органи

Перші мають незрівноважений затвор, оскільки середовище діє на нього зверху та знизу з різним зусиллям. Це впливає на роботу виконавчого механізму і тому ці клапани використовують для малих  $D_u$  та при низькому тиску середовища. Двосідельні клапани мають майже зрівноважений затвор, через те, що технологічне середовище, обтікаючи його, створює приблизно однакові сили. Тому їх використовують у виконавчих пристроях великого розміру при роботі з великими тисками середовища.

Регулюючі клапани випускають з лінійною та рівнопроцентною пропускною характеристикою. При лінійній характеристиці величина пропускної спроможності пропорційна положенню затвора, а при рівнопроцентній приріст пропускної спроможності пропорційний поточному значенню пропускної спроможності. Пропускную характеристику клапана вибирають такою, щоб забезпечити постійний коефіцієнт підсилення АСР на всьому діапазоні роботи клапана. Якщо основними збуреннями об'єкта є зовнішні фактори, наприклад, зміна складу сировини, то бажано вибирати клапан з лінійною характеристикою. Якщо ж основним збуренням об'єкта є збурення по регулюючому каналу, наприклад, зміна тиску середовища, яке проходить через нього, то вибирають клапан з рівнопроцентною характеристикою [6].

Досить часто для регулювання газоподібних технологічних потоків використовується поворотний РО типу «баттерфляй» або заслінка (рисунок 2.5). В такому РО зміна пропускної спроможності досягається за рахунок повороту заслінки. Заслінки у порівнянні з іншими РО мають невеликі габарити та масу, а у відкритому положенні - невеликий гідравлічний опір, не створюють застійних зон. Цей РО являє собою корпус у вигляді кільця, в якому на валу, розташованому перпендикулярно до потоку, обертається кругла дискова заслінка. Щоб забезпечити можливість щільного перекриття пропускного отвору при закритті заслінки, з внутрішнього боку, корпусу або на зовнішній поверхні (по краю) заслінки закріплюється ущільнююче кільце.



Рисунок 2.5 – Регулюючий орган типу «баттерфляй»

В технологічному виробництві для регулювання потоків агресивних середовищ, середовищ з твердими частинками, зустрічаються діафрагмові та шлангові РО. В діафрагмових РО (рисунок 2.6, а) переміщення центра діафрагми зумовлює зміну прохідного перерізу РО. Ці РО призначені для роботи при низьких тисках та нормальній температурі. Для зміни витрати середовищ, які мають тверді частки, використовують шлангові РО (рисунок 2.6, б). Роль затвора виконує еластичний шланг, який закріплений між корпусом та фланцями. Всередині шланг передавлюється роликками, які рухаються у протилежних напрямках при переміщенні штока. Шланг виготовляється з гуми, фторопласту або поліетилену. Використання таких РО обмежується температурами до 100°C та тиском до 980 кПа.



а)



б)

Рисунок 2.6 – Діафрагмовий (а) та шланговий (б) регулюючі органи

## 2.2 Вибір виконавчого механізму, розробка схеми підключення

В якості виконавчого механізму вибираємо однооборотний механізм МЕО 40/63 – 0.25. Такі механізми використовуються в системах автоматичного регулювання процесу роботи трубопровідної системи, режими роботи механізму можуть бути ручними, або автоматичними.

Механізми однооборотні даного виду можуть використовуватися в багатьох галузях промисловості: в нафтогазовій промисловості, металургії, харчової промисловості, ЖКГ, на будівельних об'єктах тощо.

Керувати механізмами можна безконтактно, за допомогою ПБР (безконтактного пускача реверсивного типу), так і контактно, за допомогою електромагнітного пускача.

Механізми можна експлуатувати при наявності в повітрі бризок і пилу, тому що вони мають ступінь захисту IP54 по ГОСТу 14254-96. Але не можна використовувати дані механізмів у вибухонебезпечних зонах, при наявності агресивних газів, грязі та парів. Механізми МЭО можуть запобігти синусоїдальним вібраціям, що мають групу виконання 6 по ГОСТу 12997-84. Механізми можна встановлювати на арматуру в будь-якому просторовому положенні. Загальний вид, установочні, приєднувальні і максимальні габаритні розміри механізмів МЕО 40/63 – 0.25 показано на рисунку 2.7.

Не допускається експлуатувати механізми під дією тривалого впливу сонячної радіації, атмосферних опадів та проникнення всередину інородних предметів. Короткі технічні характеристики механізму МЕО 40/63 – 0.25 наведені в таблиці 2.1.

Механізми МЭО мають кліматичне виконання У, по категоріям 2 ГОСТу 15150-69. Працюють при температурі від -40 до + 55С, при відносній вологості повітря до 95% (при 35С), а також при більш низькій температурі, без конденсації вологи.

Таблиця 2.1 Технічні характеристики механізму МЕО 40/63 – 0.25

Параметр	Значення
Номінальний крутний момент на вихідному валу	40 Н·м
Номінальний час повного ходу вихідного вала	63 с
Номінальний повний хід вихідного вала	0,25
Потужність споживання	50 Вт
Маса	8 кг
Люфт вихідного вала	< 1 град
Тип двигуна	ДСОР 220-1,0-60

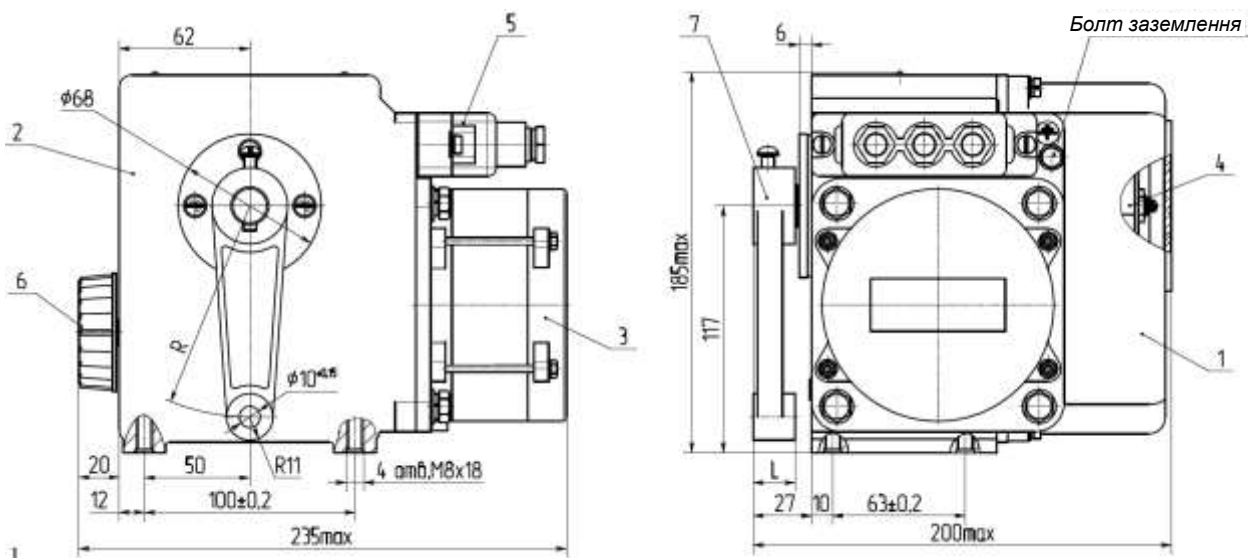


Рисунок 2.7 – Загальний вид, установочні, приєднувальні і максимальні габаритні розміри механізмів МЕО 40/63 – 0.25

Механізми виконавчі однооборотні МЕО у разі відсутності напруги в мережі повинні фіксувати вихідну валу в тому стані, в якому він на даний момент зупинився.

Всі механізми можна ремонтувати, відновити, вони мають тільки одну функцію. По шуму механізмів не повинно бути більше 80 дБА.

МЕО-40 у своїй складі має наступне обладнання: синхронний електропривод, черв'ячний редуктор, ручний привод, блок сигналізації з положення вихідного валу, реостатний БСПР, індуктивний БСП, або струмовий БСПС, але може бути і блок кінцевих вимикачів БКВ, важіль.

Керувати механізмом МЕО-40 можна як в ручному режимі, так і в автоматичних режимах за допомогою ПБР-3А, або підсилювачів ФЦ-0610 і ФЦ-0620.

Параметри двигуна ДСОР 2200-1,0-60 для виконавчого механізму: номінальний струм - 0,25А, номінальний поворотний момент - 1,0 Н·м, частота обертання - 60 об / хв. Електродвигун низькочастотний синхронний багатополосний однофазний з редуктором призначений для роботи від однофазної мережі 220 В змінного струму частотою 50Гц.

Режим роботи двигунів - тривалий S1 по ГОСТ 183-74 або повторно-короткочасний з частими пусками з тривалістю включення (ПВ) 60% та частотою включення в час до 3600 для двигунів типу ДСО 32 та до 240 для двигунів типу ДСОР 32. Кінематична схема виконавчого механізму МЕО 40/63 – 0.25 зображено на рисунку 2.8.

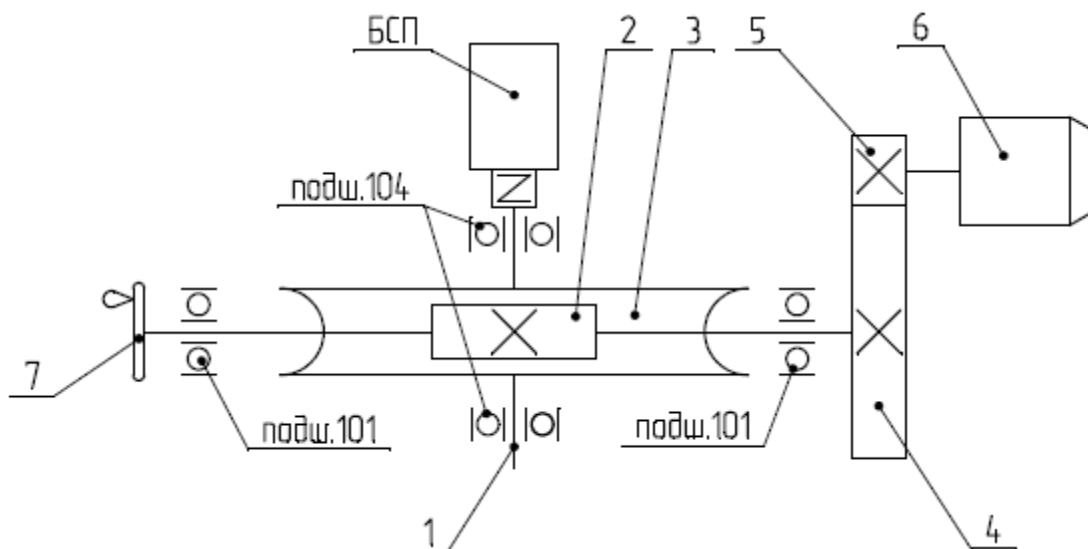


Рисунок 2.8 – Кінематична схема виконавчого механізму МЕО 40/63 – 0.25

Механізм МЕО 40/63 – 0.25 відноситься до класу ремонтпридатних відновлюваних пристроїв з нормованою надійністю він буде нормально функціонувати без технічного обслуговування та ремонту протягом 15000 годин при дотриманні правил експлуатації. Порядок контролю работоспособності механізму, необхідність підстройки та регулювання, методи виконання вимірів визначаються експлуатуючою організацією. Схема розташування виводів виконавчого механізму МЕО 40/63 – 0.25 зображено на рисунку 2.9

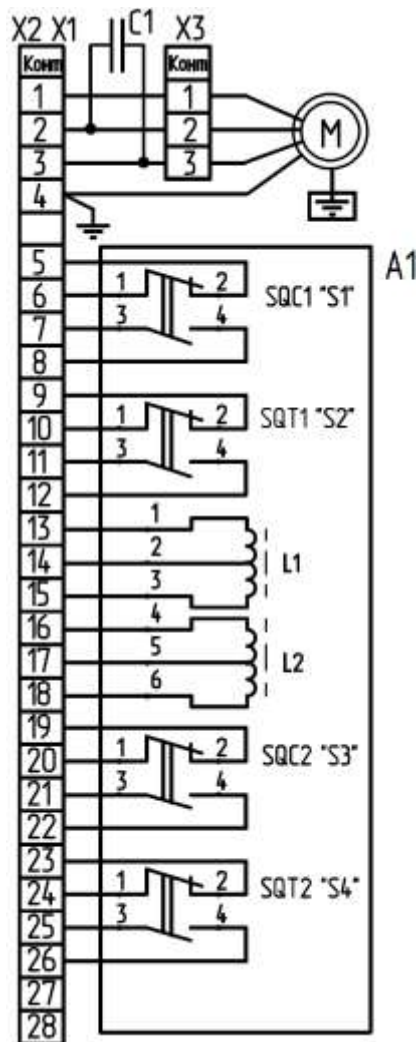


Рисунок 2.9 – Схема розташування виводів виконавчого механізму МЕО 40/63 – 0.25



Принципова електрична схема механізму МЕО 40/63 – 0.25 з цифровим регулятором наведена на рисунку 2.10. В якості регулятора може виступати ПЛК Zelio, що здійснює регулювання через релейні виходи. Наведена схема працює наступним чином. Витрати продукту вимірюються перетворювачем ВF1, з якого струмовий уніфікований сигнал 0 – 5 мА поступає на входи регулятора витрат Р1 МК-21-05-01 через зажими 1 і 2 клемно-блочного з'єднання. Сигнал перетворюється в цифровий код вбудованим в регулятор АЦП і зчитується вхідним портом мікропроцесора регулятора. Процесор порівнює інформацію від АЦП з числовим значенням завдання і при відхиленні формує сигнал керування у вигляді цифрового двійкового коду. Код перетворюється в імпульс напруги 24 В за допомогою вбудованого цифро-дискретного перетворювача, цей імпульс в залежності від знаку відхилення поточного значення витрати (в сторону зменшення чи збільшення) викликає спрацювання відповідного реле клемно-блочного з'єднання Б або М.

Візьмемо випадок при зниженні витрат, тоді в клемно-блочному з'єднанні будуть перемикатися контакти реле М, при цьому напруга з фазного проводу із зажиму 32 через контакт реле М буде поступати на зажим 33 клемно-блочного з'єднання і звідти по провіднику 1-5 – на вхід 9 ВМ МА1, через розмикаючий контакт кінцевого відкритого положення напруга буде проходити на зажим 10 і звідти – на зажим 3 ВМ, з яким з'єднано один з кінців обмотки виконавчого двигуна, яка вмикає його на відкривання регулюючого органу, інший кінець обмотки з'єднано через зажим 1 виконавчого механізму з нейтральним проводом, електричне коло замкнеться і виконавчий двигун почне відкривати регулюючий орган на трубопроводі.

Тривалість увімкненого та вимкненого станів двигуна ВМ формується імпульсним ПД-законом регулювання. Витрата продукту почне збільшуватися, коли вона досягне заданого значення, регулятор припинить формувати імпульс на виході, реле М виключиться і виконавчий механізм зупиниться і припинить переміщення клапану. У випадку, коли є перерви з

постачанням і максимальне відкривання клапану не відновлює рівності витрати заданому значенню, то коло живлення обмотки ВМ МА2 розірветься кінцевим вимикачем SQ1 і ВМ залишить клапан у відкритому стані. При відхиленні витрат в сторону зниження схема працюватиме подібно приведеної, але інша обмотка ВМ буде відкривати клапан.

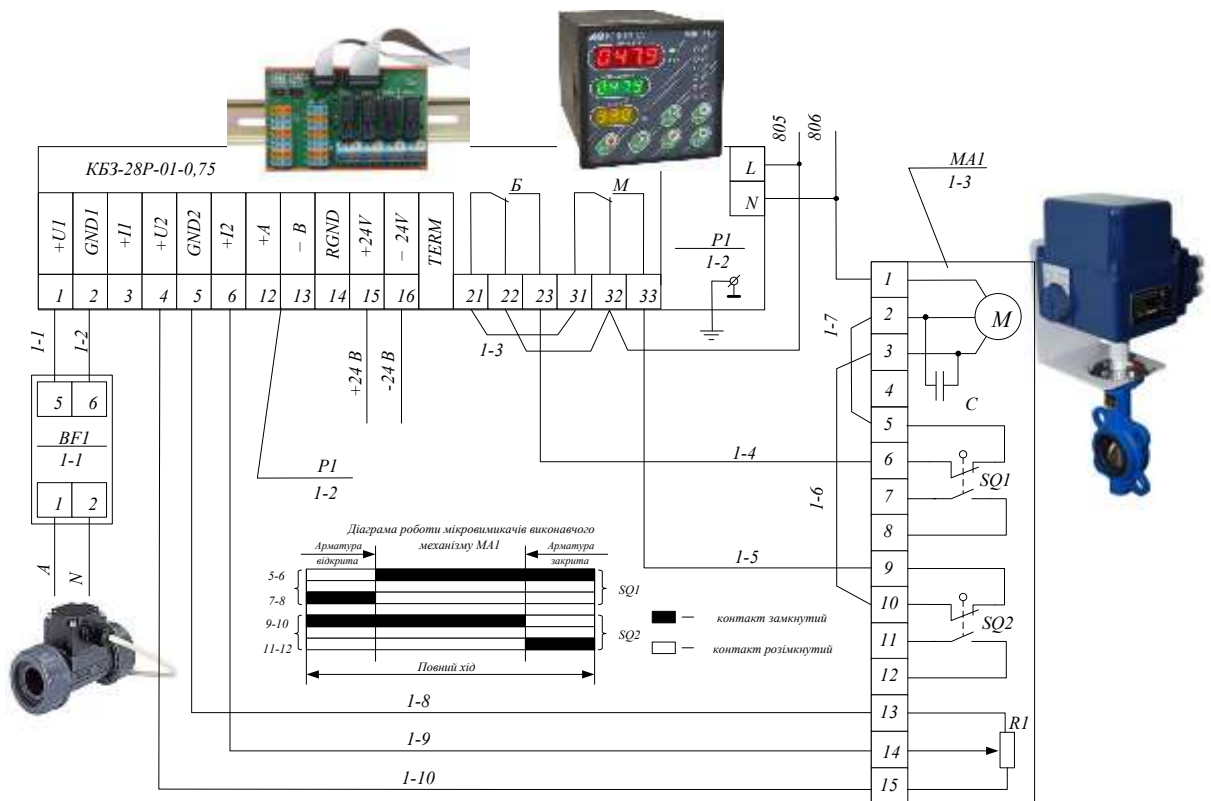


Рисунок 2.9 – Схема підключення виконавчого механізму МЕО 40/63 – 0.25 до регулюючого пристрою

### 3 РОЗРОБКА ПРОГРАМИ КОНТРОЛЕРА ZELIO ДЛЯ ТИПОВИХ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

#### 3.1 Розробка функціональної схеми автоматизації технологічного процесу

Функціональна схема системи регулювання складається відповідно до ГОСТ 21-404-85. Зображення об'єкту регулювання, яке приведене в індивідуальному завданні, слід доповнити умовними графічними позначеннями засобів автоматизації, а саме: датчиком вимірюваного параметру, програмованим логічним модулем з функціями регулювання та показу, виконавчим механізмом. Для прикладу розглянемо автоматичну систему регулювання температури теплообмінника.

Найбільш поширеним та відносно простим тепловим об'єктом є поверхневий кожухотрубний теплообмінник, в який подають продукт, що нагрівається або охолоджується, та теплоносій.

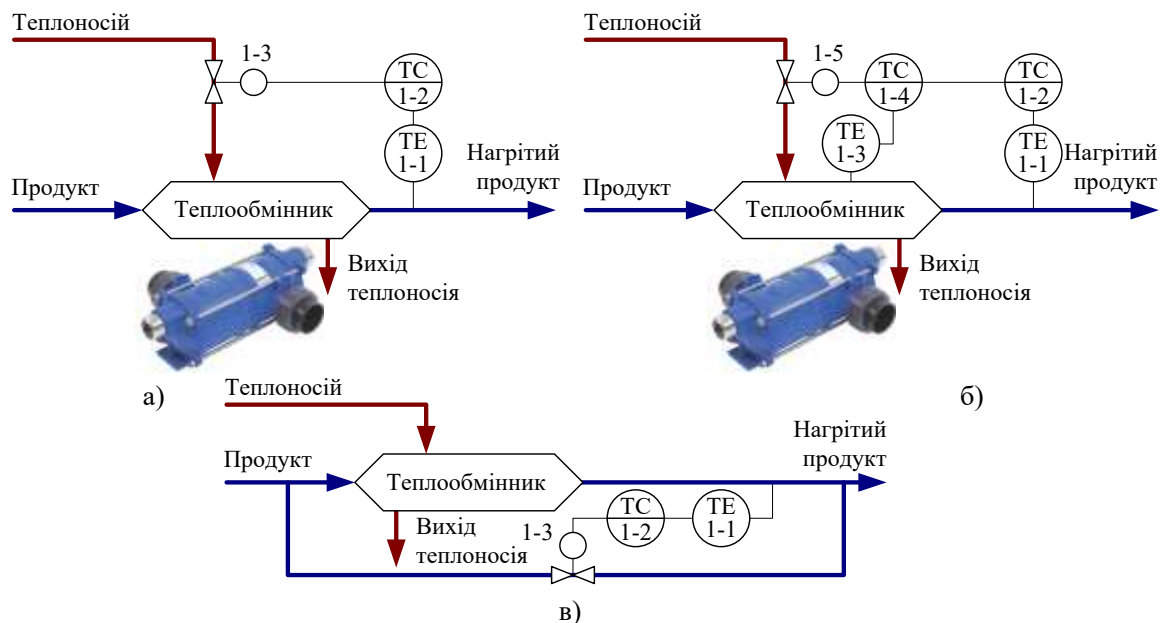


Рисунок 3.1 – Автоматична система регулювання температури теплообмінника

Мета керування цим об'єктом – стабілізація температури (temperature) продукту на виході теплообмінника. Основним збуренням тут є витрата продукту, а регулювальною дією – витрата або параметри теплоносія.

На рисунку 3.1, а наведена найпростіша одноконтурна схема регулювання температури, але при таких каналах вхідних дій об'єкт має несприятливі динамічні властивості, тому що інерційність каналу регулювальної дії перевищує інерційність каналу основного збурення. Для поліпшення якості регулювання в цьому випадку застосовують алгоритмічні або технологічні способи. До перших належить каскадно-зв'язане регулювання з використанням як проміжної змінної витрати чи параметра теплоносія або температури (тиску) в ємкості теплоносія теплообмінника (рисунок 3.1, б); до других – регулювальна дія зміною витрати продукту на обвідному трубопроводі при постійній витраті теплоносія (рисунок 3.1, в).

### **3.2 Розробка програми ПЛК Zelio**

Розглянемо для прикладу вирішення задачі позиційного регулювання технологічного параметру за допомогою модуля Zelio Logic. Об'єктом регулювання являється теплообмінник пункту тепlopостачання житлового мікрорайону, регульований параметр – температура гарячої води на виході. Схема автоматизації такого об'єкта наведена на рисунку 3.2, а. Автоматичний регулятор 1-2 повинен додатково виконувати функцію відображення температури та сигналізацію критичного відхилення температури. Температура змінюється в межах 80...100°C, задане значення температури складає 90°C.

Для регулювання температури використати електродвигунний виконавчий механізм приводу засувки 1-3, розташованої на трубопроводі подачі пари в теплообмінник. Сформуємо перелік необхідних елементів для вирішення задачі (таблиця 3.1) та згідно технічної документації зазначених елементів системи складаємо схему підключення аналогового перетворювача

та логічного модуля до зовнішніх пристроїв. Схема наведена на рисунку 3.2.

Таблиця 9.2 – Перелік елементів системи регулювання температури

Назва	Тип	Призначення
Датчик температури	Pt100 (0 – 100°C)	вимірювання температури
Перетворювач аналоговий	Zelio Analog RMP T30BD	0 – 100 Ом / 0 – 10 В
Модуль логічний	Zelio SR3B101BD	0 – 10 В / 24 В DC
Пускач реверсивний	Tesys LC2D12BD	24 В DC/ 380 В AC, 12 А
Засувка з електроприводом	МЕО 40/63 – 0.25	регулювання подачі пари

Наступним кроком є розробка програми керування логічним модулем. Для складання програми використовується середовище ZelioSoft2. Розроблена програма на мові FBD наведена на рисунку 3.3. При розробці програми слід враховувати, що аналоговий сигнал з виходу перетворювача 0 – 10 В в програмі контролера перетворюється в значення, що відповідає максимальному сигналу 256. Тобто максимальна вимірювана температура 100°C відповідає сигналу на виході перетворювача 10 В, а сигнал відповідає числовому значенню програми 256. В такому разі для завдання граничних меж температури потрібно вести коефіцієнт, що обчислюватиметься [6]:

$$k = T_{\text{макс. прог}} / T_{\text{макс. вим}} \quad (3.1)$$

$$k = 256 \text{ од.} / 100^\circ\text{C} = 2,56 \text{ од./}^\circ\text{C}.$$

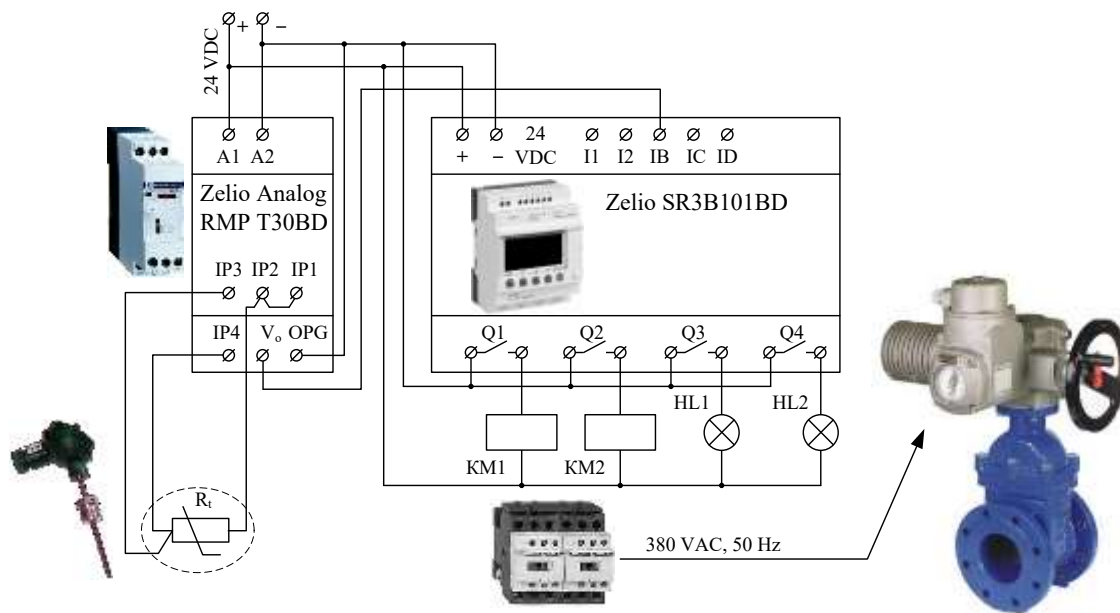


Рисунок 3.2 – Схема системи регулювання температури з застосуванням логічного модуля Zelio

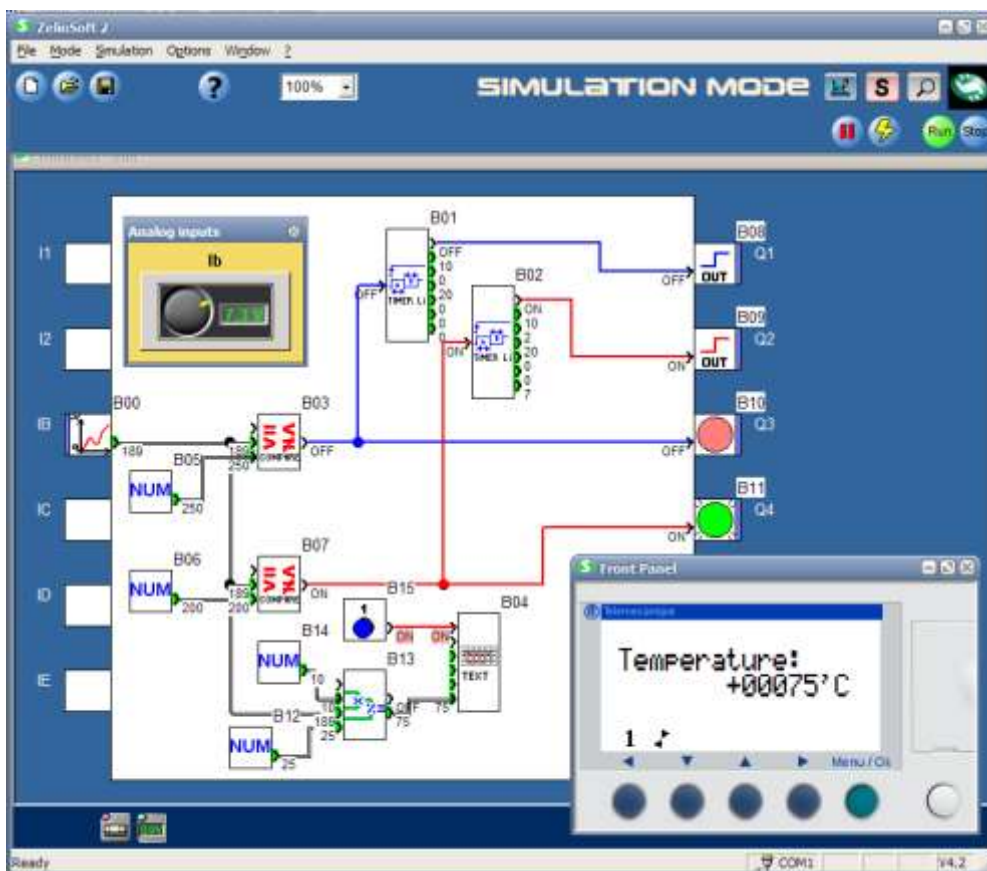


Рисунок 3.3 – Програма логічного модуля Zelio (FBD) для регулювання температури

Тоді граничні значення температури в програмі відповідатимуть:

$$T_{\text{ниж.прог}} = T_{\text{ниж.вим}} \cdot k, \quad (3.2)$$

$$T_{\text{ниж.прог}} = 80 \cdot 2,56 = 204,8 \text{ (од.)},$$

$$T_{\text{верх.прог}} = T_{\text{верх.вим}} \cdot k, \quad (3.3)$$

$$T_{\text{верх.прог}} = 100 \cdot 2,56 = 256 \text{ (од.)}.$$

Округлені задані значення верхньої та нижньої межі регулювання задаються в програмі в блоках констант В05 та В06. Компаратори В03 та В07 налаштовані на спрацювання відповідно при виході вимірюваного параметра відповідно за верхню та нижню межі регулювання. Активний вихід відповідного компаратора потрапляє на вихід Q1 або Q2 через пульсуючі таймери (*timer*) В01 та В02. Це необхідно для запобігання перерегулювань в системі і поступового переміщення виконавчого механізму з кожним послідовним імпульсом. Тривалість імпульсу таймерів вибирається близько 1 с, а тривалість паузи – 2...3 с, на протязі якої очікується встановлення рівноваги. Відображення поточного значення температури на передній панелі модуля (рис. 9.3) відбувається за допомогою блоку текстового повідомлення В04. Для приведення значення виміряного параметра в програмі до технологічних одиниць потрібно це значення ділити на коефіцієнт  $k$  (9.1). Операції з дробовими числами (з плаваючою крапкою) модуль не підтримує, тому для узгодження використовується блок множення / ділення В13. На вхід вказаного блоку надходить значення вимірюваного параметру, воно множиться на 100 і ділиться на 256, чим досягається ділення на коефіцієнт  $k \approx 2,56$ .

#### 4. РОЗРОБКА МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ НА СТЕНДІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛК ZELIO НА ПРИКЛАДІ ТИПОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Основними елементами, які використовуватимуться в процесі розробки проекту в ZelioSoft 2 на модулях Zelio, є аналогові входи ІВ...ІG, дискретні виходи Qx, таймери Tx або аналогові компаратори Ax (де x – номер елемента даного виду в програмі). Доступ до них – з нижньої панелі інструментів ZelioSoft 2 [7, 8].

Послідовність складення програми модуля мовою LD наступна. Запускається середовище ZelioSoft 2 та вибирається опція створення нової програми (рисунок 4.1).

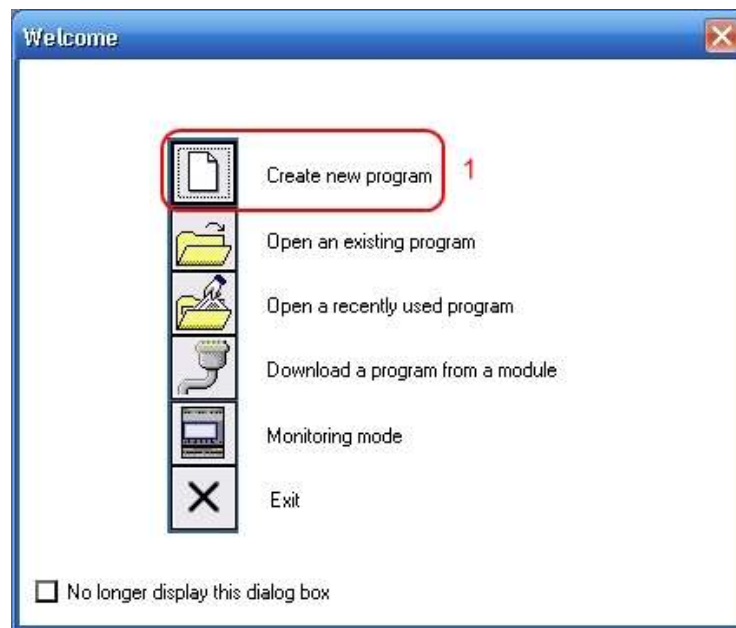


Рисунок 4.1 – Вікно вибору опцій ZelioSoft 2

Після вибору опції створення нової програми вибираємо потрібну модифікацію модуля за допомогою підказок у вікні вибору (рисунок 4.2). При виборі модуля потрібно звернути увагу на наявність аналогових входів та наявність дисплею на передній панелі.



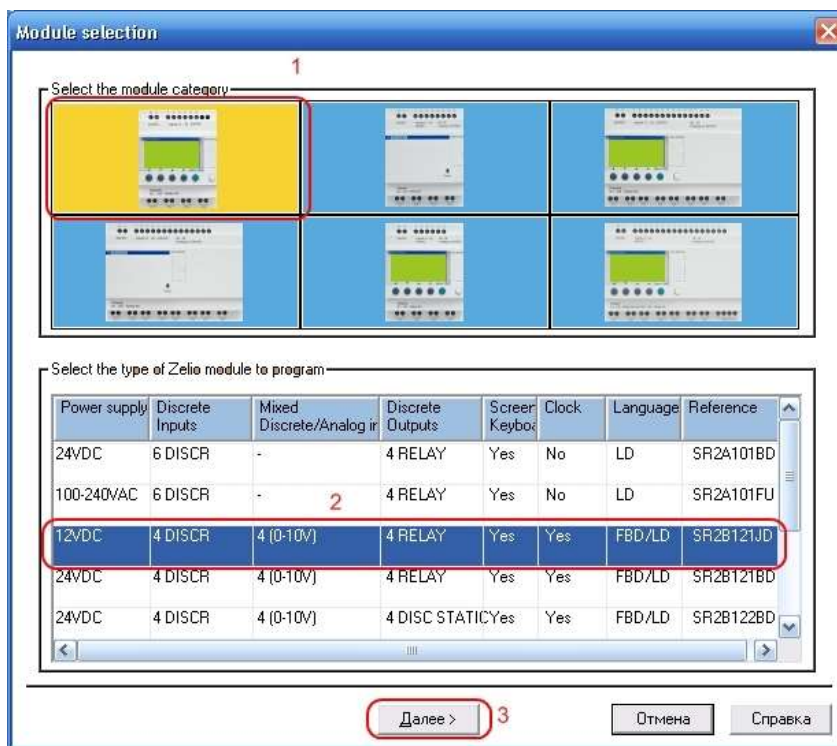


Рисунок 4.2 – Вікно вибору модуля Zelio Logic

Для обраного модуля вибираємо середовище програмування LD або FBD (рисунок. 4.3). Для виконання першої частини завдання використовується середовище LD.

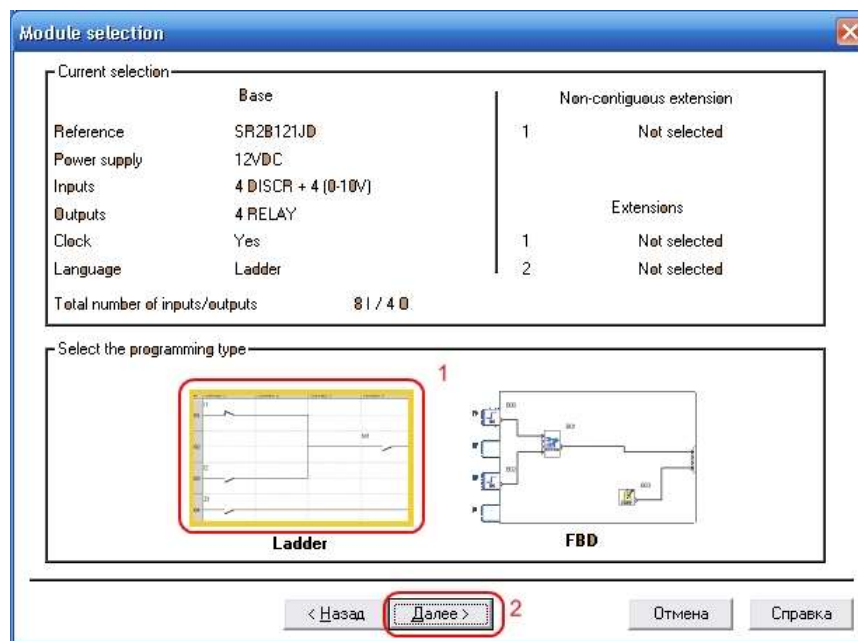


Рисунок 4.3 – Вікно вибору середовища програмування

Використовуючи режим створення програми Edit Mode шляхом технології Drag-and-Drop створюємо програму модуля, як наведено на рисунку. 4.4.

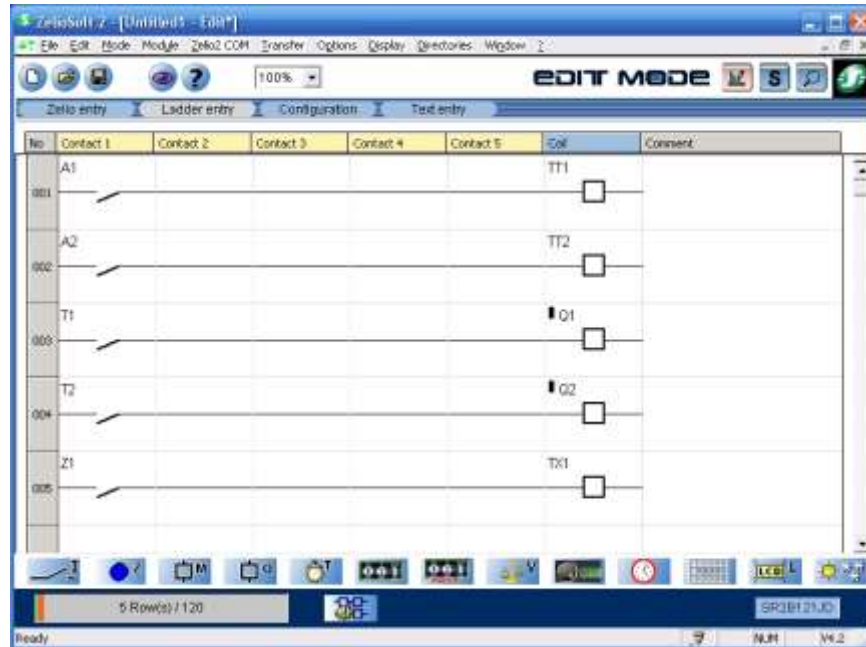


Рисунок 4.4 – Програма модуля, складена в середовищі LD

В програмі використовуються наступні елементи:

- A1, A2 – аналогові компаратори;
- TT1, TT2 – командні входи таймерів;
- T1, T2 – виходи таймерів;
- Q1, Q2 – дискретні виходи модуля;
- Z1 – функціональна кнопка 1 на передній панелі модуля;
- TX1 – командний вхід виклику повідомлення на дисплей модуля.

Аналогові компаратори в програмному середовищі налагоджуються у відповідному вікні, як показано на рисунку 4.5, згідно з індивідуальним завданням, враховуючи, що верхня вимірювальна межа вибраного датчика складатиме 10 В, а нижня – 0 В.

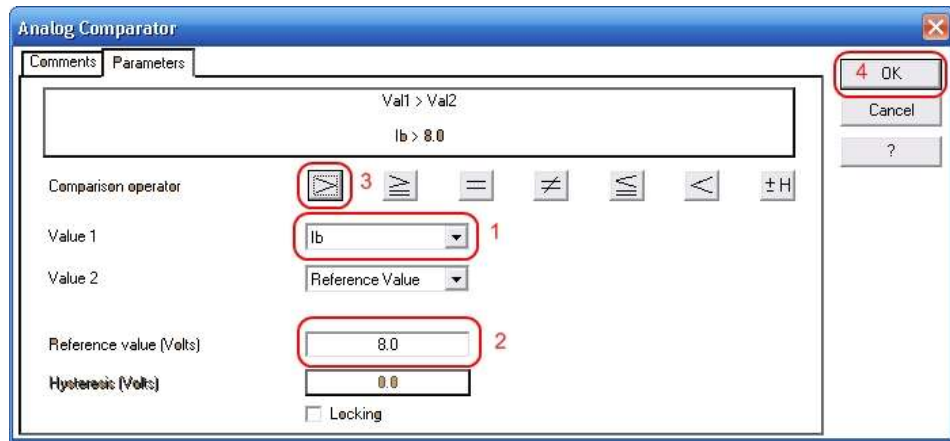


Рисунок 4.5 – Вікно налаштування аналогового компаратора

Таймери, які забезпечують імпульсний режим роботи системи регулювання, налаштовуються згідно зі способом, наведеним на рисунку 4.6.

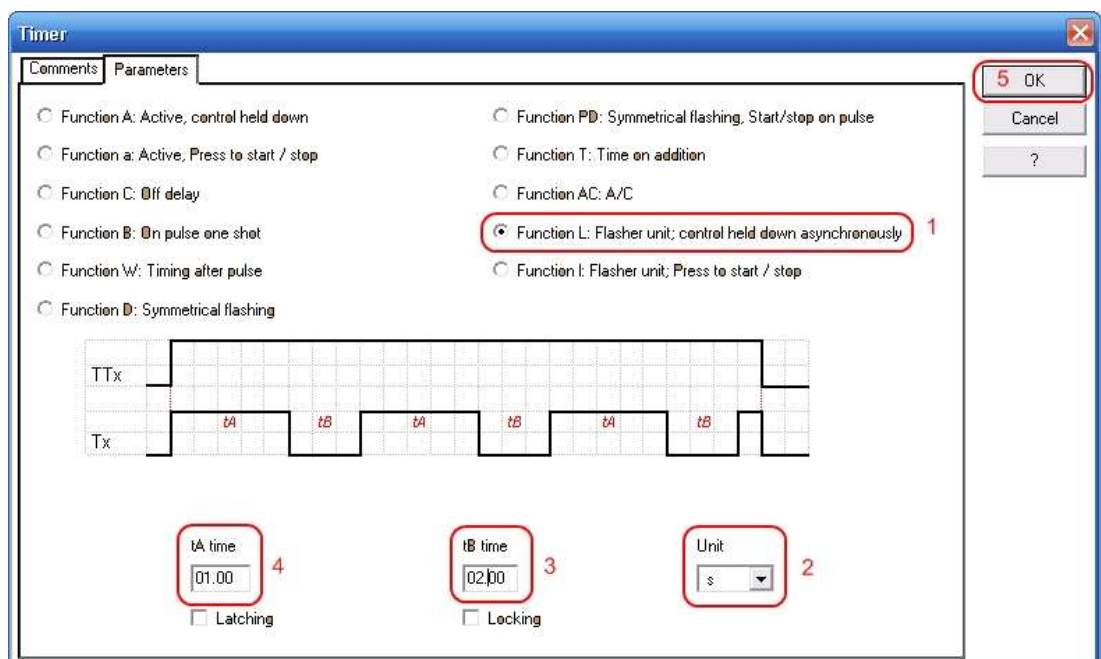


Рисунок 4.6 – Вікно налаштування таймера

Налаштування текстового блоку TX1 для виведення поточного значення вимірюваного параметру за допомогою аналогового входу здійснюється у вікні параметрів цього блоку. Послідовність налаштування вказана на рисунку 4.7.

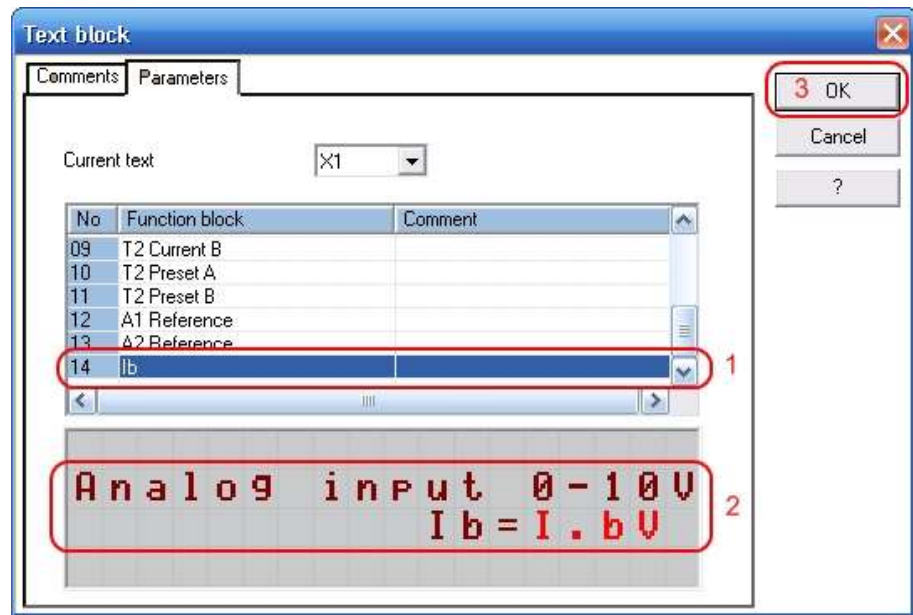


Рисунок 4.7 – Вікно налаштування текстового повідомлення

Перевірка створеної програми здійснюється у вікні «Simulation mode», для запуску симуляції натискаємо кнопку «Run», викликаємо відображення входів/виходів та аналогового входу контролера відповідними кнопками в нижній панелі інструментів вікна та перевіряємо створену програму. Режим симуляції показаний на рисунку 4.8.

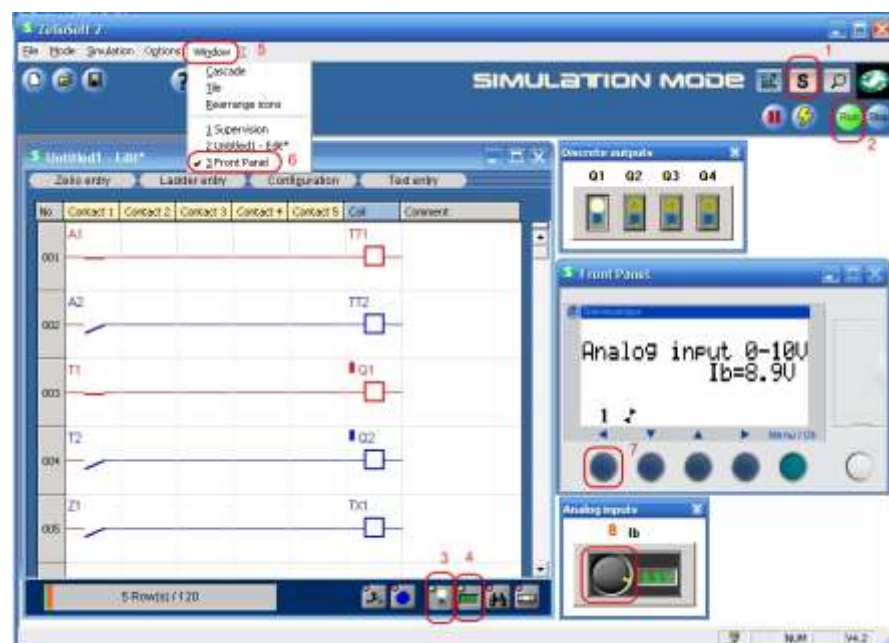


Рисунок 4.8 – Вікно перевірки програми Simulation Mode

Для виклику передньої панелі модуля в вікні симуляції слід виконати команду Window / Front Panel. Натиснення кнопки функціональної клавіші Z1 перевіряємо адекватність програми. Перевірте початкове відображуване значення аналогового входу на передній панелі та під час зміни положення потенціометра аналогового входу

Скласти програму модуля, тотожну за виконуваними задачами, мовою FBD (рисунок 4.9). Перевірити коректність створеної програми.

FBD (англ. Function Block Diagram) -- графічна мова програмування стандарту МЕК 61131-3. Призначена для програмування програмованих логічних контролерів (ПЛК). Програма утворюється зі списку ланцюгів, які виконуються послідовно зверху вниз. Ланцюги можуть мати мітки. Інструкція переходу на мітку дозволяє змінювати послідовність виконання ланцюгів для програмування умов і циклів.

При програмуванні використовуються набори бібліотечних блоків і власні блоки, також написані на FBD або іншими мовами МЕК 61131-3. Блок (елемент) - це підпрограма, функція або функціональний блок (І, АБО, НЕ, тригери, таймери, лічильники, блоки обробки аналогового сигналу, математичні операції і ін.). Кожна окрема ланцюг являє собою вираз, складене графічно з окремих елементів. До виходу блоку підключається наступний блок, утворюючи ланцюг. Всередині кола блоки виконуються строго в порядку їх сполучення. Результат обчислення ланцюга записується у внутрішню змінну або подається на вихід ПЛК [10].

Передача написаної програми в модуль здійснюється після підключення модуля до ПК кабелем для програмування та моніторингу через порти COM або USB, після цього вибираємо вкладку Transfer / Transfer Program / PC > Module. У вікні попередження повідомляється, що попередня програма в модулі буде стерта, якщо вибрано підтвердження дії, та в наступному вікні слід налагодити дії модуля після закінчення прошивки програми (автоматичний запуск програми, необхідність моніторингу, час циклу і ін.)

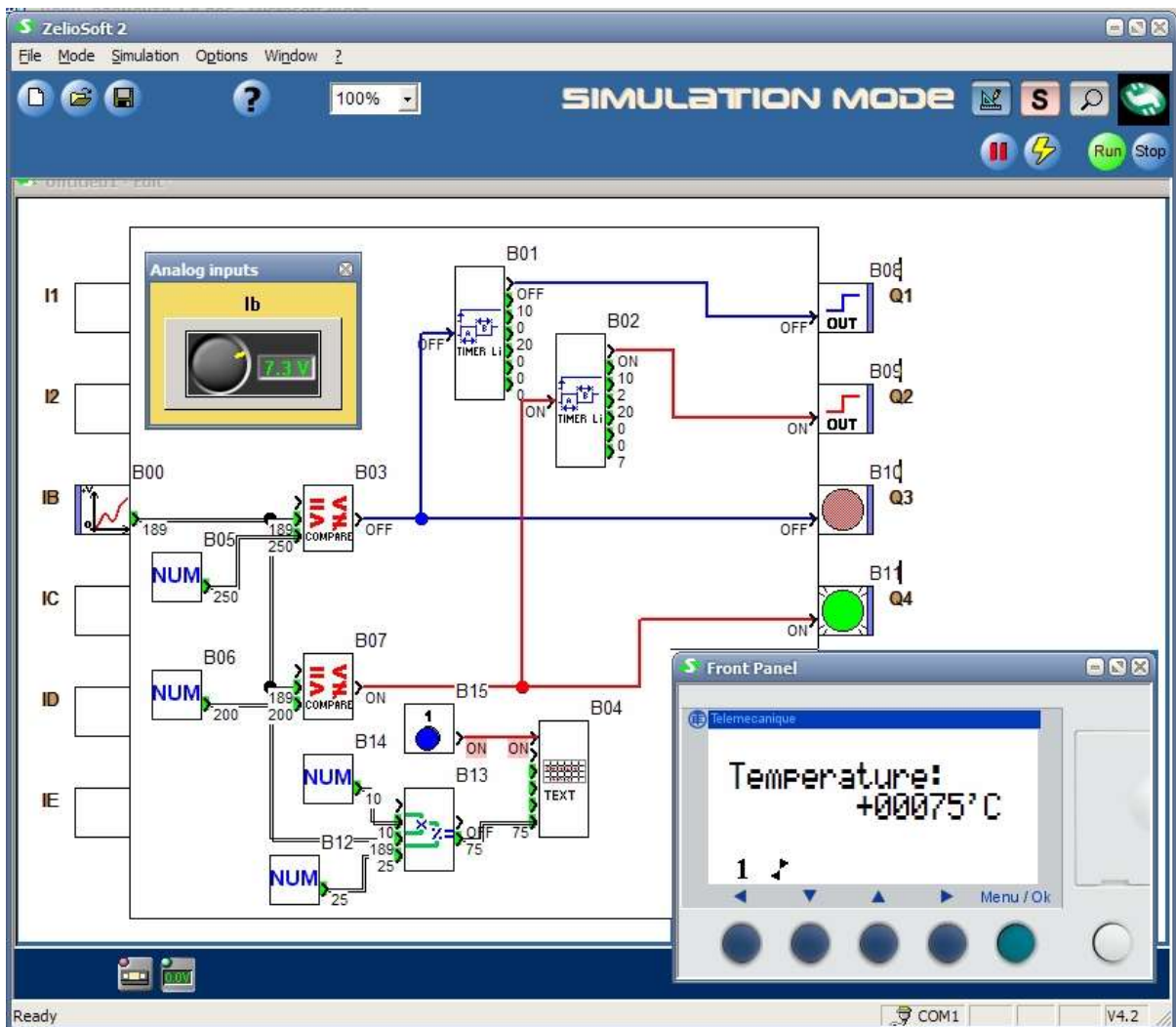


Рисунок 4.9 – Програма модуля мовою FBD у режимі симуляції

#### 4.1 Розробка системи управління автоматизованою мішалкою

Автоматизована мішалка працює в циклічному режимі згідно з технологічною схемою, яка подана на рисунку 4.10. Послідовність її роботи. Насос з електродвигуном М1 вмикається та нагнітає середовище до бункера мішалки, після досягнення верхнього рівня 1,5 м електропривод насоса повинен вимкнутися, а електропривод мішалки М2 увімкнутися. Електропривод М2 реверсивний і забезпечує рівномірне змішування технологічного середовища, перемішуючи його протягом 5 хв в напрямку

вперед, паузою 3 хв та перемішування протягом 5 хв в напрямку назад.  
Робота мішалки складається з трьох таких циклів.

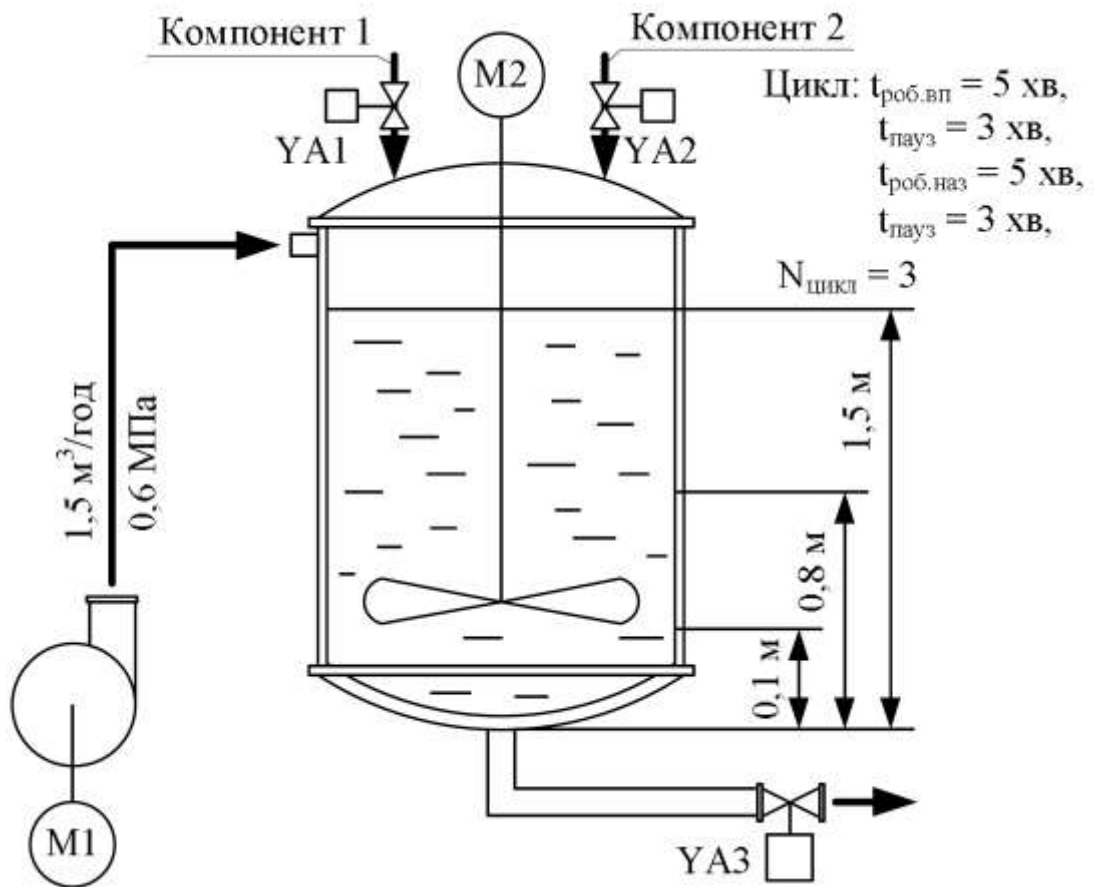


Рисунок 4.10 - Технологічна схема та технічні умови автоматизованої мішалки

Після першого циклу в період паузи відкривається електромагнітний вентиль YA1, додаючи до середовища компонент 1, доза компонента визначається часом відкритого YA1, що обмежується 5 секундами. Така ж операція триває під час паузи другим та третім циклом, але до суміші додається компонент 2 шляхом відкриття клапану YA2, кількість дозованого компонента 2 у два рази більша від компонента 1, відповідно, час відкритого стану YA2 також у два рази більший від часу, що відведений для YA1.

Після закінчення повного циклу змішування відкривається соленоїдний вентиль YA3, а готова суміш відводиться з мішалки. Після досягнення нижнього рівня в мішалці відбувається повторне вмикання насоса, після досягнення верхнього – вимкнення та наступний цикл змішування.

При побудові функціональної схеми системи управління слід користуватися такими рекомендаціями:

- сформулювати задачі системи управління;
- визначити потрібний тип та кількість входів програмованого модуля;
- визначити потрібну кількість виходів програмованого модуля;
- обґрунтувати призначення кожного входу та виходу модуля згідно з його маркуванням та способом спряження його з об'єктом управління.

Зазначені міркування потрібно подати у вигляді функціональної схеми з переліком елементів та маркуванням входів/виходів програмованого модуля. При необхідності пояснення роботи об'єкта в часі слід привести діаграму стану об'єкта протягом відповідного періоду.

Для складання переліку елементів функціональної схеми слід скористатися наявними каталогами контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматизації, обираючи необхідні елементи за двома принципами: видом і діапазоном зміни вимірюваного параметра; типом вихідного сигналу (він же є вхідним для програмованого модуля, а тому повинен відповідати діапазону 0...10 В постійного струму для аналогових величин (тиск, витрати, швидкість, концентрація, рівень і ін.), 24 В постійного струму для дискретних сигналів, градуюванні термодетекторів опору J або K для контролю температури.

Основними елементами, які використовуватимуться в процесі розробки проекту на модулях Zelio, є дискретні входи Ix, дискретні виходи Qx, таймери Tx, аналогові компаратори Ax, лічильники Cx та компаратори



лічильників Vx (де x – номер елемента даного виду в програмі). Доступ до них – з нижньої панелі інструментів Zelio Soft.

Приклад розробленої програми мовою LD поданий на рисунку 4.11.

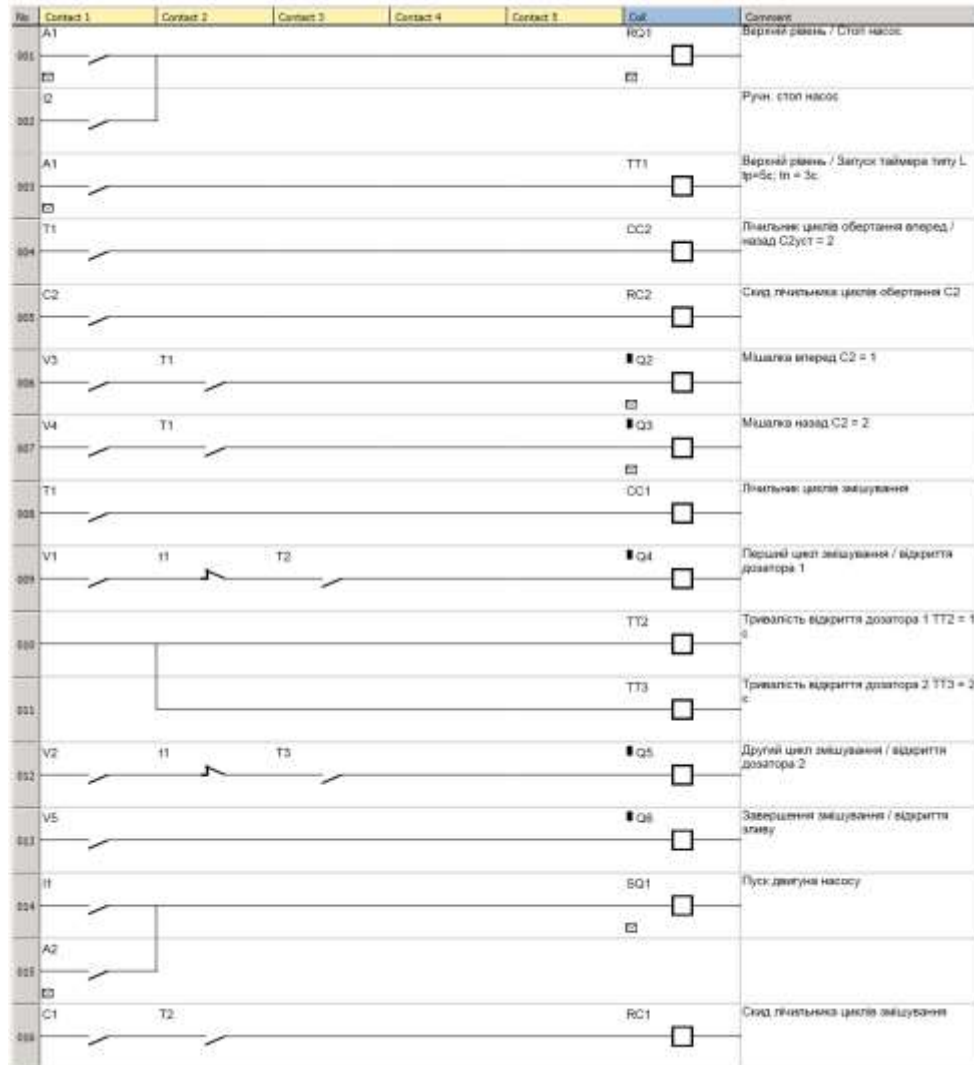


Рисунок 4.11 - Приклад програми управління автоматизованою мішалкою мовою LD

Програма працює таким чином. Аналоговий вхід контролера з'єднується з датчиком рівня в мішалці. Аналоговий компаратор A1 налаштований на спрацьовування при досягненні сигналом від датчика рівня значення 8,0 В, що відповідає максимальному рівню в мішалці. Після цього відбувається скидання виходу Q1, що відповідає за стан насоса. Одночасно цим же компаратором запускається пульсуючий таймер T1 типу L, який

ініціюється на час роботи мішалки заданою тривалістю (наприклад 5 хв) та час паузи (наприклад 3 хв). Імпульси таймера Т1 обчислюються лічильником С2, який після досягнення результату обчислення, рівного 3, автоматично скидається за рахунок ланцюжка (С2 – RC2). Компаратори лічильника С2 V3 та V4 налаштовані на спрацьовування, коли результат лічильника С2 буде відповідно 1 та 2. Якщо результат лічильника рівний 1, то з імпульсом Т1 вмикається вихід контролера Q2, який відповідає за пуск мішалки вперед, якщо результат лічильника рівний 2, то з імпульсом Т1 вмикається вихід контролера Q3, що відповідає за пуск мішалки назад. Кількість імпульсів таймера Т1 обчислюються також лічильником циклів змішування С1. Якщо проходить перші два імпульси від Т1, то від компаратора лічильника С1 V1 запускається вихід Q4 (вентиля дозування компонента 1), тривалість відкритого стану якого визначається пульсуючим таймером Т2 (наприклад 5 сек). Після проходження другого циклу змішування (Т1 формує 4 імпульси) спрацьовує другий компаратор лічильника С1 V2 та запускає вихід Q5 (вентиля дозування компонента 2), тривалість відкритого стану якого визначається пульсуючим таймером Т3 (наприклад 10 сек).

Після завершення циклу результат лічильника С1 складає 6, тому компаратор лічильника С1 V5 своїм контактом при такому результаті лічильника активує вихід Q6 контролера, який відкриває вентиль відведення суміші. Рівень продукту в мішалці продовжуватиме зменшуватися, коли він досягне мінімального значення (записане в аналоговому компараторі А2), відбудеться автоматичний пуск насоса (встановлення виходу Q1). Лічильник циклів змішування С1 скидається в нуль після виконання програми змішування та виходу на початок нового циклу за рахунок ланцюжка (А2 – RC1).

Для ручного управління насосом подачі середовища в мішалку передбачається два входи: I1 – пуск (встановлення Q1) та I2 – зупинка (скидання Q1).

Програмування мовою FBD пов'язане з покращеною наглядністю програми, бібліотека інструментів в FBD дозволяє застосувати більше елементів для вирішення поставленої задачі. При складанні проекту мовою FBD для управління автоматизованою мішалкою слід керуватися послідовністю спрацьовування таймерів, лічильників та компараторів, які забезпечуватимуть встановлення та скидання виходів.

Кількість виходів контролера має відповідати кількості керованих елементів: насоса, електропривода мішалки (вперед/назад), два електромагнітних вентиля дозування компонентів суміші та один ventиль зливу суміші. Слід передбачити два дискретні входи, які підключатимуться до кнопок управління двигуном насоса, та один з комбінованих входів модуля (починаючи з ІВ), який повинен підключатися до вимірювального перетворювача рівня в мішалці.

Перевірка та налагодження програми здійснюється у вікні «Simulation editor», для запуску емуляції натискаємо кнопку «Run», викликаємо відображення входів/виходів та аналогового входу контролера відповідними кнопками в нижній панелі інструментів вікна та перевіряємо створену програму.

Передача програми в модуль здійснюється після підключення модуля до ПК кабелем для програмування та моніторингу через порти COM або USB, після цього вибираємо вкладку Transfer / Transfer Program / PC > Module. У вікні попередження повідомляється, що попередня програма в модулі буде стерта, якщо вибрано підтвердження дії, та в наступному вікні слід налагодити дії модуля після закінчення прошивки програми (автоматичний запуск програми, необхідність моніторингу, час циклу і ін.)

## **4.2 Розробка системи управління молотковою дробаркою**

Автоматизована молоткова дробарка працює в неперервному режимі згідно з функціональною схемою, яка подана на рисунку 4.12.

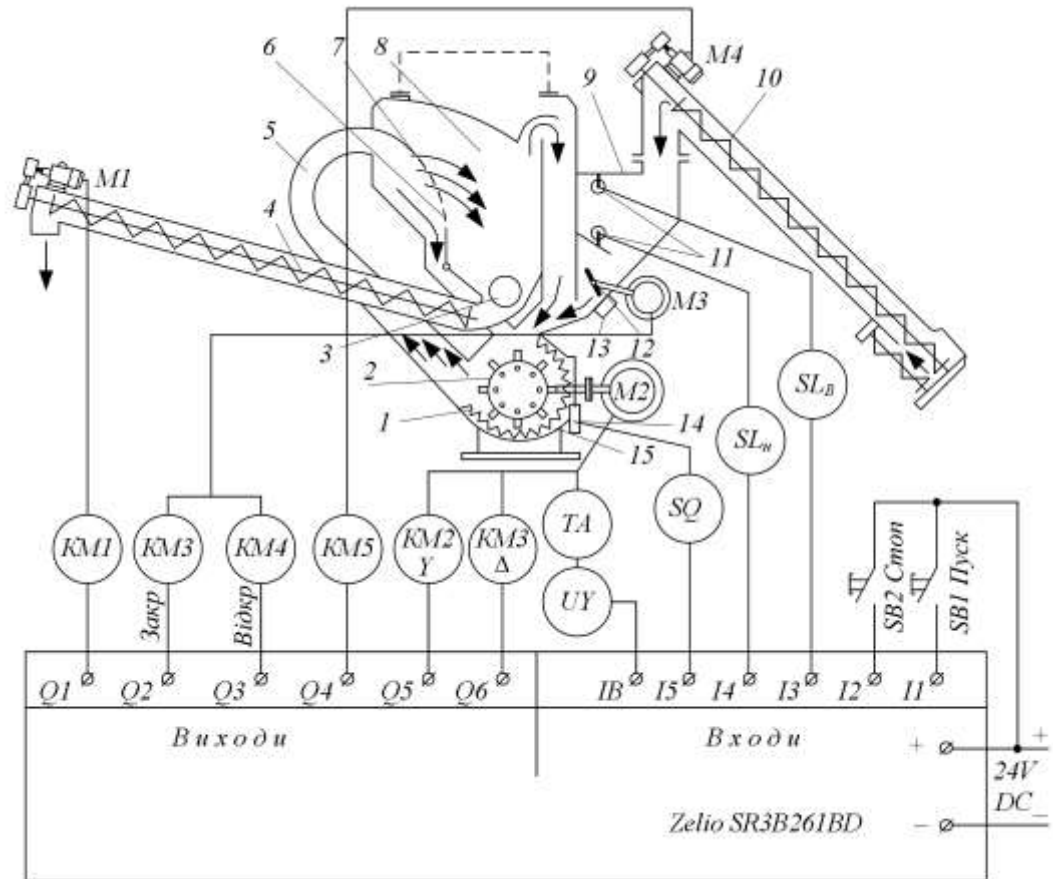


Рисунок 4.12 - Функціональна схема системи управління автоматизованої дробарки ДБ-5

Шнек 10 подає зерно в бункер 9 з датчиками рівня 11. Після відкриття заслонки зерно поступає в дробильну камеру 1 і під дією рухомого ротора 2 та деки 15 подрібнюється. Подрібнений продукт повітряним потоком від молотків ротора 2 по кормопроводу 5 транспортується до сепаратора 7 розділювальної камери 8. Дрібна фракція шнеками 3 і 4 вивантажується з дробарки. Крупна фракція поступає на повторне подрібнення. Повітря циркулює по замкнутому контуру, а надлишок викидається вгору через тканинний фільтр. Металеві домішки виділяються із зерна магнітом 13.

Ступінь подрібнення регулюється поворотом заслонки 6 і заміною сепаратора 7. Закритий стан кришки дробарки контролюється кінцевим вимикачем 14.

При побудові функціональної схеми системи управління слід користуватися такими рекомендаціями: сформулювати задачі системи управління; визначити потрібний тип та кількість входів програмованого модуля; визначити потрібну кількість виходів програмованого модуля; обґрунтувати призначення кожного входу та виходу модуля згідно з його маркуванням та способом спряження його з об'єктом управління.

Зазначені міркування потрібно подати у вигляді функціональної схеми з переліком елементів та маркуванням входів/виходів програмованого модуля. При необхідності пояснення роботи об'єкта в часі слід навести діаграму стану об'єкта протягом відповідного періоду. Приклад функціональної схеми системи управління автоматизованою молотковою дробаркою поданий на рисунку 4.12.

Основними елементами, які використовуватимуться в процесі розробки проекту на модулях Zelio, є дискретні входи  $I_x$ , дискретні виходи  $Q_x$ , таймери  $T_x$ , аналогові компаратори  $A_x$ , лічильники  $C_x$  та компаратори лічильників  $V_x$  (де  $x$  – номер елемент даного виду в програмі). Доступ до них – з нижньої панелі інструментів Zelio Soft.

При програмуванні мовою FBD кількість виходів контролера має відповідати кількості керованих елементів, як показано на рисунку 4.12. Слід передбачити два дискретні входи, які підключатимуться до кнопок управління дробаркою («Пуск» та «Стоп»), та один з комбінованих входів модуля (починаючи з  $I_B$ ), який повинен підключатися до вимірювального перетворювача струму головного двигуна. Три дискретних входи контролера повинні бути задіяні для підключення до них кінцевого вимикача кришки дробарки  $SQ$  та датчиків верхнього і нижнього рівнів відповідно  $SQ_v$  та  $SQ_n$ . Приклад розробленої в середовищі FBD програми управління автоматизованою молотковою дробаркою подано на рисунку 4.13.

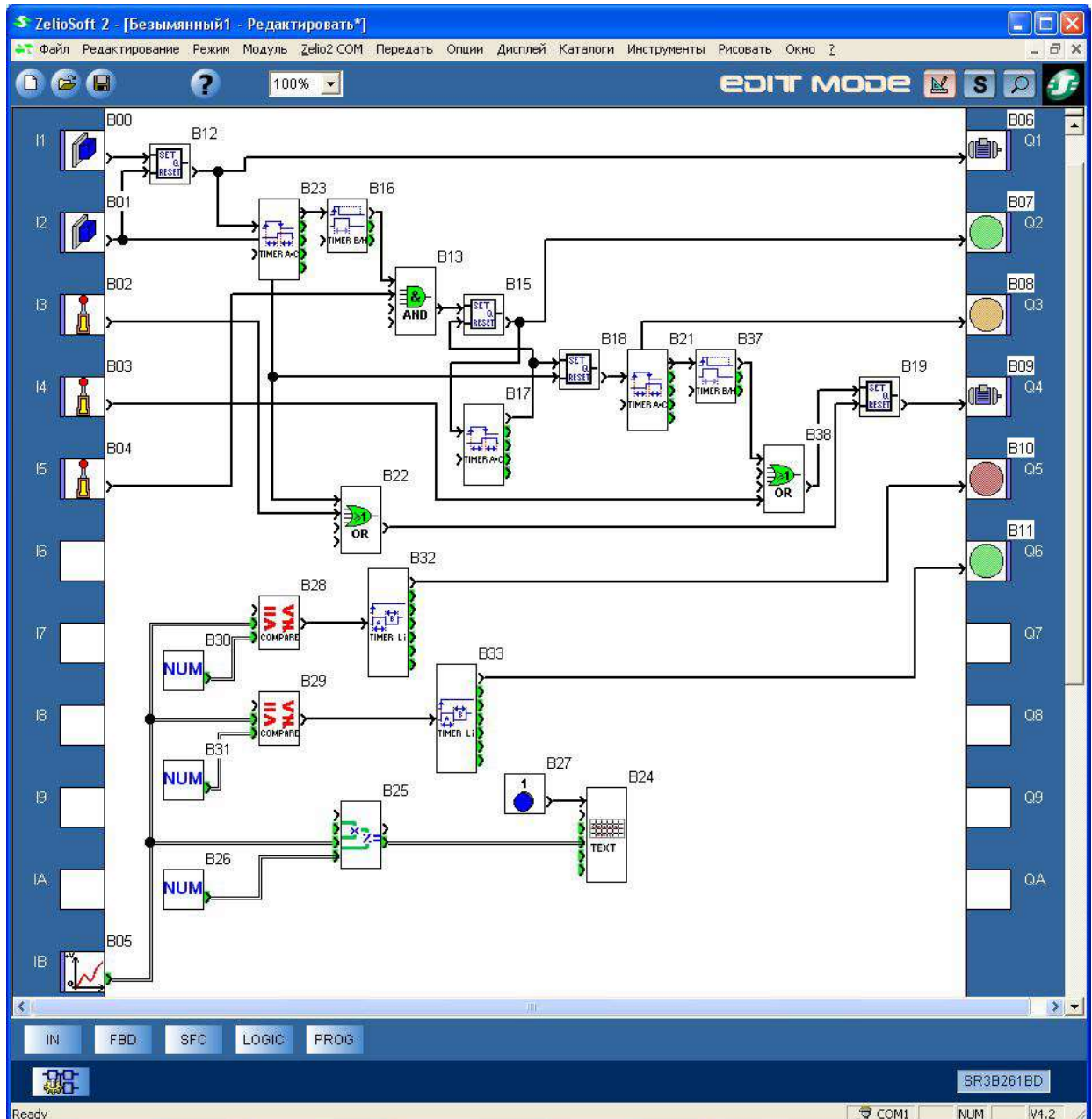


Рисунок 4.13 - Програма управління автоматизованою молотковою дробаркою ДБ-5 в середовищі FBD

Запропонована програма працює таким чином. В таймерах В23, В17 та В21 задаються затримки на вмикання агрегатів. Першим вмикається вивантажувальний транспортер через тригер В12 та вихід Q1. Таймерами типу Li В32 та В33 встановлюється період вмикання реверсивного двигуна М3 привода регульовальної заслонки. Якщо струм головного двигуна М2 більший за  $1,2 \cdot I_{ном}$  (це значення записується в блокові константи В30), то

умова порівняння « > » в компараторі В28 виконується і таймер В32 активує із заданим періодом імпульсів вихід Q5, що змушує заслонку подачі продукту на подрібнення закриватись. Струм двигуна починатиме зменшуватись, після повернення струму в зону нечутливості (різниця між значеннями констант В30 та В31) заслонка припинить переміщення, оскільки вихід Q5 більше активуватись не буде. При зниженні струму двигуна нижче  $0,8 \cdot I_{ном}$  ланцюжок відкривання заслонки через компаратор В29, таймер В33 та вихід Q6 працює аналогічно.

Таймери В16 та В37 типу ВН (формування імпульсу заданої тривалості за переднім фронтом входу) призначені для запобігання повторному встановленню з'єднаних з ними тригерів В15 та В19. Одночасне скидання тригера В15 та встановлення тригера В18 від таймера В17 призначене для перемикання виходів з Q2 на Q3, які з'єднуються з магнітними пускачами головного двигуна дробарки, забезпечуючи перемикання обмоток двигуна з схеми «Y» на схему «Δ».

Поставлена задача навіть з допомогою уже вказаних інструментів в програмному забезпеченні Zelio Soft може бути вирішеною по різному. В програмі потрібно передбачити блок текстового повідомлення (на рисунку 4.13 – блок В24), який викликатиметься на екран контролера натисненням функціональної клавіші Z1, в повідомленні відобразити поточне значення навантаження двигуна (входу ІВ, поділеному на ваговий коефіцієнт переведення в одиниці струму:  $k = 250 \text{ од.} / 50 \text{ А} = 5$ ).

### **4.3 Розробка системи управління установкою первинного зберігання молока**

Автоматизована установка для первинного зберігання молока працює в циклічному режимі згідно з функціональною схемою, яка подана на рисунку 4.14.

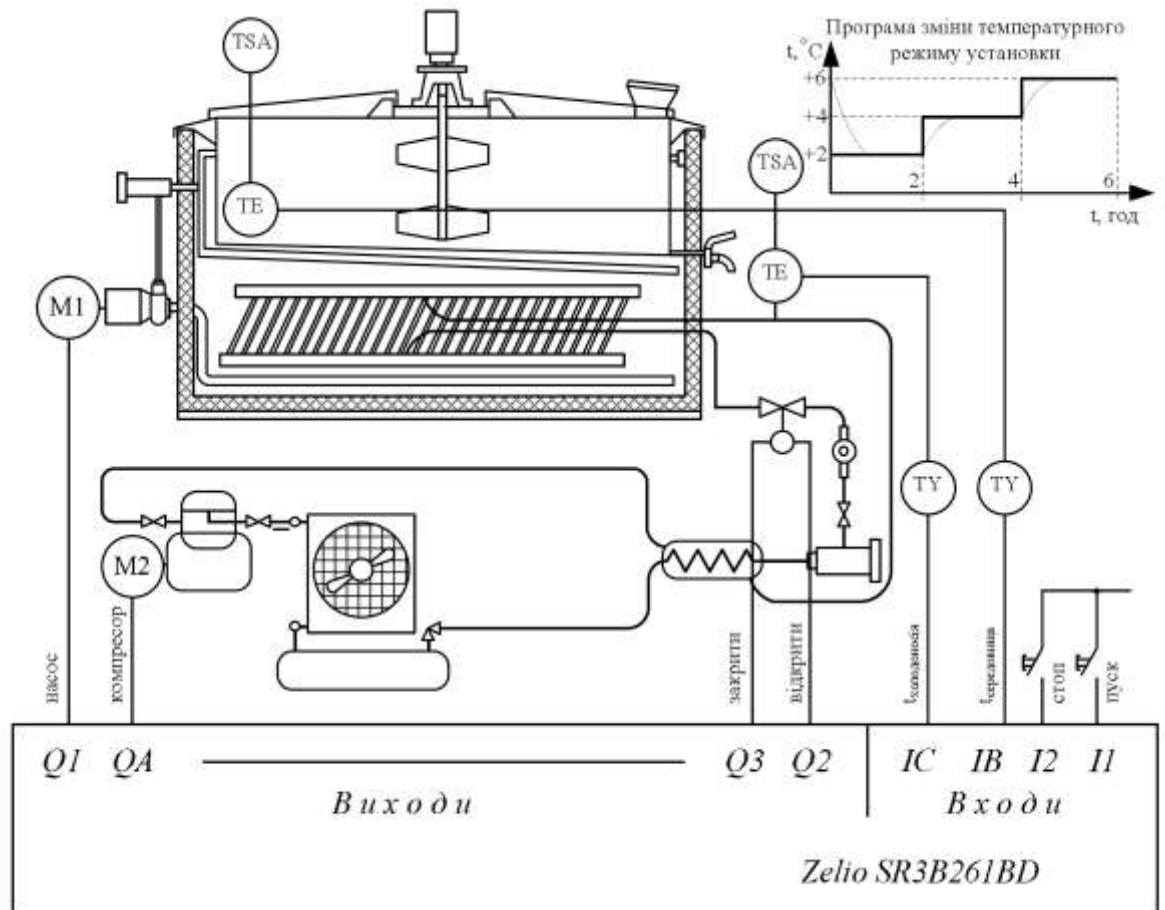


Рисунок 4.14 - Функціональна схема системи управління установкою первинного зберігання молока

Розсіл подається насосом із збірників холодоносія і проходить через змійовик кожухотрубного випарника. Тут він нагріває аміак, який знаходиться навколо змійовика із холодоносієм, в киплячому стані.

В результаті теплообміну розсіл охолоджується до температури близько  $-10^\circ\text{C}$  і поступає до холодильних камер споживачів холоду. Охолоджуючи середовище в холодильній камері, розсіл відбирає від нього теплоту, яку потім знову віддає у випарнику аміаку. У випарнику аміак переходить з рідкого стану в пароподібний і відсмоктується звідти компресором та нагнітається через масловіддільник в конденсатор. Востанньому під дією значного тиску та охолоджувальної води (близько



10°C) пари аміаку починають конденсуватись і холодоагент переходить в рідкий стан.

З конденсатора вже рідкий аміак поступає в ресивер, а звідти – знову в кожухотрубний випарник. Далі кругообіг холодоагенту та холодоносія продовжується аналогічно. Масловіддільник призначений для відділення крапель масла від парів аміаку, попадання яких в систему можливе при несправній системі змащування компресора. Ресивер служить для акумуляції невеликого запасу холодоагенту та створення гідравлічного затвору між областями високого (конденсатор) та низького (кожухотрубний випарник) тисків.

Приклад функціональної схеми системи управління автоматизованою установкою для первинного зберігання молока поданий на рисунку 4.14.

Основними елементами, які використовуватимуться в процесі розробки проекту на модулях Zelio, є дискретні входи Ix, дискретні виходи Qx, таймери Tx, аналогові компаратори Ax, лічильники Cx та компаратори лічильників Vx (де x – номер елемента даного виду в програмі). Доступ до них – з нижньої панелі інструментів Zelio Soft. При програмуванні мовою FBD кількість виходів контролера має відповідати кількості керованих елементів, як показано на рисунку 4.14. Слід передбачити два дискретні входи, які підключатимуться до кнопок управління установкою («Пуск» та «Стоп»), та два комбінованих входи модуля (починаючи з IВ), які повинні підключатися до вимірювального перетворювача температури відповідно молока та холодоносія.

Приклад розробленої в середовищі FBD програми управління автоматизованою установкою для первинного зберігання молока подано на рисунку 4.15

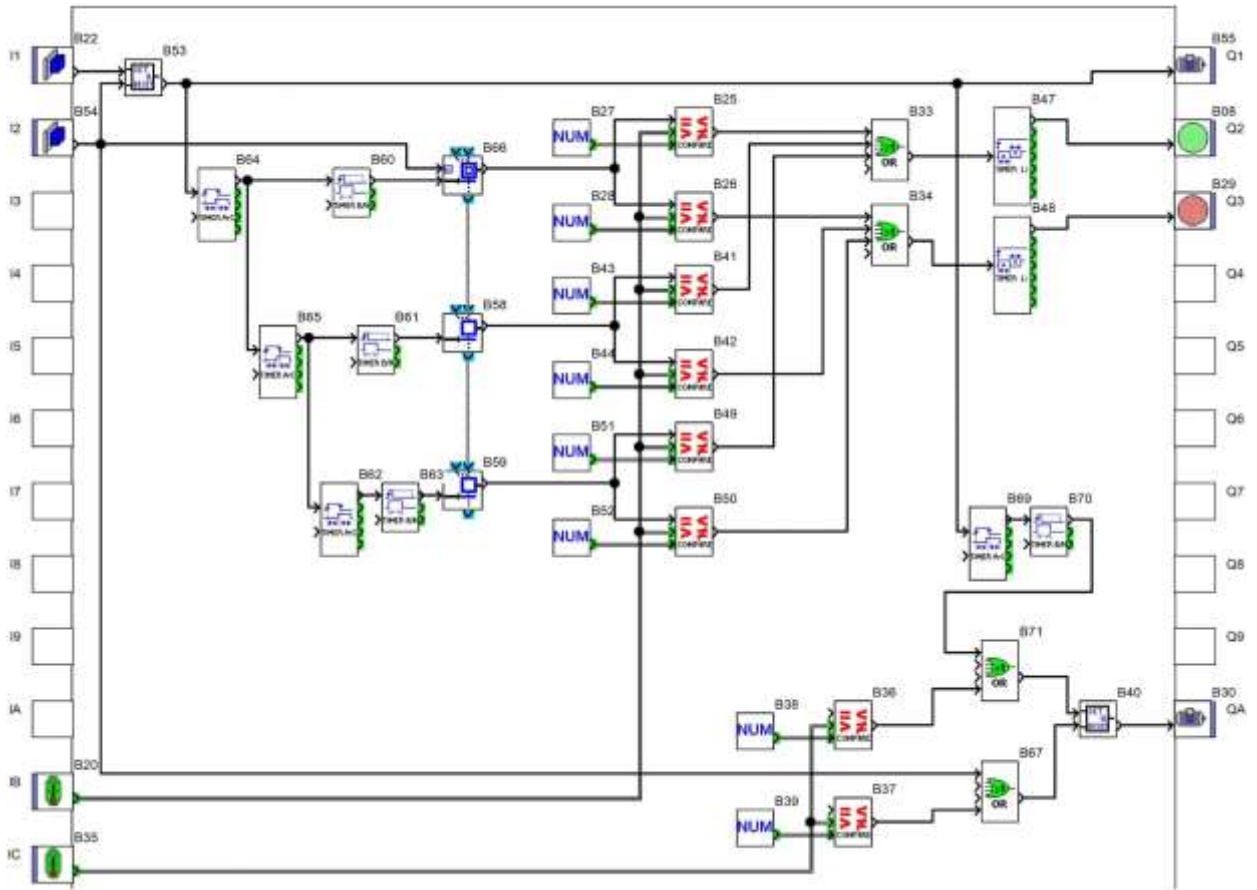


Рисунок 4.15 - Програма управління холодильною установкою  
первинного зберігання молока в середовищі FBD

Запропонована програма працює таким чином. При натисненні кнопки «Пуск», яка з'єднана з входом I1 модуля відбувається запуск установки в автоматичному режимі. Встановлюється тригер B53, а також активується вихід Q1 і вмикається електропривод M1 циркуляційного насоса холодоносія. Одночасно запускається таймер B69, який встановлює час затримки на вмикання електропривода компресора M2 відносно електропривода циркуляційного насоса (цим забезпечується умова зблокованого пуску цих електроприводів). Після закінчення витримки часу вихід таймера B69 активується, а на виході імпульсного таймера B70 формується імпульс заданої тривалості, наприклад 1 сек. Тривалості цього імпульсу достатньо для встановлення тригера B40, що з'єднаний своїм входом «Set» через елемент АБО B71 з вказаним імпульсним таймером B70.

Після встановлення тригера В40 активується вихід QA модуля, що відповідає за вмикання електропривода компресора М2.

Автоматичне управління електроприводом компресора здійснюється у функції температури холодоносія. Вказаний параметр вимірюється датчиком температури, з'єднаним з входом IC модуля (рисунок 4.15). Сигнал про температуру холодоносія поступає на перші входи компараторів В36 та В37. На другі входи цих компараторів подається від блоків констант В38 та В39 відповідно верхнє та нижнє допустимі значення температури холодоносія. При пониженні температури холодоносія нижче допустимої виконується умова порівняння сигналів у компараторі В37 «<» і через елемент АБО В67 відбувається скидання тригера В40 та деактивація виходу QA, що відповідає вимкненню компресора. Температура холодоносія при цьому почне підвищуватися. Після досягнення верхнього допустимого значення виконається умова компаратора В36 «>» і через елемент АБО В71 відбудеться повторне встановлення тригера В40, активація виходу QA та пуск електропривода компресора М2.

Відразу після запуску установки активним є логічний вихід блока SFC В66 типу Resettable initial step. При цьому активними є компаратори В25 та В26 верхнього та нижнього значень температури середовища на першій ступені регулювання згідно із заданою програмою. На цьому ступені повинна підтримуватися температура  $+2^{\circ}\text{C}$  (рис. 2.5.1), тому в блоках констант В27 та В28 записуються відповідно допустимі відхилення температури відносно вказаного заданого значення (наприклад верхнє  $+3^{\circ}\text{C}$  та нижнє  $+1^{\circ}\text{C}$ ). Якщо температура середовища, яка вимірюється датчиком, з'єднаним з входом IV модуля, вище верхнього допустимого значення, то на виході компаратора В25 формується сигнал лог. 1, який через елемент АБО В33 активує імпульсний таймер В47. Вказаний таймер формує імпульси відповідної тривалості та встановленої паузи між ними і з цією ж періодичністю відбувається активація виходу Q2 модуля. Електропривод регулюючого органу подачі холодоносія у бак- охолоджувач молока, з'єднаний з вказаним

виходом (рисунок 4.14) відкриватиме регулюючий орган, подача холодоносія збільшиться і температура молока почне знижуватися. Після повернення температури в зону допустимих значень вихід компаратора В25 деактивується і таймер В47 перестане формувати імпульси на відкривання регулюючого органу.

При пониженні температури нижче допустимого значення відбувається активація виходу компаратора В26, запуск імпульсного таймера В48 та періодична активація виходу Q3, що відповідає за вмикання електропривода регулюючого органу подачі холодоносія в напрямку закривання.

Після закінчення часу першого ступеня програмної зміни температури в бакові-охолоджувачі, встановленому в таймері В64, відбувається формування імпульсу таймером В60 на перехід до наступного ступеня блоків SFC В58 типу Step. При цьому компаратори В25 та В26, робота яких була описана вище, деактивуються, а замість них стає активною ланка формування сигналів на запуск імпульсних таймерів В47 та В48, що складається з блоків констант В43 та В44 і компараторів В41 та В42. Узгодження сигналів попередніх компараторів В25, В26 та активних В43, В44 з входами таймерів, відбувається через елементи АБО В33 та В34. Принцип формування сигналів той же, але задані значення температури в боках констант В43 та В44 відповідають другому ступеню регулювання температури (верхня  $+5^{\circ}\text{C}$  та нижня  $+3^{\circ}\text{C}$ ).

Після закінчення часу роботи системи на другому ступеня, тривалість якої встановлюється таймером В65, відбувається формування імпульсу таймером В61 на перехід до наступного ступеня блоків SFC В59 типу Step. Запускається третя ланка регулювання температури, що складається з блоків констант В51 та В52, а також з компараторів В49 та В50. В блоках констант записуються верхнє та нижнє допустимі значення температури на третьому ступені (наприклад  $+7^{\circ}\text{C}$  та  $+5^{\circ}\text{C}$ ).

Після вичерпання часу зберігання молока і програмної зміни температури в бакові-охолоджувачі активується вихід таймера В62,

імпульсний таймер В63 припиняє роботу третього ступеня регулювання температури, що керується від блока SFC В59. Повторний запуск описаної програмної зміни температурного режиму бака-охолоджувача відбудеться після повторного пуску установки. Зупинка автоматичного управління електроприводами установки відбувається після подачі сигналу від кнопки управління на вхід І2 модуля. При цьому тригери В53 та В40 скидаються, електроприводи насоса та компресора вимикаються, а блоки SFC В66, В58 та В59 переходять в вихідний стан.

## 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Розрахунок капітальних вкладень

Замовник для модернізації стенда для дослідження автоматичних систем керування з використанням ПЛК Zelio залучає власні кошти для реалізації технічного рішення зі створення апаратного наповнення стенда. Він несе витрати на розробку, впровадження та експлуатацію розробки.

Модернізація установки передбачає встановлення ПЛК Zelio та відповідних електротехнічних компонентів імітатора сигналів, які дозволять створити замкнену систему керування. Такий підхід дозволить покращити навчальний процес із дисципліни «Автоматизація технологічних комплексів».

Всі витрати, пов'язані з реалізацією проекту називають капітальними вкладеннями. До капітальних вкладень відносять витрати на розробку проекту, придбання обладнання, доставку, монтаж і налагодження. Затрати на монтаж та придбання системи автоматизації зведено в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Кошторис набору елементів стенда

Елемент	Ціна, грн
1. Автоматичний вимикач GV2L08;	240
2. Пристрій плавного пуску і зупинки Altistart01 ATSU01N206LT;	3520
3. Пост кноповий+контактор в корпусі LE1M35Q7;	958
4. Блок живлення 220/24 ABL7RE2401;	300
5. Інтелектуальне реле Zelio SR3B261BD;	5226
6. Модуль розширення Modbus SR3MBU01BD;	466
7. Кабель для моніторингу/програмування SR2CBL01 (COM);	280
8. Кабель для моніторингу/програмування SR2CBL06(USB);	370
9. Перемикач режимів роботи пристрою плавного пуску;	120

## Продовження таблиці 5.1

10. Пост кнопковий зовнішнього керування пристроєм плавного пуску;	150
11. Імітатор входів/виходів інтелектуального реле;	420
12. Електродвигун асинхронний АИР56В4У3 0,18кВт, 1480хв <sup>-1</sup> ;	1400
Всього	13450
Затрати на монтаж і транспорт	13450·0,13=1748
Всього	15198

**5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат**

Експлуатаційні витрати включають витрати на забезпечення нормального функціонування певного технічного рішення в період його експлуатації в розрахунку на рік.

Вартість споживаної активної потужності за рік:

$$C_{A.E} = \frac{P_{н.Е}}{\eta} \cdot \Phi \cdot k_b \cdot c, \quad (5.1)$$

де  $P_{н.Е}$  – потужність (кВт);

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії системи;

$\Phi$  – річний час роботи системи керування;

$c$  – тариф на електроенергію (2,8 грн/кВт·год);

$k_b$  – коефіцієнт використання ( $k_b = 0,5$ ).

$$C_{A.E} = \frac{0,18}{0,9} \cdot 1000 \cdot 0,5 \cdot 2,1 = 210 \text{ (грн)}.$$

Вартість реактивної енергії:

$$C_{P.E} = C_{A.E} \cdot D \cdot \operatorname{tg}\phi \cdot (1 + 1,3 \cdot (\operatorname{tg}\phi - 0,25)^2), \quad (5.2)$$

де  $D$  – економічний еквівалент реактивної потужності ( $D=0,1$ );

$\operatorname{tg}\phi$  – коефіцієнт реактивної потужності ( $\operatorname{tg}\phi=0,75$ ).

$$C_{P.E} = 210 \cdot 0,1 \cdot 0,75 \cdot (1 + 1,3 \cdot (0,75 - 0,25)^2) = 20 \text{ (грн)}.$$

Загальну вартість споживаної електроенергії можна оцінити за формулою:

$$C_{E.E} = C_{A.E} + C_{P.E}. \quad (5.3)$$

$$C_{E.E} = 210 + 20 = 230 \text{ (грн)}.$$

Тарифна ставка першого розряду  $TC_1 = 25$  грн/год. Розрахуємо тарифну ставку електромеханіка 5-го розряду (таблиця 5.2).

Таблиця 5.2 – Тарифна сітка погодинників

Тарифні розряди	I	II	III	IV	V	VI
Тарифні коефіцієнти	1	1,5	1,8	2,03	2,33	2,7

Відповідно із таблицею тарифний коефіцієнт для 5 розряду складає 2,33. Розраховуємо тарифну ставку:

$$TC_5 = 2,33 \cdot 25 = 58,25 \text{ (грн/год)}. \quad (5.4)$$

Заробітну плату персоналу за рік визначаємо за формулою:

$$Z_{\text{обс}} = N \cdot I_A \cdot F_q \cdot 1,2, \quad (5.5)$$

де  $N$  – кількість обслуговуючого персоналу, чел.;

$I_A$  – тарифна ставка за годину роботи персоналу, грн.;

$F_q$  – фонд часу робочого обслуговуючого персоналу;

1,2 – коефіцієнт, що враховує доплати, додаткову заробітну плату і відрахування на соціальне страхування.

Таким чином згідно норм по обслуговуванню електрообладнання необхідні один електромонтер V розряду

Годинна тарифна ставка станом на 2019 рік:



для електромонтерів V розряду – 58,25грн/год;

Фонд часу робочого обслуговування персоналу на рік, год:

$$F_q = k \cdot T_p, \quad (5.6)$$

де  $k$  – тривалість обслуговування системи автоматизації за зміну;

$T_p$  – кількість робочих днів на рік.

Приймаємо тривалість обслуговування 0,5 год/зміну, кількість робочих днів 250 днів, то фонд часу робочого обслуговування на рік буде:

$$F_q = 0,5 \cdot 250 = 125 \text{ (год)}.$$

Тоді заробітна плата персоналу, який займається налагоджуванням складе:

$$Z_{\text{обс}} = 1 \cdot 58,25 \cdot 125 \cdot 1,2 = 8737 \text{ (грн)}.$$

Поточний ремонт системи автоматизації здійснюється на місці встановлення з його відключенням від мережі силами ремонтного персоналу.

Витрати на проведення ремонтних робіт складаються з витрат на комплектуючі, з витрат на запасні частини та інші елементи, які підлягають заміні, а також з витрат на оплату праці персоналу, який проводить ремонтні роботи. Для визначення витрат на оплату праці ремонтників необхідно розрахувати трудомісткість ремонтних робіт. Трудомісткість ремонтних робіт визначається згідно графіка планово-попереджувальних ремонтів, у якому показано тривалість міжремонтних періодів та трудомісткість кожного виду ремонту.

Графік планово-попереджувальних ремонтів наведено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Графік ремонтів

Найменування обладнання	Види ремонтів по місяцях												Трудомісткість, люд-год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Система керування			2						2				4
Комутаційна апаратура						2			2				4
Електромеханічна система			2			2			2		2		8
Загальна трудомісткість												16	

Ремонтні роботи проводить електромеханік п'ятого розряду. З врахуванням того, що відома трудомісткість робіт, з (5.3), матимемо:

$$E_{zo} = l_A \cdot \Phi_{ef}, \quad (5.7)$$

$$E_{zo} = 58,25 \cdot 16 = 932 \text{ (грн)},$$

Витрати на матеріали, комплектуючі та запасні частини для поточного ремонту приймають рівними 15% від затрат на основну заробітну плату. Отже, витрати на матеріали для ремонтів становлять:

$$8737 \cdot 0,15 = 1311 \text{ (грн)},$$

Всього витрати на поточний ремонт обладнання становлять:

$$E_{пр} = 932 + 1311 = 2243 \text{ (грн)}.$$

Дрібні та невраховані витрати – це витрати, на послуги найманого транспорту, оплату опалення, освітлення, вентиляції приміщень; витрати на утримання ділянок, на придбання інвентарю; затрати по техніці безпеки і охороні праці; затрати на відрядження.

Дрібні та невраховані витрати в середньому становлять 6% загальної

суми експлуатаційних витрат (без врахування амортизаційних відрахувань):

$$C_{M.E} = 0,06 \cdot (C_{E.E} + Z_{обс} + E_{пр}). \quad (15.8)$$

$$C_{M.E} = 0,06 \cdot (230 + 8737 + 2243) = 672 \text{ (грн)}.$$

Амортизаційні відрахування – відрахування, які йдуть на повне або часткове повернення затрат, пов'язаних із зносом обладнання.

Середні амортизаційні відрахування визначаються за формулою:

$$A_E = \frac{K \cdot H_B}{100}, \quad (5.9)$$

де  $K$  – капіталовкладення, грн;

$H_B$  – норма амортизаційних відрахувань.

$$A_E = \frac{15198 \cdot 10}{100} = 1520 \text{ (грн)}.$$

Тоді сумарні річні експлуатаційні витрати визначаємо за формулою:

$$E_E = Z_{обс} + C_E + C_{M.H} + E_{пр} + A, \quad (5.10)$$

$$E_E = 8737 + 230 + 1223 + 672 + 1520 = 12382 \text{ (грн)}$$

У результаті проведених розрахунків можна зробити висновок, що впровадження нового для дослідження автоматичних систем керування з використанням ПЛК Zelio є економічно вигідним та не потребує значних затрат.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

У бакалаврській роботі розробляється система автоматичного керування. Система автоматичного керування, має у своєму складі велику кількість обладнання з різними виробничими потужностями, умовами експлуатації та характером середовища, в якому вона встановлена.

На оперативний електротехнічний персонал, який здійснює обслуговування системи автоматичного керування за ГОСТ 12.0.003-74 впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

а) фізичні:

- підвищена та знижена температура повітря робочої зони;
- підвищена та знижена температура поверхонь обладнання;
- підвищена та знижена рухливість повітря;
- підвищена та знижена вологість повітря;
- підвищена запиленість повітря робочої зони;
- недостатність природного освітлення;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може відбутись через тіло людини;
- підвищений рівень вібрації,

в) психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (динамічні);
- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці).

### 5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

Живлення підприємства, де встановлена система автоматичного керування, здійснюється від п/ст 10/0,4 кВ кабельними лініями, що прокладені в траншеях. Відповідно з ГОСТ 12.1.013-78 умови праці за

ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є особливо небезпечними умовами, тому що роботи здійснюються поза приміщеннями.

Згідно із ГОСТ 12.1.030-81, в якості захисту від ураження людей електричним струмом застосовується заземлення. Крім того безпека експлуатації при нормальному режимі роботи забезпечується застосуванням ізолювальних пристроїв, огороженням струмоведучих частин, використанням малих напруг. Особи, що обслуговують електроустановки повинні користуватися ЗІЗ - спецвзуття, рукавиці. Засоби захисту необхідно періодично випробувати, їх слід захищати від механічних пошкоджень, впливу факторів, що погіршують їх діелектричні властивості.

Загальні вимога безпеки до виробничого обладнання встановлені згідно з ГОСТ 12.2.003-74, в якому визначені вимоги до основних елементів конструкції, органів управління і засобів захисту, які входять в конструкцію виробничого обладнання любого виду і призначення.

Електропривід насосів, вентиляторів, іншого обладнання повинний бути виконаний відповідно до Правил устрою електричних установок.

В установках напругою до 1 кВ огороження роблять суцільними. Безпечні відстані між огороженнями і не ізолюваними струмоведучими частинами регламентується ПУЕ і в установках до 1 кВ із суцільними огороженнями - 5см. Висота розміщення не огорожених струмоведучих частин залежить від значення напруги і рівня підготовки людей, що працюють з електроустановками. Струмоведучі частини напругою до 1 кВ у місцях, де працюють люди, висота розміщення повинна бути не менше 3,5 м. Постійний контроль за ізоляцією, тому що протягом часу відбувається старіння ізоляції, що може привести до пробію і створити небезпеку при дотику людини до ізолюваних проводів. Використовують наступні кольори для маркування ізоляції: чорна - для силових ланцюгів; червона - для ланцюгів керування.

Обов'язкова установка захисного заземлення і занулення та захисного відключення. При роботі з електроустановками існують основні і додаткові

електрозахистні засоби. До основних відносяться: ізолюючі штанги; ізолюючі і струмовимірювальні кліщі; слюсарно-монтажні інструменти з ізолюючим руків'ям. До додаткових відносяться: діелектричні рукавички; переносне заземлення; огорожуючі пристосування; плакати та знаки безпеки.

На ключах керування і приводах роз'єднувачів віддільників і вимикачів навантаження, а також на підставках запобіжників, за допомогою яких може бути подана напруга до місця робіт, вивішують плакат: "Не включати - працюють люди". На вентилях, що закривають доступ повітря в пневматичні приводи таких апаратів, вивішується плакат: "Не відкривати - працюють люди".

Передбачена проектом апаратура повинна експлуатуватися у відповідності з паспортними значеннями номінального струму та напруги. В процесі експлуатації слід постійно контролювати стан контактних сполучень та ізоляції апаратури, відсутність слідів дуги та оплавлення ошиновування, опір ізоляції силових та освітлювальних мереж, правильність підключення. На всіх підготовлених місцях роботи після накладається заземлення вивішується плакат "Працювати тут".

## **5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії**

### **5.2.1 Мікроклімат**

Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99.

Мікроклімат приміщення для оперативного персоналу характеризується наступними чинниками: температурою повітря, відносною вологістю повітря, швидкістю руху повітря, інтенсивністю теплового випромінювання.

Робота оперативного персоналу відноситься до категорії Іб по важкості праці. Енерговитрати за цією категорією становлять - до 140-174Вт.

Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень приведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Допустимі норми параметрів повітря

Період року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість	Швидкість руху, X
		Допустима	Допустима		
		Верхня межа	Нижня межа	Допустима	Допустима
Холодний	Іб	20-24	17-25	75	не більше 0,2
Теплий		21-28	19-30	55 при 27 °С	0,1-0,3

### 5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично-допустимими концентраціями (ГДК) в мг/м<sup>3</sup>.

В приміщенні виділяється пил нетоксичний. При роботі системи вентиляції, провітрюванні у приміщенні може попадати пил та інші шкідливі речовини, які виділяються при технологічних процесах в теплиці і знаходяться повітрі навколишнього середовища. Їх ГДК відповідно до [10] наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2- Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин для повітря атмосфери, в робочій зоні

Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>		Клас небезпеки
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Окис вуглецю	3	1	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони відповідно до ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ проектом передбачені наступні рішення:

- застосування пиловідсмоктуючих агрегатів з рукавними фільтрами , які встановленні безпосередньо на дільницях біля обладнання із яких очищене повітря поступає у виробниче приміщення;

- необхідно проводити контроль за ГДК шкідливих речовин у приміщенні;

застосовувати природну вентиляцію: організовану і неорганізовану.

### 5.2.3 Виробниче освітлення

Природне освітлення. Приміщення для оперативного персоналу знаходиться у Вінницькій області, система природного освітлення відноситься до бокової. Характеристика робіт у приміщенні - середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 розряд зорової роботи IV, підрозряд «в». При боковому освітленні КПО(  $e_n = 0,9\%$ ).

Нормоване значення КПО для даного виробничого приміщення розраховуємо за формулою:

$$e_N = e_n \cdot m_N, \quad (5.1)$$

де  $m_N$  - коефіцієнт світлового клімату,  $m_N = 0,9$ ,

$$e_N = 0,9 \cdot 0,9 = 0,8\%.$$

Природне освітлення одностороннє і здійснюється через вікна, які орієнтовані на схід.

Штучне освітлення. Правильна експлуатація установок природного і штучного освітлення відіграє важливу роль для створення високого рівня освітленості в приміщеннях і економії електроенергії, що витрачається на



штучне електричне освітлення. Норми освітленості при штучному освітленні занесені до таблиці 5.3

Таблиця 5.3 - Норми освітленості при штучному освітленні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк	
						Штучне освітлення	
						Комбіноване	Загальне
Середньої точності	Вище 0,5 до 1	IV	в	Середній, малий	Середній, темний	400	200

Для освітлення м'якого відділу вибираємо світильники прямого світла ЛПО-02 з двома люмінесцентними лампами. Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 4,5 метра.

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

#### 5.2.4 Виробничий шум

Джерелом шуму є технологічне обладнання, машини, механізми - механічний шум.

Шум - це хаотична сукупність різних за силою і частотою звуків, що заважають сприйняттю корисних сигналів і негативно впливають на людину.

Постійна дія сильного шуму може не лише негативно вплинути на слух, але й викликати інші шкідливі наслідки - дзвін у вухах, запаморочення, головний біль, підвищення втоми, зниження працездатності.

Шум має кумулятивний ефект, тобто акустичні подразнення, накопичуючись в організмі людини, все сильніше пригнічують нервову систему. Тому перед втратою слуху від впливу шумів виникає функціональний розлад центральної нервової системи. Особливо шкідливий вплив шуму позначається на нервово-психічній діяльності людини. Процес нервово-психічних захворювань вищий серед осіб, що працюють у гомінких умовах, ніж у людей, що працюють у нормальних звукових умовах.

Відповідно рівень звуку вимірюється в децибелах і визначається по формулі:

$$L = 10\lg(I/I_0) = 10\lg(p/p_0) = 10\lg(U/U_0) \quad (5.2)$$

де  $L$  - рівень шуму, дБ;

$p$  - звуковий тиск, Па;

$U_0$  - коливальна швидкість, 5-10 м/с;

$P_0$  - нульове значення звукового тиску, умовно прийняте рівним  $2 \cdot 10^5$  Па.

При санітарно-гігієнічному нормуванні шуму використовують два методи:

- нормування за гранично допустимим спектром шуму;
- нормування рівня звуку за шкалою  $A$  шумоміра.

За характером спектру шум - широкосмуговий з безперервний спектром, за шириною більше октави; за тональною характеристикою постійний; за походженням - гідродинамічний.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приймаються за вимогами СН 32.23-85 і наведені в таблиці 5.4 .

Таблиця 8.5 - Допустимі рівні звукового тиску

Робоче місце	Рівні звукового тиску в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Для зменшення рівня шуму до допустимого в цеху двигуни виконуються в металевому кожусі, а також виконують змащення, застосовують пластмасові деталі, використовують протишумні навушники, які закривають вушну раковину.

### 5.2.5 Виробничі вібрації

Вібрацією називають механічні коливання пружних тіл або систем, коли відбувається переміщення центра їх ваги в просторі відносно статичного стану. Загальна вібрація передається на тіло через опорні поверхні людини, що стоїть чи сидить (підшви ніг або сидниці).

Таблиця 5.5 - Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація:	1,3	0,45	0,22	0,2	0,2	0,2	-	-	-	-
На постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	108	99	93	92	92	92				

В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, м/с  $10^{-2}$ , знаменнику - логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Основними методами колективного віброзахисту є зниження вібрації шляхом дії на джерело виникнення: відстрочка від режиму резонанс; динамічне гасіння коливань, заміна конструктивних елементів уставок і будівельних конструкцій. Засоби індивідуального захисту діляться на засоби для ніг, рук та тіла працюючого.

### **5.3 Пожежна безпека**

Приміщення для оперативного персоналу відноситься до категорії Д – негорючі речовини у холодному стані.

Будівля, де воно розташоване, характеризується III ступенем вогнестійкості.

До III ступенем вогнестійкості відносяться будівлі з штучними та захисними конструкціями з природних та штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриття допускається застосування дерев'яних інструкцій, захищених штукатуркою або важкогорючими листовими, а також нитковими матеріалами. До елементів покриття висуваються вимога по межах огнестійкості та межах розповсюдження полум'я; при цьому елементи укриття з деревини піддаються вогнезахисній обробці.

Межі вогнестійкості занесені у таблицю 5.6

У чисельнику вказуються межі вогнестійкості будівельних конструкцій; у знаменнику - межі розповсюдження полум'я по них.

Таблиця 5.6 - Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій і максимальні межі розповсюдження полум'я по них.

Ступінь вогнестійкості будівлі	Стіни				Колони	Сходові площадки, балки, косоури, марші сходових кліток	Плити, настили (з утеплювачем), несучі конструкції перекриття	Елементи перекриття	
	Несучі	Самонесучі	Зовнішні несучі	Внутрішні несучі (перегородки)				Плити, настили, прогони	Балки, ферми, арки, рами
III	1/0	0,5/0	0,2/40	0,2/40	0,25/0	1/0	0,25/0	0,25/25	0,25/0

В таблиці 5.7 приведені протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх огнестійкості

Таблиця 5.7 - Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості

Номер п/п	Протипожежна перешкода	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальні межі вогнестійкості протипожежних перешкод або їх елементів, год
1	Протипожежні стіни	2	0.75
2	Протипожежні перегородки	2	0.25
3	Протипожежні перекриття	3	0.75
4	Протипожежні вікна і двері	3	0.25

В таблиці 5.8 приведена допустима кількість поверхів і площа поверху і межах пожежного відсіку будівлі відповідно до ступеня вогнестійкості.

Таблиця 5.8 - Допустима кількість поверхів і площа поверху в межах пожежного відсіку будівлі.

Категорія будівлі (пожежних відсіків)	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості будівлі	Площа поверху в межах пожежного відсіку, м <sup>2</sup> , будівель		
			Одноповерхових	багатоповерхових	
				2 поверхи	3 поверхи і більше
В	1	III	не обмежується		
			5200	-	-

Мінімальні відстані між будівлями і спорудами відповідно до III ступеня вогнестійкості становлять 12 м.

У випадку виникнення пожежі робітники повинні: прийняти всі заходи по ліквідації вогню; місце, яке загорілось слід гасити вогнегасником; при загоранні електропроводів слід відключити лінію, а ізоляцію електропроводів необхідно гасити тільки вуглекислотним вогнегасником або піском; зупинити обладнання.

Коридори будівлі обладнані водогазом. Площа приміщення становить 542 м<sup>2</sup>, необхідно встановити біля входу 1 пожежний щит (стенд). До комплексу засобів пожежогасіння, які розміщені на ньому, включенні: вогнегасники ВП-5 – 3 шт., ящик з піском – 1 шт., покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу або повсті розміром 2м х 2м – 1 шт., гаки – 3 шт., лопати – 2 шт., лопати – 2 шт., сокири – 2 шт.

Ящик для піску повинен мати місткість 1.0 м<sup>3</sup> та бути укомплектований совковою лопатою. Конструкція ящика повинна забезпечувати зручність діставання піску та виключати попадання опадів.

## ВИСНОВКИ

В даній магістерській кваліфікаційній роботі було розроблено програмні та алгоритмічні рішення щодо підвищення функціональних можливостей стенда для дослідження автоматичних систем керування з використанням ПЛК Zelio в умовах лабораторії систем автоматизації.

В роботі вирішена задача збільшення функціональних можливостей стенда для дослідження автоматичних систем керування з використанням ПЛК Zelio за рахунок застосування електромеханічного виконавчого механізму.

Розроблено апаратно програмний комплекс, який реалізує задачі автоматизації типових технологічних процесів з використанням ПЛК Zelio. Також здійснено підготовку методичних вказівок для студентів, які будуть освоювати сучасне обладнання автоматизації фірми Schneider Electric.

На основі аналізу існуючих підходів до побудови систем керування розроблено концепцію, в якій основну роль відіграє можливість розширення функціональних можливостей системи за рахунок введення додаткових блоків та периферійних пристроїв.

Таким чином запропонований підхід забезпечує можливість застосовувати розроблені алгоритми керування в існуючі системи, а також розширює функціональні можливості пристроїв автоматики.

В роботі в повному обсязі проведено весь комплекс проектних робіт, зокрема розроблено структурну та електричну принципову схему системи керування, а також був описаний їх принцип роботи, та розраховано і вибрано елементи для даної схеми. Також розроблено програмне забезпечення для ПЛК.

Результати роботи засвідчені практичною реалізацією та симуляцією роботи системи автоматичного керування.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ладанюк А. П. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості / А. П. Ладанюк, В. Г. Трегуб, І. В. Ельперін, В. Д. Цюцюра. – К.: Аграрна освіта, 2001.–224 с. – ISBN 966-95661-2-6.
2. Ротач В. Я. Теория автоматического управления / В. Я. Ротач. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 396 с. – ISBN 978-5-383-00326-8.
3. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах : ГОСТ 21.404-85 . – [Введ. 18.04.1985] ]. — М. : Стандартиформ, 2007. — 12 с. — (Межгосударственный стандарт).
4. Ключев А. С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие / Ключев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. А., Ключев С. А. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с. – ISBN 5-283-01505-.
5. Ключев А. С. Настройка средств автоматизации и автоматических систем регулирования: Справочное пособие / Ключев А. С., Лебедев А. Т., Ключев С. А., Товарнов А. Г. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 368 с. – ISBN 5-283-01481-9.
6. Универсальный микропроцессорный регулятор МИК-21-05. Руководство по эксплуатации. – Ивано-Франковск: НПП Микрол, 2009. – 83 с. – ПРМК 421457.103 РЭ.
7. Altivar 31 drives / Преобразователи частоты Altivar 31 Интуитивность и универсальность. – Schneider Electric. – Telemecanique. – ATV31CATRU Ver. 1.0 – 10/2006. – 57 с.
8. Интеллектуальное реле Zelio Logic 2. Руководство пользователя. – Schneider Electric. – Telemecanique. – SR1MAN01RU 3500714300 – 01/2004. – 151 с.



9. Twido. Программируемые контроллеры. Справочное руководство по программному обеспечению. — Schneider Electric. — Telemecanique. — TWDUSE10AF ver 2.1 — 2004. — 478 с.

10. Кобилянський О.В., Терещенко О.П. Методичні вказівки щодо опрацювання розділу “Охорона праці” в дипломних проектах і роботах студентів електротехнічних спеціальностей. – Вінниця: ВНТУ, 2003.- 46 с.

**Додаток А**

**Технічне завдання**

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Факультет електроенергетики та електромеханіки

ПОГОДЖЕНО

заст. декана ФЕЕЕМ з НМР  
\_\_\_\_\_ Бурикін О.Б.

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ЕМСАПТ  
\_\_\_\_\_ д.т.н., проф. В.М. Кутін

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 201\_ р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

на магістерську кваліфікаційну роботу

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОБУДОВИ СИСТЕМ  
АВТОМАТИЗАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЕРА  
ZELIO**

08-16.БДР.008.00.000 ТЗ

Керівник роботи

доц. Паянок О.А.

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 201\_ р.

Розробив студ. гр. ЕПА-18м.

Агілера Рохас Сесар Рафаель

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 201\_ р.

Вінниця ВНТУ 2018

## **1 Загальні відомості**

Повне найменування розробки «Підвищення ефективності побудови систем автоматизації з використанням логічного контролера Zelio».

Скорочене найменування розробки – «Системи автоматизації з використанням логічного контролера Zelio». Замовник – кафедра електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті.

## **2 Підстави для розробки**

Індивідуальне завдання та наказ ректора Вінницького національного технічного університету про затвердження тем дипломних робіт.

## **3 Призначення розробки і галузь використання**

Лабораторний стенд для дослідження автоматичних систем керування з використанням PLC Zelio призначений для навчання побудови систем автоматизації. Галузь використання – навчальні заклади

## **4 Вимоги до розробки**

Лабораторний стенд для дослідження автоматичних систем керування з використанням логічного контролера Zelio повинен забезпечувати відтворення процесів керування з наближенням до реальних умов роботи.. Експлуатація здійснюється в умовах лабораторії.

## **5 Комплектація розробки**

Програмований логічний контролер Zelio, лінія зв'язку, блок живлення, нормовані перетворювачі сигналів , виконавчий механізм, комутаційне обладнання.

## **6 Технічні характеристики**

тип виконавчого механізму – МЕО 40/63 – 0.25,

кількість дискретних каналів керування – 2,

кількість контурів системи автоматизації – 1.

## **7 Джерела розробки**

1. Интеллектуальное реле Zelio Logic 2. Руководство пользователя. – Schneider Electric. – Telemecanique. – SR1MAN01RU 3500714300 – 01/2004. – 151 с.

2. Ладанюк А. П. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості / А. П. Ладанюк, В .Г Трегуб, І. В. Ельперін, В. Д. Цюцюра. – К.: Аграрна освіта, 2001.–224 с. – ISBN 966-95661-2-6.

## **8 Конструктивне виконання**

Лабораторний стенд для дослідження автоматичних систем керування з використанням логічного контролера Zelio виготовляється окремими блоками, котрі реалізуються у відповідності до вимог електробезпеки.

## **9 Показники технологічності**

Лабораторний стенд для дослідження автоматичних систем керування з використанням логічного контролера Zelio виконується на сучасній елементній базі, його монтаж, повинен відповідати правилам влаштування електроустановок.

## **10 Стадії і етапи розробки**

<b>Стадії і етапи розробки</b>	<b>Термін виконання</b>
Основна частина пояснювальної записки	
Графічна частина	
Охорона праці	

## **11 Технічне обслуговування і ремонт**

Технічне обслуговування здійснюється слюсарями-електромонтажниками відповідної кваліфікації. Технічний огляд пристрою здійснюється мінімум один раз на місяць. Ремонт здійснюється інженерами-

електромеханіками фахівцями з електромеханічних систем автоматизації та електропривода.

## **12 Живлення пристрою**

Живлення пристрою повинно бути виконано напругою 220В змінного струму від однофазної мережі

**Додаток Б**

**Ілюстративні матеріали**

## АНОТАЦІЯ

Агілера Рохас Сесар Рафаель Підвищення ефективності побудови систем автоматизації з використанням логічного контролера Zelio. – Магістерська кваліфікаційна робота. – Вінниця: ВНТУ, 2019. – 93 с. Бібл.:10. Іл.:32. Табл.:12.

В даній магістерській кваліфікаційній роботі було розроблено програмні та алгоритмічні рішення щодо підвищення функціональних можливостей стенда для дослідження автоматичних систем керування з використанням ПЛК Zelio в умовах лабораторії систем автоматизації.

В роботі вирішена задача збільшення функціональних можливостей стенда для дослідження автоматичних систем керування з використанням ПЛК Zelio за рахунок застосування електромеханічного виконавчого механізму.

Розроблено апаратно програмний комплекс, який реалізує задачі автоматизації типових технологічних процесів з використанням ПЛК Zelio. Також здійснено підготовку методичних вказівок для студентів, які будуть освоювати сучасне обладнання автоматизації фірми Schneider Electric.

Ключові слова: Zelio, автоматизація, програма, система керування.

## АННОТАЦИЯ

Агилера Рохас Сесар Рафаэль Повышение эффективности построения систем автоматизации с использованием логического контроллера Zelio. - Магистерская квалификационная работа. - Винница: ВНТУ, 2019. - 93 с. Библ.: 10. Ил.: 32. Табл. 12.

В данной магистерской квалификационной работе было разработано программные и алгоритмические решения по повышению функциональных возможностей стенда для исследования автоматических систем управления с использованием ПЛК Zelio в условиях лаборатории систем автоматизации.

В работе решена задача увеличения функциональных возможностей стенда для исследования автоматических систем управления с использованием ПЛК Zelio за счет применения электромеханического исполнительного механизма.

Разработан аппаратно программный комплекс, реализующий задачи автоматизации типовых технологических процессов с использованием ПЛК Zelio. Также осуществлена подготовка методических указаний для студентов, которые будут осваивать современное оборудование автоматизации фирмы Schneider Electric.

Ключевые слова: Zelio, автоматизация, программа, система управления.



## THE SUMMARY

Aguilera Rojas Cesar Rafael Improving the efficiency of building automation systems using the Zelio logic controller. - Master's qualification work. - Vinnitsa: VNTU, 2019 .- 93 p. Bibl .: 10. Ill .: 32. Tab. 12.

In this master's qualification work, software and algorithmic solutions were developed to increase the functionality of the bench for the study of automatic control systems using Zelio PLCs in a laboratory of automation systems.

The work solved the problem of increasing the functionality of the stand for the study of automatic control systems using PLC Zelio through the use of an electromechanical actuator.

A hardware-software complex has been developed that implements the tasks of automating typical technological processes using Zelio PLCs. Also, the preparation of guidelines for students who will master the modern automation equipment of the company Schneider Electric.

Keywords: Zelio, automation, program, control system.

# Підвищення ефективності побудови систем автоматизації з використанням логічного контролера Zelio



*Керівник: к.т.н., доц. Паянок О.А.  
Виконав: ст. гр. ЕПА-18м  
Агілера Рохас Сесар Рафаель*

# Мета, задачі, об'єкт та предмет дослідження

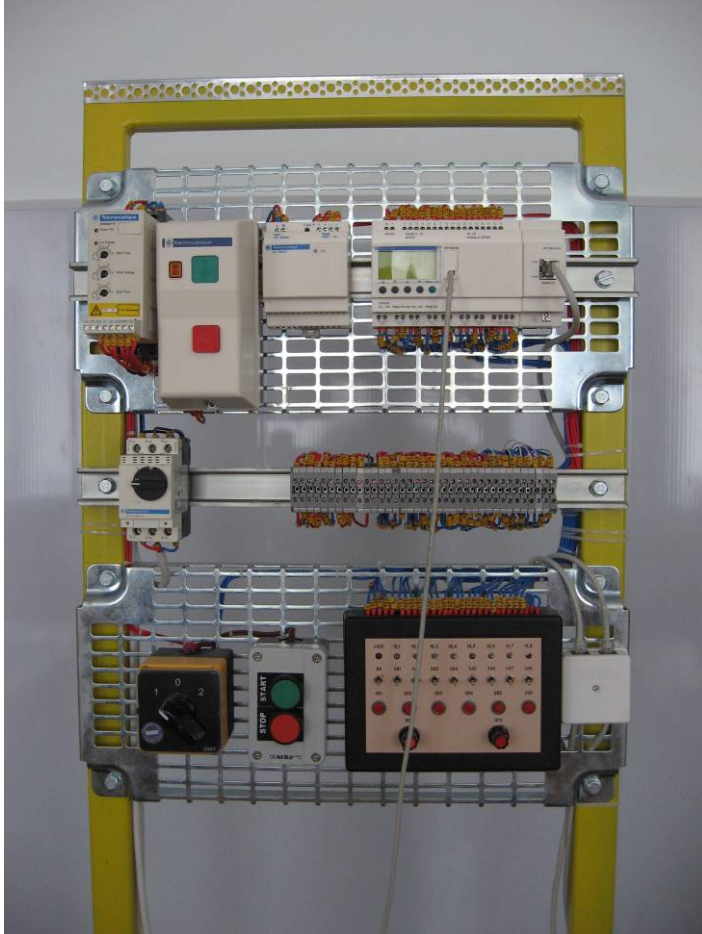
**Мета і завдання дослідження.** Метою даної магістерської кваліфікаційної дипломної роботи є вирішення задачі збільшення функціональних можливостей стенда для дослідження автоматичних систем керування з використанням ПЛК Zelio. Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі **задачі**:

- здійснити аналіз принципів побудови систем автоматичного керування;
- здійснити вибір виконавчого механізму та регулюючого органу;
- розробити програми для розв'язання типових задач автоматичного регулювання з використанням ПЛК Zelio;
- дослідити можливості ПЛК Zelio в галузі розробки систем автоматизації на прикладі заданих технологічних процесів;
- здійснити визначення заходів щодо безпечної експлуатації системи автоматизації.

**Об'єкт дослідження** – процеси автоматичного керування в типових технологічних установках.

**Предмет дослідження** – роботи є апаратно програмний комплекс, який реалізує задачі автоматизації з використанням ПЛК Zelio.

# Загальна характеристика стенда для дослідження програмованого логічного контролера Zelio

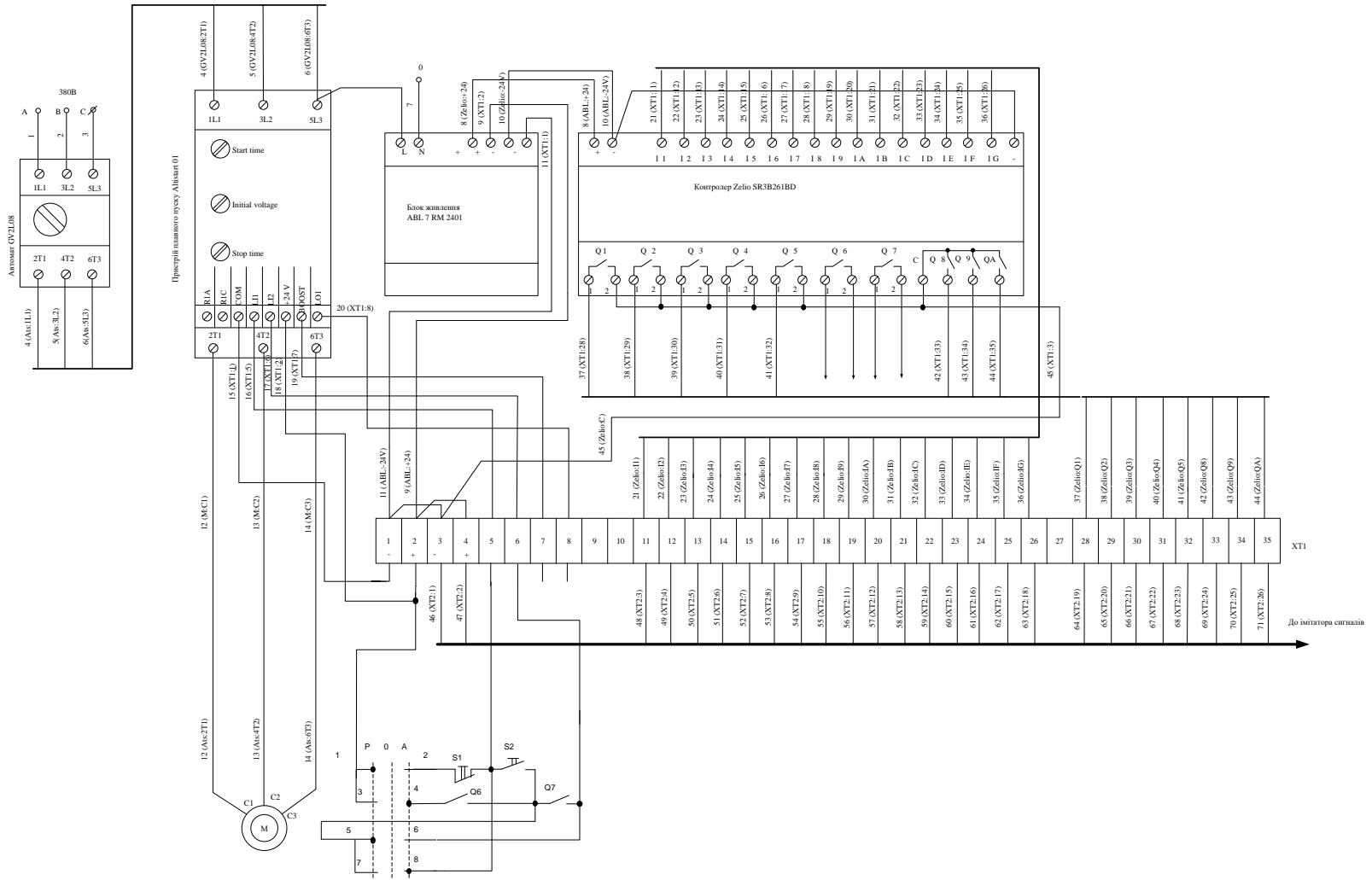


Зовнішній вигляд стенда для дослідження програмованого логічного контролера Zelio

До складу стенда входять такі апаратні та програмні компоненти:

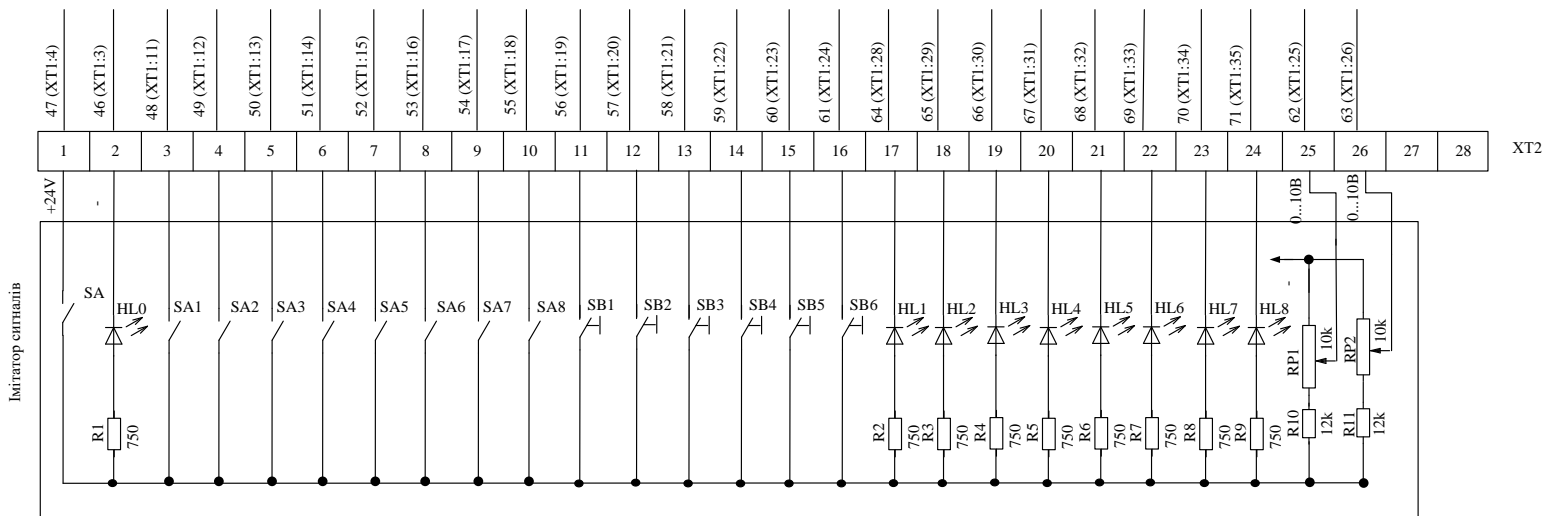
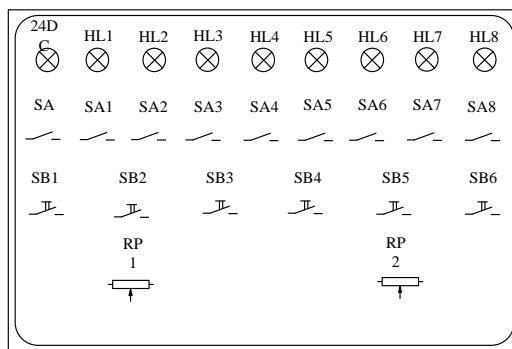
1. Автоматичний вимикач GV2L08;
2. Пристрій плавного пуску і зупинки Altistart 01 ATSU01N206LT;
3. Пост кнопочвий + контактор в корпусі LE1M35Q7;
4. Блок живлення 220/24 ABL7RE2401;
5. Інтелектуальне реле Zelio SR3B261BD;
6. Модуль розширення Modbus SR3MBU01BD;
7. Кабель для моніторингу/програмування SR2CBL01 (COM);
8. Кабель для моніторингу/програмування SR2CBL06 (USB);
9. Перемикач режимів роботи пристрою плавного пуску;
10. Пост кнопочвий зовнішнього керування пристроєм плавного пуску;
11. Імітатор входів/виходів інтелектуального реле;
12. Електродвигун асинхронний АИР 56 В4 У3 0,18 кВт, 1480 хв<sup>-1</sup>;
13. Програмне забезпечення ZelioSoft 2 v 4.2.

# Схема електрична принципова станда для дослідження програмованого логічного контролера Zelio

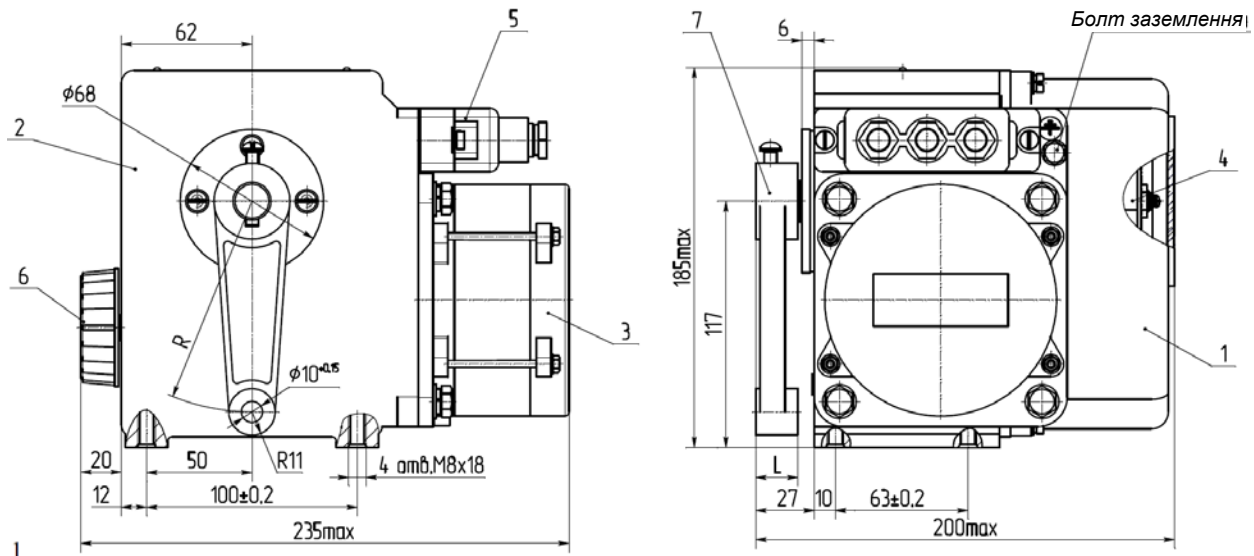


# Схема електрична принципова імітатора сигналів стенда для дослідження програмованого логічного контролера Zelio

Розміщення елементів імітатора на передній панелі



# Вибір виконавчого механізму



Загальний вид, установочні, приєднувальні і максимальні габаритні розміри механізмів МЕО 40/63 – 0.25

## Технічні характеристики механізму МЕО 40/63 – 0.25

Параметр	Значення
Номінальний крутний момент на вихідному валу	40 Н·м
Номінальний час повного ходу вихідного вала	63 с
Номінальний повний хід вихідного вала	0,25
Потужність споживання	50 Вт
Маса	8 кг
Люфт вихідного вала	< 1 град
Тип двигуна	ДСОР 220-1,0-60

# Система регулювання температури з застосуванням логічного модуля Zelio

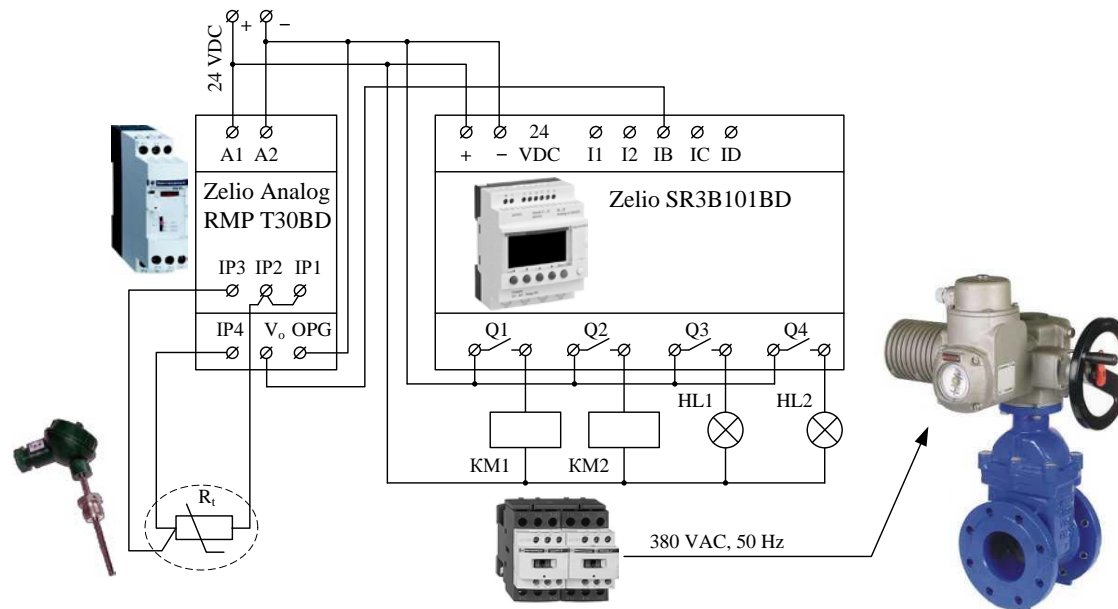


Схема системи регулювання температури з застосуванням логічного модуля Zelio

Назва	Тип	Призначення
Датчик температури	Pt100 (0 – )	вимірювання температури
Перетворювач аналоговий	Zelio Analog RMP T30BD	0 – 100 Ом / 0 – 10 В
Модуль логічний	Zelio SR3B101BD	0 – 10 В / 24 В DC
Пускач реверсивний	Tesys LC2D12BD	24 В DC/ 380 В AC, 12 А
Засувка електроприводом	з МЕО 40/63 – 0.25	регулювання подачі пари



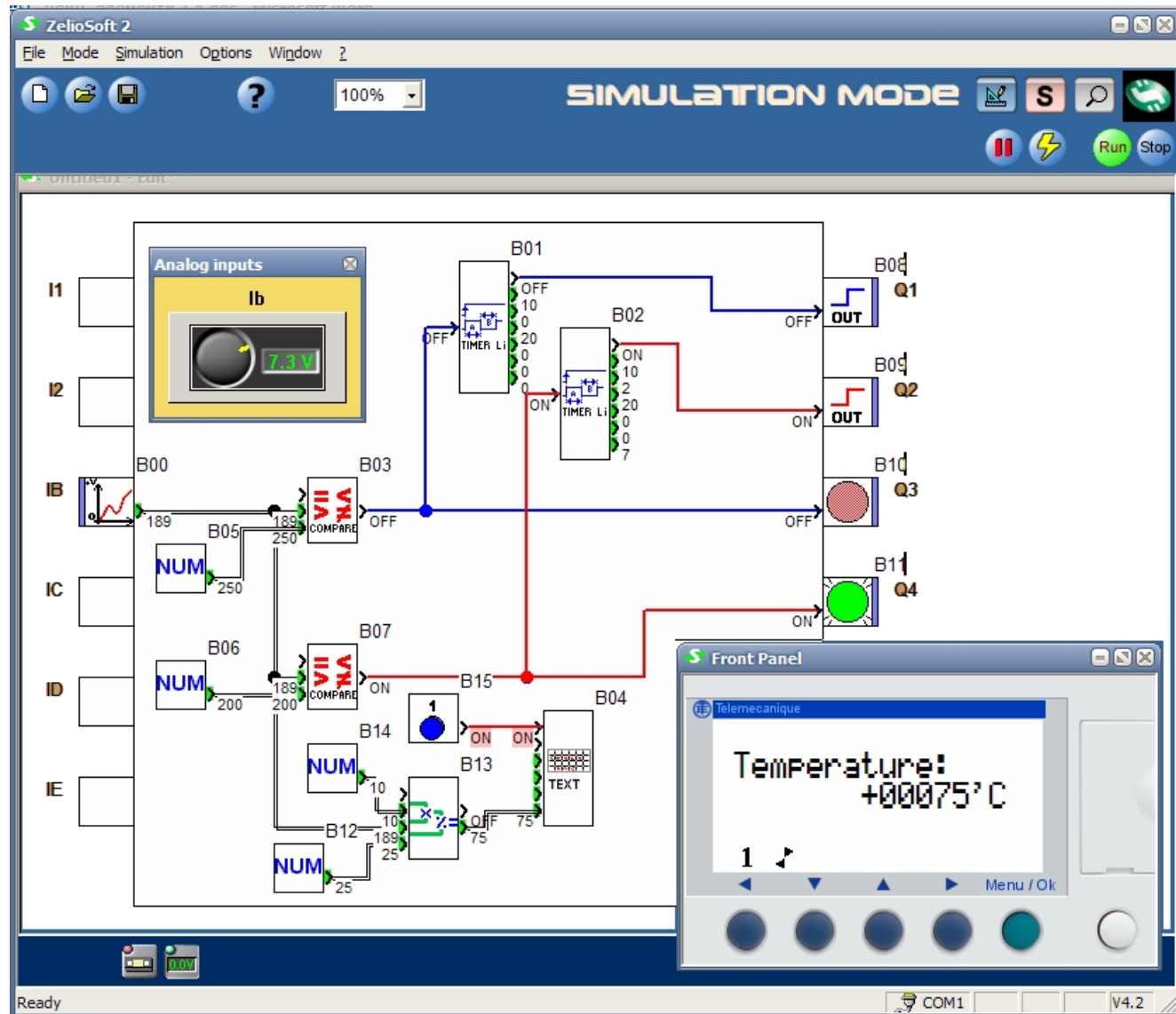
# Програма регулятора температури ПЛК Zelio на мові LD

The screenshot displays the ZelioSoft 2 software interface in 'EDIT MODE'. The main workspace shows a Ladder Logic (LD) program with five rows of logic elements. The table below represents the data from the 'Ladder entry' tab.

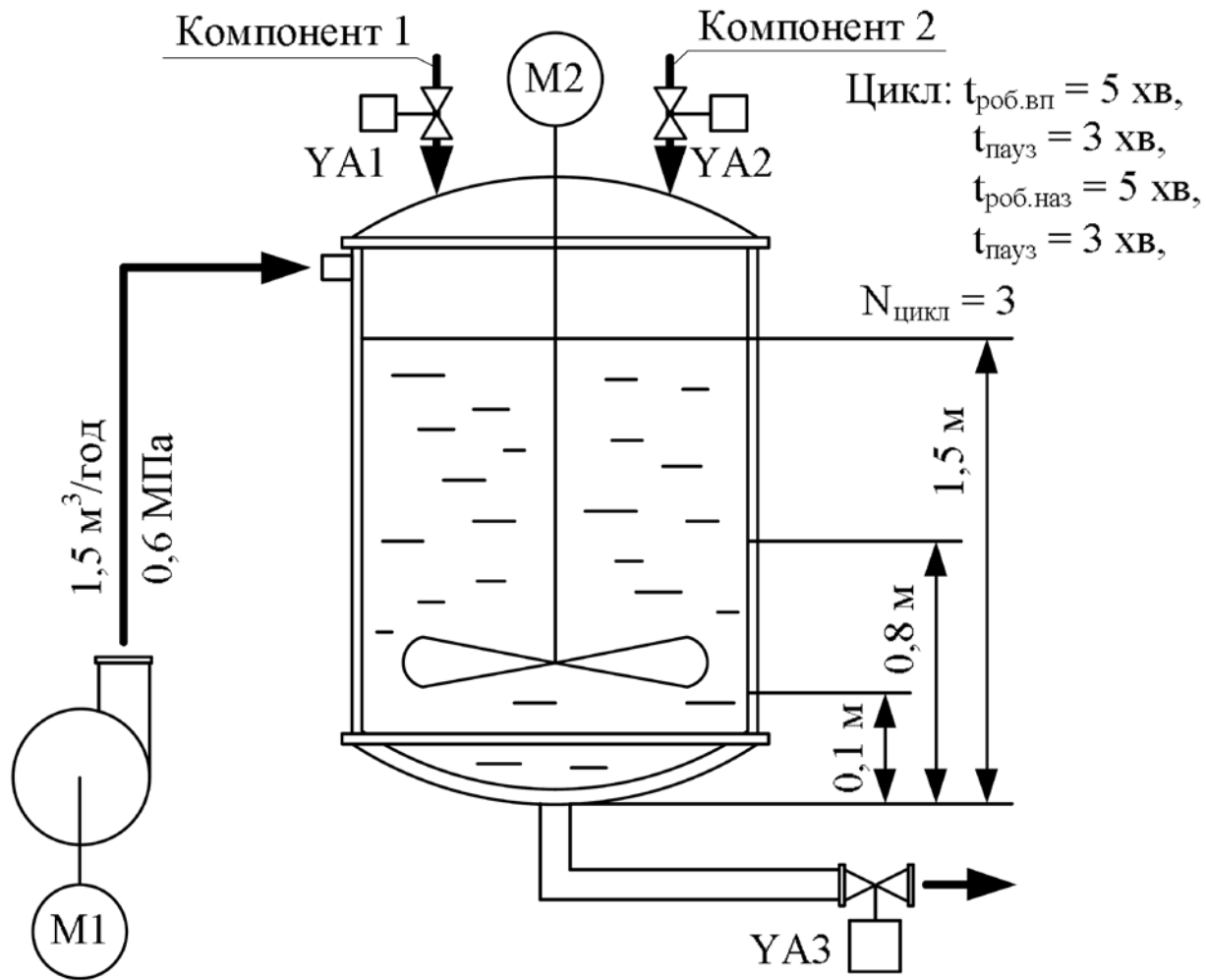
No	Contact 1	Contact 2	Contact 3	Contact 4	Contact 5	Coil	Comment
001	A1					TT1	
002	A2					TT2	
003	T1					Q1	
004	T2					Q2	
005	Z1					TX1	

The interface also shows a status bar at the bottom indicating '5 Row(s) / 120' and 'SR2B121JD'. The Windows taskbar at the bottom shows the system clock and other background applications.

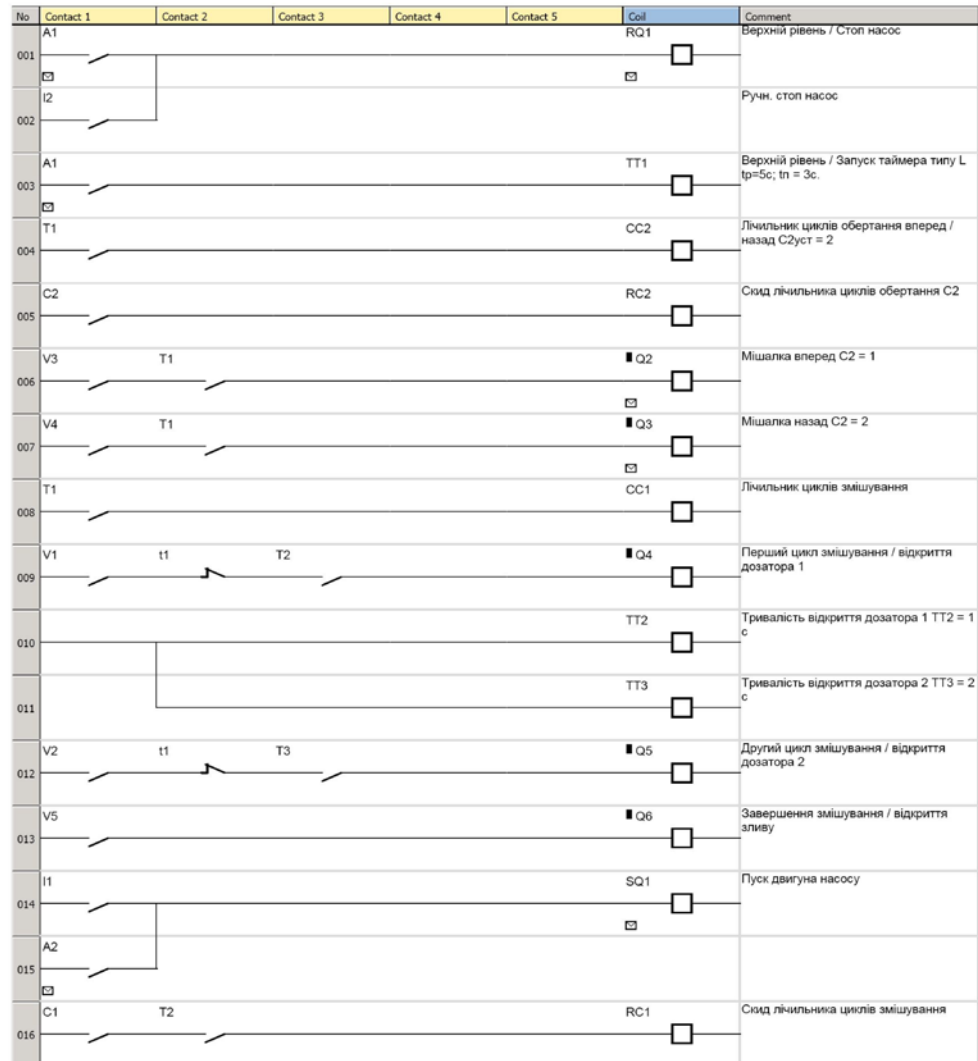
# Програма регулятора температури ПЛК Zelіо на мові FBD



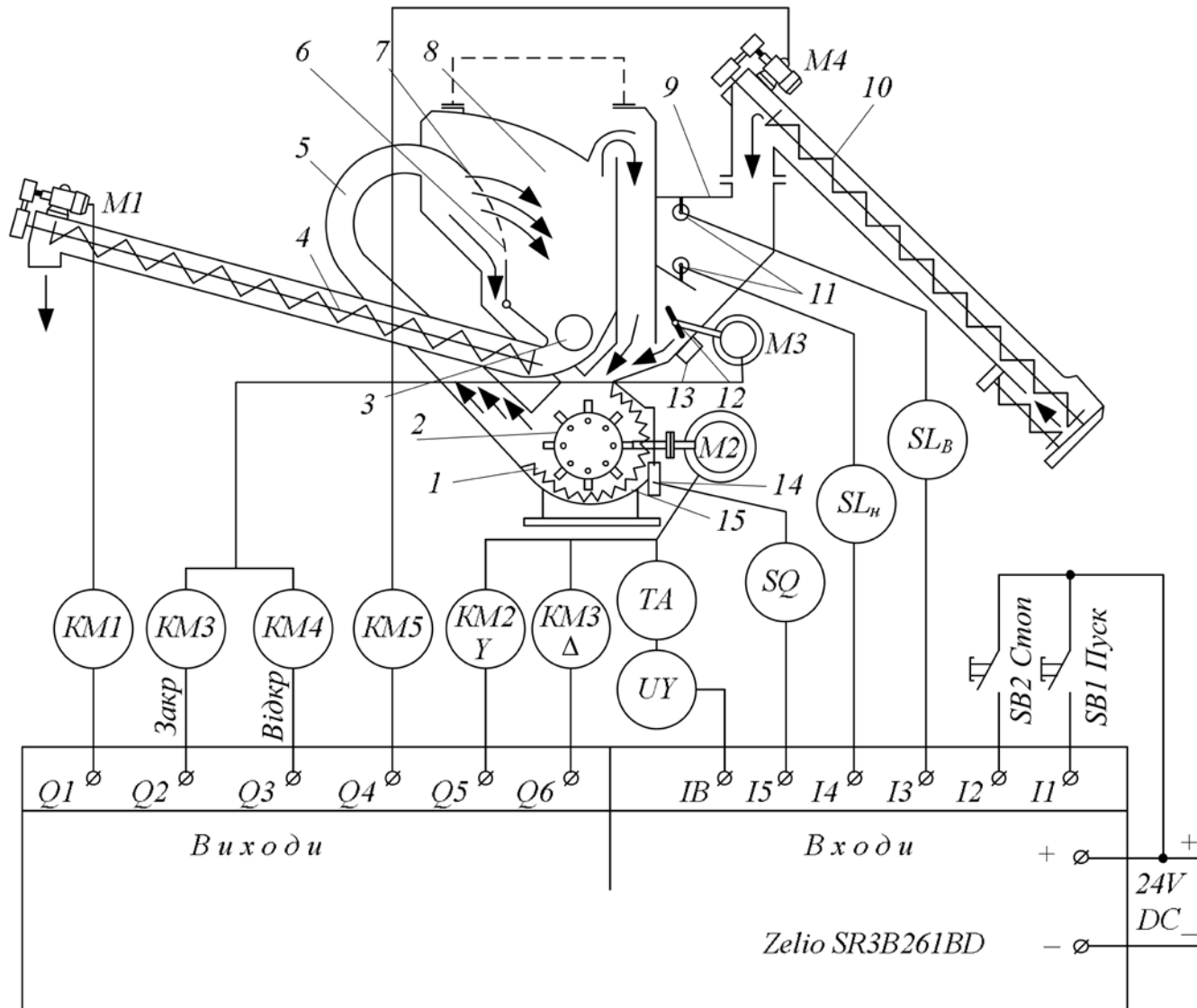
# Система управління автоматизованою мішалкою



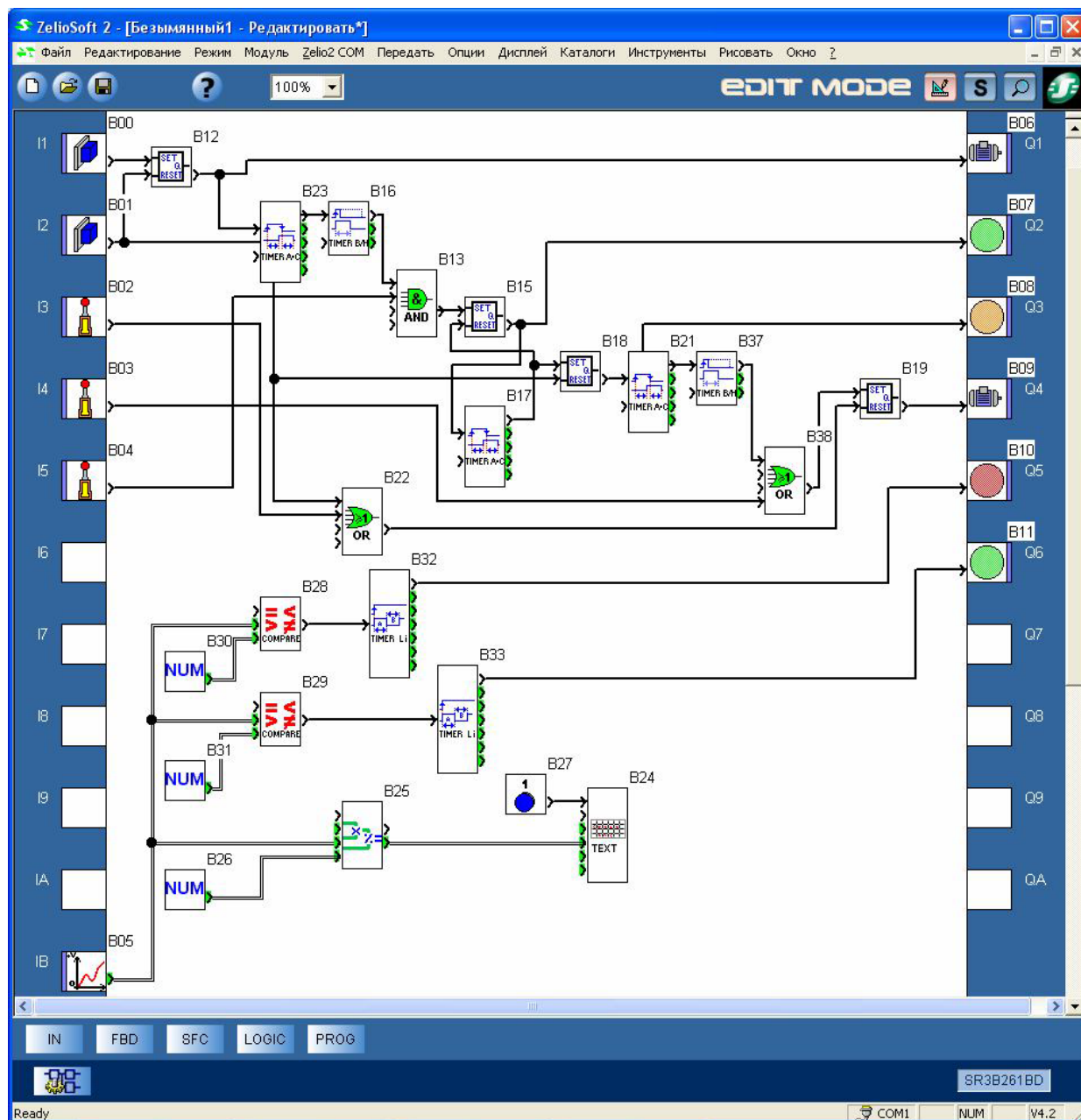
# Програма ПЛК Zelіо для управління автоматизованою мішалкою на мові LD



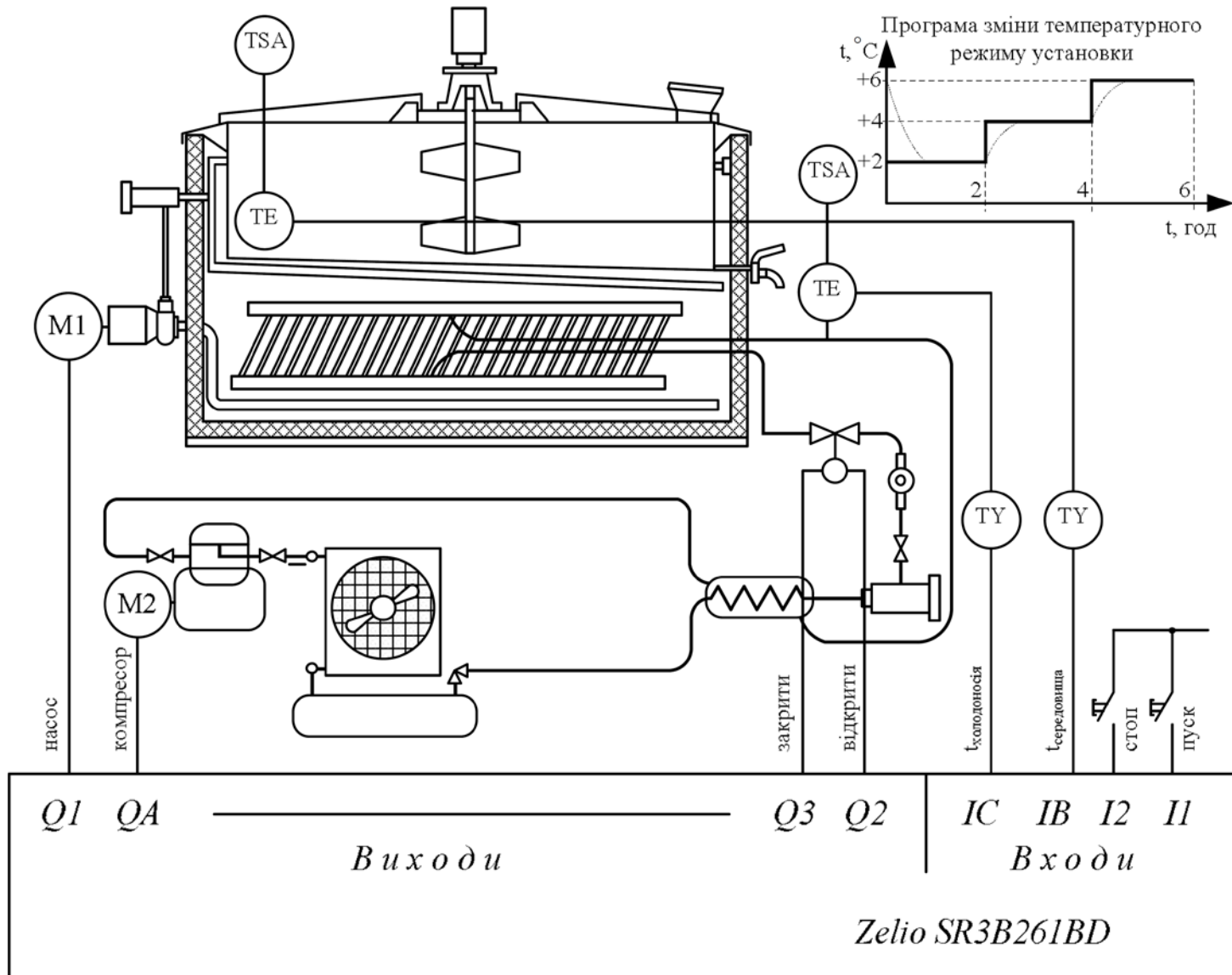
# Автоматизація молоткової дробарки



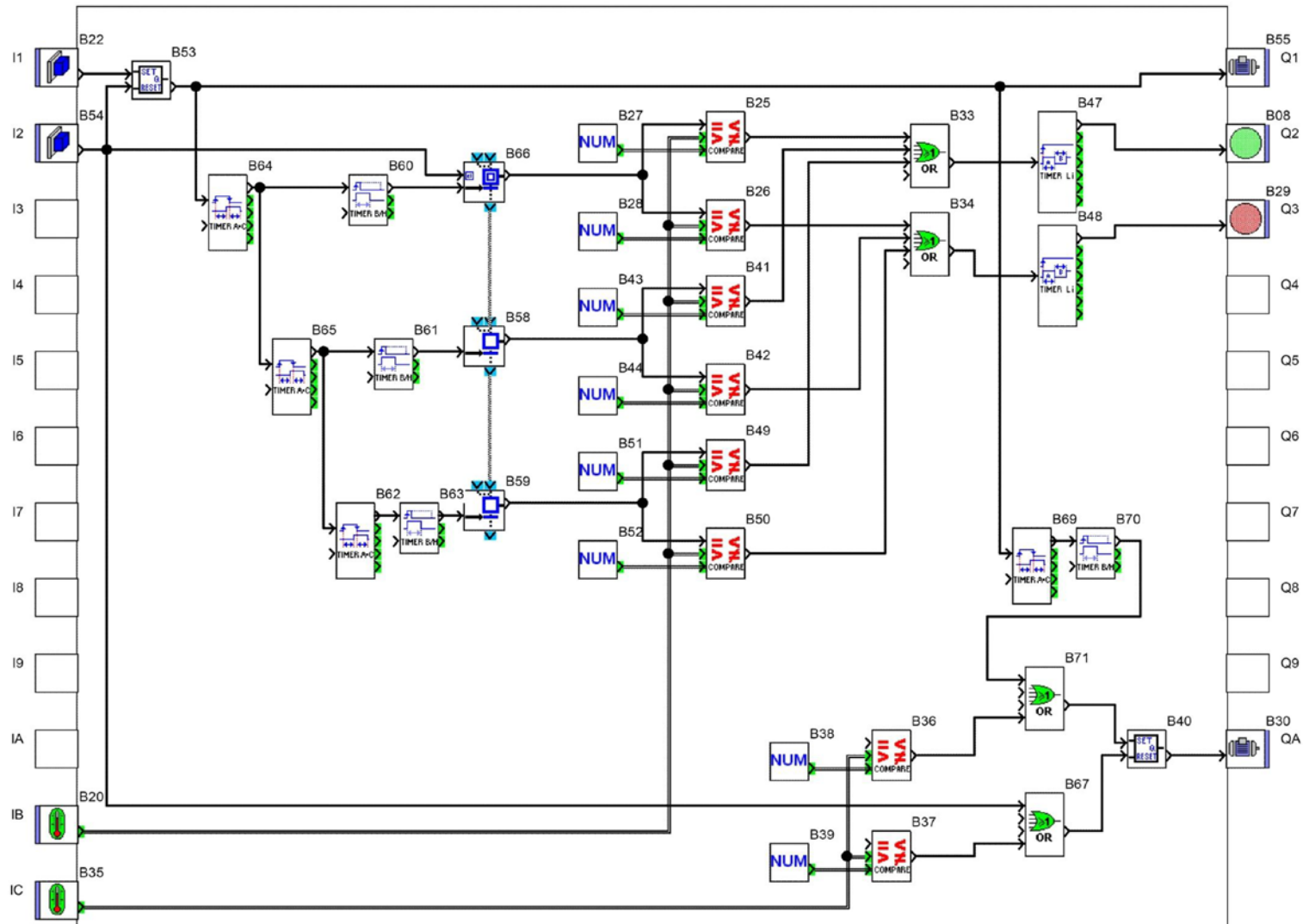
# Програма ПЛК Zelio управління молотковою дробаркою на мові FBD



# Автоматизація установки первинного зберігання молока



# Програма ПЛК Zelіо управління установкою первинного зберігання молока на мові FBD





## Висновки

В даній магістерській кваліфікаційній роботі було розроблено програмні та алгоритмічні рішення щодо підвищення функціональних можливостей стенда для дослідження автоматичних систем керування з використанням ПЛК Zelio

### **Наукова новизна одержаних результатів.**

Здобув подальший розвиток метод дослідження ПЛК Zelio для розв'язання задач автоматизації технологічних процесів та комплексів, в умовах лабораторії систем автоматизації Schneider Electric (ауд. 4111).

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в тому, що на основі отриманих теоретичних положень розроблено програмні засоби, зокрема:

- розроблені функціональна схема та програма для автоматизації змішувальної установки;
- розроблені функціональна схема та програма для автоматизації молоткової дробарки;
- розроблені функціональна схема та програма для автоматизації установки для первинного зберігання молока.

08-16.МКР.008.00.000

					08-16.МКР.008.00.000			
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення ефективності побудови систем автоматизації з використанням логічного контролера Zelio. Мета, задачі, об'єкт та предмет дослідження	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив:	Агілера Рохас С.Р.							
Перевірив	Паянок О.А.							
Т. контр.								
						Аркуш 1	Аркушів 1	
Норм.кон.						гр. ЕПА-18м		
Затверд.	Кутін В.М.							

08-16.МКР.008.00.000

					08-16.МКР.008.00.000				
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення ефективності побудови систем автоматизації з використанням логічного контролера Zelio. Загальна характеристика стенда для дослідження програмованого логічного контролера Zelio	Літ.		Маса	Масштаб
Розробив:	Агілера Рохас С.Р.								
Перевірив	Паянок О.А.								
Т. контр.									
Норм.кон.					Аркуш 1		Аркушів 1		
Затверд.	Кутін В.М.				гр. ЕПА-18м				

08-16.МКР.008.00.000

					08-16.МКР.008.00.000			
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення ефективності побудови систем автоматизації з використанням логічного контролера Zelio. Схема електрична принципова стенда для дослідження програмованого логічного контролера Zelio	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив:	Агілера Рохас С.Р.							
Перевірив	Паянок О.А.							
Т. контр.								
						Аркуш 1	Аркушів 1	
Норм.кон.					гр. ЕПА-18м			
Затверд.	Кутін В.М.							

08-16.МКР.008.00.000

					08-16.МКР.008.00.000				
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення ефективності побудови систем автоматизації з використанням логічного контролера Zelio. Схема електрична принципова імітатора сигналів стенда для дослідження програмованого логічного контролера Zelio	Літ.		Маса	Масштаб
Розробив:	Агілера Рохас С.Р.								
Перевірив	Паянок О.А.								
Т. контр.									
						Аркуш 1		Аркушів 1	
Норм.кон.					гр. ЕПА-18м				
Затверд.	Кутін В.М.								

08-16.МКР.008.00.000

					08-16.МКР.008.00.000						
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення ефективності побудови систем автоматизації з використанням логічного контролера Zelio. Вибір виконавчого механізму	Літ.	Маса	Масштаб			
Розробив:	Агілера Рохас С.Р.										
Перевірів	Паянок О.А.										
Т. контр.											
						Аркуш 1	Аркушів 1				
Норм.кон.					гр. ЕПА-18м						
Затверд.	Кутін В.М.										

08-16.МКР.008.00.000

					08-16.МКР.008.00.000			
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення ефективності побудови систем автоматизації з використанням логічного контролера Zelio. Система регулювання температури з застосуванням логічного модуля Zelio	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив:	Агілера Рохас С.Р.							
Перевірив	Паянок О.А.							
Т. контр.								
						Аркуш 1	Аркушів 1	
Норм.кон.					гр. ЕПА-18м			
Затверд.	Кутін В.М.							

08-16.МКР.008.00.000

					08-16.МКР.008.00.000			
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення ефективності побудови систем автоматизації з використанням логічного контролера Zelio. Програма регулятора температури ПЛК Zelio на мові LD	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив:	Агілера Рохас С.Р.							
Перевірив	Паянок О.А.							
Т. контр.								
						Аркуш 1	Аркушів 1	
Норм.кон.					гр. ЕПА-18м			
Затверд.	Кутін В.М.							



08-16.МКР.008.00.000

					08-16.МКР.008.00.000				
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення ефективності побудови систем автоматизації з використанням логічного контролера Zelio. Програма регулятора температури ПЛК Zelio на мові FBD	Літ.		Маса	Масштаб
Розробив:	Агілера Рохас С.Р.								
Перевірив	Паянок О.А.								
Т. контр.									
						Аркуш 1		Аркушів 1	
Норм.кон.					гр. ЕПА-18м				
Затверд.	Кутін В.М.								

08-16.МКР.008.00.000

					08-16.МКР.008.00.000			
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення ефективності побудови систем автоматизації з використанням логічного контролера Zelio. Система управління автоматизованою мішалкою	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив:	Агілера Рохас С.Р.							
Перевірів	Паянок О.А.							
Т. контр.								
						Аркуш 1	Аркушів 1	
Норм.кон.					гр. ЕПА-18м			
Затверд.	Кутін В.М.							

08-16.МКР.008.00.000

Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата			
Розробив:		Агілера Рохас С.Р.			Підвищення ефективності побудови систем автоматизації з використанням логічного контролера Zelio. Програма ПЛК Zelio для управління автоматизованою мішалкою на мові LD		
Перевірив		Паянок О.А.					
Т. контр.							
Норм.кон.					Літ.	Маса	Масштаб
Затверд.		Кутін В.М.			Аркуш 1	Аркушів 1	

гр. ЕПА-18м

08-16.МКР.008.00.000

Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата			
Розробив:		Агілера Рохас С.Р.			Підвищення ефективності побудови систем автоматизації з використанням логічного контролера Zelio. Автоматизація молоткової дробарки		
Перевірів		Паянок О.А.					
Т. контр.							
					Літ.	Маса	Масштаб
					Аркуш 1	Аркушів 1	
Норм.кон.					гр. ЕПА-18м		
Затверд.		Кутін В.М.					

08-16.МКР.008.00.000

					08-16.МКР.008.00.000				
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення ефективності побудови систем автоматизації з використанням логічного контролера Zelio. Програма ПЛК Zelio управління молотковою дробаркою на мові FBD	Літ.		Маса	Масштаб
Розробив:	Агілера Рохас С.Р.								
Перевірів	Паянок О.А.								
Т. контр.									
						Аркуш 1		Аркушів 1	
Норм.кон.					гр. ЕПА-18м				
Затверд.	Кутін В.М.								

08-16.МКР.008.00.000

					08-16.МКР.008.00.000			
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення ефективності побудови систем автоматизації з використанням логічного контролера Zelio. Автоматизація установки первинного зберігання молока	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив:	Агілера Рохас С.Р.							
Перевірів	Паянок О.А.							
Т. контр.								
						Аркуш 1	Аркушів 1	
Норм.кон.					гр. ЕПА-18м			
Затверд.	Кутін В.М.							

08-16.МКР.008.00.000

					08-16.МКР.008.00.000			
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення ефективності побудови систем автоматизації з використанням логічного контролера Zelio. Програма ПЛК Zelio управління установкою первинного зберігання молока на мові FBD	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив:	Агілера Рохас С.Р.							
Перевірив	Паянок О.А.							
Т. контр.								
						Аркуш 1	Аркушів 1	
Норм.кон.						гр. ЕПА-18м		
Затверд.	Кутін В.М.							

08-16.МКР.008.00.000

Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата			
Розробив:		Агілера Рохас С.Р.			Підвищення ефективності побудови систем автоматизації з використанням логічного контролера Zelio. Висновки		
Перевірив		Паянок О.А.					
Т. контр.							
					Літ.	Маса	Масштаб
					Аркуш 1	Аркушів 1	
Норм.кон.					гр. ЕПА-18м		
Затверд.		Кутін В.М.					