

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Факультет** Автоматизації і комп'ютерних систем

**Кафедра** Автоматизації та комп'ютерних технологій систем  
управління

**«До захисту в ЕК»**  
Декан факультету  
\_\_\_\_\_ Андрій ФОРСЮК  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«04» червня 2024 р.

**«До захисту допущено»**  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Ярослав СМІТЮХ  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«04» червня 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані  
технології»  
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Комп'ютерні системи та програмна  
інженерія в автоматизації»

на тему: Розробка системи автоматизації процесу моніторингу  
температури холодильної установки

Виконав: здобувач 4 курсу, групи АК-4-1

\_\_\_\_\_ УСТИМЕНКО Євгеній Констянтинівич  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ РОМАНОВ Микола Сергійович  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище) (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище) (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_ Олена АНДРІЮК  
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2024 р.

# Національний університет харчових технологій

Факультет *Автоматизації і комп'ютерних систем*

Кафедра *Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління*

Освітній ступінь *«Бакалавр»*

Спеціальність *151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»*

Освітньо-професійна програма *«Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації»*

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

Ярослав СМІТЮХ

«15» квітня 2024 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

УСТИМЕНКО Євгенію Константиновичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Розробка системи автоматизації процесу моніторингу температури холодильної установки*

керівник роботи к.т.н. доц. РОМАНОВ Микола Сергійович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «15» квітня 2024 р. №279-кс

2. Строк подання здобувачем роботи «04» червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи

*Короткі відомості про об'єкт автоматизації, відомості про умови експлуатації об'єкта автоматизації та вимоги до системи автоматизації. Матеріали переддипломної практики.*

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

*Вступ. 1. Опис об'єкта автоматизації. 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації. 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації. 2. Система автоматизації. 2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО). 2.2. Схема автоматизації. 2.3. Специфікація засобів автоматизації. 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення. 3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК). 3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру. 4. Креслення встановлення технічного засобу.*

5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК). 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога. 6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI. 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Схема автоматизації 2. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК.

3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 15 квітня 2024 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № | Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи  | Примітка |
|---|---|--------------------------------|----------|
| 1 | Видача та затвердження завдання               | Перед переддипломною практикою |          |
| 2 | Розділ 1                                      | Захист переддипломної практики |          |
| 3 | Розділ 2                                      | 1 тиждень                      |          |
| 4 | Розділ 3                                      | 2 тиждень                      |          |
| 5 | Розділ 4 та 5                                 | 3 тиждень                      |          |
| 6 | Розділ 6                                      | 4 тиждень                      |          |
| 7 | Підготовка матеріалів до захисту              | 5 тиждень                      |          |
| 8 | Захист кваліфікаційної роботи                 | 6 тиждень                      |          |

Здобувач Євгеній УСТИМЕНКО

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник роботи Микола РОМАНОВ

\_\_\_\_\_ (підпис)

## Анотація

В кваліфікаційній роботі приводиться опис розробки та реалізації автоматизованої системи моніторингу та регулювання температури холодильного обладнання, що забезпечує підвищену ефективність та надійність роботи установки.

Система автоматизації процесу моніторингу температури холодильноїустановки базується на програмованому логічному контролері (ПЛК) Modicon M340.

Детально розглянуто принци монтажу технічного засобу автоматизації – електропривод Belimo LR24A-SR.

З використанням програмного забезпечення Vijeo Citect розроблена дисплейна мнемосхема для автоматизованого робочого місця оператора

Ключові слова: Холодильна установка, клапан з електроприводом, автоматизація, M340, Belimo LR24A-SR

|             |             |                 |               |             |                              |      |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|------------------------------|------|
|             |             |                 |               |             | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
|             |             |                 |               |             |                              | 4    |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                              |      |

## **Annotation**

The qualification work describes the development and implementation of an automated system for monitoring and controlling the temperature of refrigeration equipment, which ensures increased efficiency and reliability of the plant.

The automation system for monitoring the temperature of the refrigeration unit is based on the Modicon M340 programmable logic controller (PLC).

The principles of installation of the technical means of automation - electric drive Belimo LR24A-SR - are considered in detail.

Keywords: Refrigeration unit, electrically operated valve, automation, M340, Belimo LR24A-SR

|             |             |                 |               |             |                              |             |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|------------------------------|-------------|
|             |             |                 |               |             | <i>Кваліфікаційна робота</i> | <i>Арк.</i> |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                              | 5           |

## Зміст

|   |    |
|---|----|
| Вступ.....  | 7  |
| Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації.....   | 8  |
| 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.....  | 8  |
| 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.....  | 11 |
| Розділ 2. Система автоматизації.....  | 12 |
| 2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО).....   | 12 |
| 2.2. Схема автоматизації.....   | 20 |
| 2.3. Специфікація засобів автоматизації.....  | 21 |
| Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення.....                         | 22 |
| 3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК).....   | 22 |
| 3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....  | 29 |
| 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру.....  | 31 |
| Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів.....   | 32 |
| Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)..... | 33 |
| Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога.....   | 39 |
| 6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....  | 39 |
| 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....   | 40 |
| Висновки.....   | 41 |
| Список використаної літератури.....   | 42 |

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 6    |

## Вступ

В сучасному світі промислові процеси стають все більш складними та розповсюдженими, що підкреслює необхідність впровадження автоматизації. Автоматизовані системи контролю температури відіграють ключову роль у забезпеченні ефективності та безпеки промислових процесів. Завдяки їм можна регулювати температурні режими в реальному часі, забезпечуючи стабільність і точність у виробничих умовах.

Температура є критичним параметром для багатьох галузей промисловості, включаючи харчову, фармацевтичну та хімічну. Підтримка оптимального рівня температури відіграє вирішальну роль у забезпеченні якості продукції та уникненні небажаних відхилень. Автоматизовані системи контролю температури забезпечують надійний та ефективний механізм для досягнення цієї мети, що робить їх невід'ємною частиною сучасного промислового виробництва.

Метою даної роботи є розробка проектної документації системи автоматизації процесу моніторингу температури холодильної установки з задіянням сучасних технічних засобів автоматизації для забезпечення проведення оптимального технологічного процесу контролю температури холодильної установки

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 7    |

## Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації.

### 1.1 Технологічний опис об'єкта автоматизації.

Холодильна установка - це комплекс машин і апаратів, який призначений для стабілізації температури в охолоджуваних приміщеннях на рівні нижчому, ніж в навколишньому середовищі. Установка складається з однієї або декількох холодильних машин, системи охолодження та системи розподілу холоду.

Основні складові холодильної установки включають:

- Холодильну машину, яка генерує холод шляхом циклу випарювання та конденсації робочої речовини. Найпоширенішим типом такої машини є компресорна система, де робоча речовина стискається та охолоджується, і через експанзійний клапан рішиця випаровується, забираючи тепло з оточення.

- Система охолодження, яка відводить тепло вироблене холодильною машиною в навколишнє середовище, в тому числі за допомогою конденсатора або системи охолодження водою.

- Система розподілу та використання холоду, яка передає холод до охолоджуваних об'єктів через трубопроводи, насоси та клапани, забезпечуючи рівномірний розподіл та контроль температури.

Холодильна установка працює за принципом циклу холодильника, де тепло відводиться з охолоджуваного простору та віддається навколишньому середовищу. Керування процесами установки, моніторинг та архівування даних забезпечується автоматикою, яка включає в себе контролери, датчики та пристрої для оптимізації роботи системи.

|           |      |               |        |      | Кваліфікаційна робота  |  |      |        |
|-----------|------|---------------|--------|------|--|--|------|--------|
| Змн.      | Арк. | № докум.      | Підпис | Дата |  |  | Арк. | Аркуші |
| Розроб.   |      | Устименко Є.К |        |      | Розробка системи автоматизації процесу моніторингу температури холодильної установки |  | 8    | 4      |
| Керівник  |      | Романов М.С.  |        |      |  |  |      |        |
| Зав. каф. |      | Смітюх Я.В.   |        |      |  |  |      |        |
| Секр. ЕК  |      | Проскурка Є.С |        |      |  |  |      |        |
|           |      |               |        |      | НУХТ АК-4-1  |  |      |        |

АСУ призначена для:

- Забезпечення стабільного режиму техпроцесу шляхом контролю, аналізу та візуалізації параметрів, а також видачі керуючих сигналів в реальному часі на виконавчі механізми.

- Аналізу стану технологічного процесу, моніторингу передаварійних ситуацій та запобігання аваріям через переведення вузлів у безпечний режим автоматично або вручну.

- Надання персоналу інформації про технологічний процес для контролю та прийняття рішень.

Система моніторингу температури холодильної установки повинна відповідати наступним вимогам:

Здійснення вимірювання температури в холодильній установці в режимі реального часу.

Механізм системи оповіщення про можливі аварії в холодильній установці.

Можливість підключення декількох датчиків для більш точного та повного моніторингу різних зон або точок в холодильній установці.

У системах моніторингу температури в холодильних установках програмовані логічні контролери (ПЛК) відіграють ключову роль у забезпеченні ефективності та точності контролю температури.

Принципова схема САР температури в агрегатній наведена на малюнку 1

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 9    |

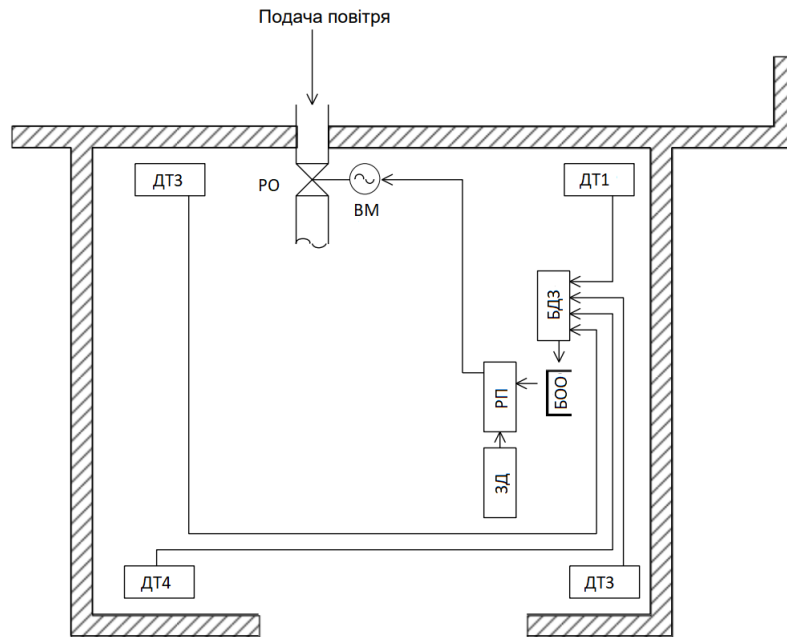


Рис.1. Принципова схема САР температури в агрегатній

Через повітропроводи з вентилятора в агрегатну надходить тепле повітря, яке нагрівається за рахунок тепловиділення від компресорів до температури 30°C. Потім це повітря по подається на конденсатори, де відбувається підігрів за рахунок охолодження холодоагенту. Після цього гаряче повітря спрямовується в систему повітряного опалення через повітроводи.

В агрегатній розміщено чотири датчики температури, які вимірюють температуру в приміщенні. Дані з цих датчиків перетворюються на струмові сигнали, які подаються у блок динамічного зв'язку (БДЗ). Після підсумовування сигналів у БДЗ, вони направляються у блок обчислювальних операцій (БОО), де відбувається розподіл сигналу на чотири. Сигнал із БОО потім передається на регулюючий пристрій (РП), де відбувається управління регулюючим органом (РО).

В цілому, ця система працює наступним чином: дані з датчиків температури обробляються блоками БДЗ та БОО, після чого регулюються температурні параметри в системі повітряного опалення.

## 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.

Таблиця 1.1. Завдання на розробку системи автоматизації.

| Машинна, агрегат, установка             | Параметр, місце відбору сигналу        | Припустиме значення параметра | Вид автоматизації | Характер контролю чи управління | Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії |
|---|--|-------------------------------|-------------------|---------------------------------|---|
| Агрегатна                               | Температура повітря                    | 30°C                          | Контроль          | Відображення Реєстрація         | АРМ оператора   |
| Повітропровід                           | Температура повітря                    | 30°C                          | Регулювання       | Стабілізація                    | Вплив на клапан   |
| Прилад ручного дистанційного управління | Сигнали від ручних пристроїв керування | Вкл/Викл                      | Управління        | Стан                            | Прилад керування для вибору режиму                        |

## Розділ 2. Система автоматизації

### 2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО)

#### Вимір температури

Як датчик температури був обраний Е+Н іTHERM TM411



Рис. 2.1. Вид датчика температури Е+Н іTHERM TM411

|           |      |               |        |      | <i>Кваліфікаційна робота</i>   |  |      |         |
|-----------|------|---------------|--------|------|--|--|------|---------|
| Змн.      | Арк. | № докум.      | Підпис | Дата |  |  | Арк. | Аркушів |
| Розроб.   |      | Устименко Є.К |        |      | Розробка системи автоматизації процесу моніторингу температури холодильної установки |  | 12   | 10      |
| Керівник  |      | Романов М.С.  |        |      |  |  |      |         |
| Зав. каф. |      | Смітюх Я.В.   |        |      | НУХТ АК-4-1  |  |      |         |
| Секр. ЕК  |      | Проскурка Є.С |        |      |  |  |      |         |

### Застосування датчика температури:

- Прилад спеціально розроблений для сфер застосування з підвищеними вимогами до гігієни та стерильності в харчовій (виробництво продуктів харчування та напоїв) та фармацевтичної промисловості.
- Має перетворювач в головці датчика з аналоговим виходом 4 до 20 мА.
- Діапазон вимірювання:  $-200$  до  $+600$  °С.
- Діапазон тиску до 50 бар.
- Ступінь захисту: IP69К.

### Принцип вимірювання температури:

У описуваному термометру опору використовується датчик температури Pt100

(відповідний стандарту ІЕС 60751). Це чутливий до температури платиновий

резистор із опором  $100 \Omega$  при температурі  $0$  °С та з температурним коефіцієнтом  $= 0,003851$  °С $^{-1}$ .

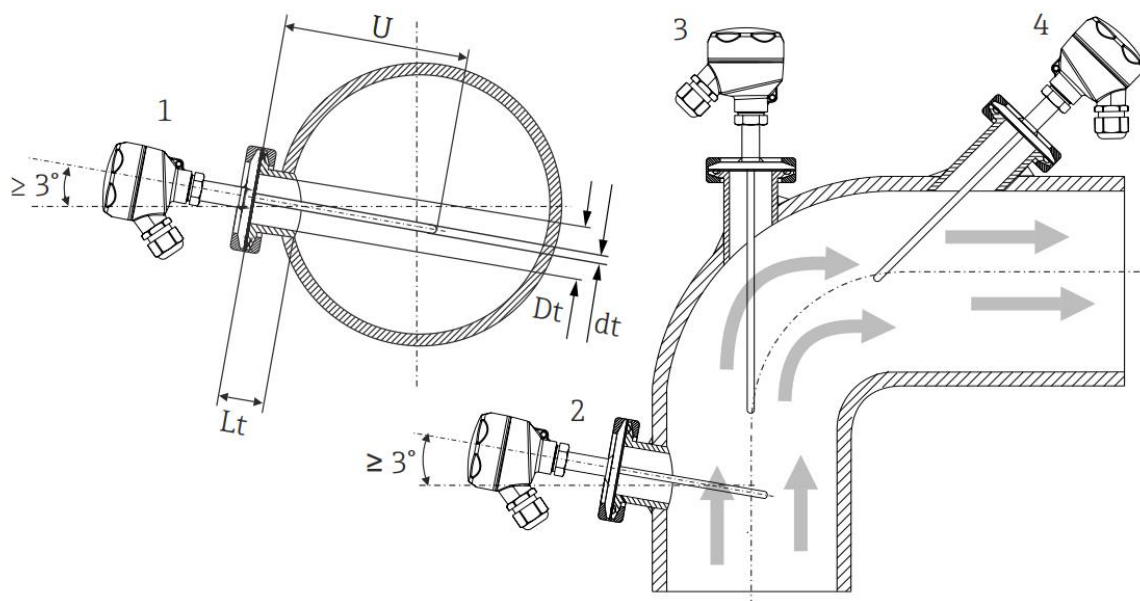


Рис. 2.2. Спосіб монтажу датчика температури E+H iTHERM TM411

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | Кваліфікаційна робота | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 13   |

## Індикатор сигналів

Індикатор сигналів RIA15 вбудовується в контур 4 до 20 мА/HART® та відображає

сигнал, що вимірюється в цифровому форматі. Для індикатора сигналів не потрібно

зовнішнє джерело живлення. Живлення надходить безпосередньо від струмового

контур.

Індикатор сигналів вбудовується в струмовий контур 4 до 20 мА

та вимірює переданий струм. Змінна, розрахована на основі поточного значення

і меж діапазону, що відображається в цифровій формі на рідкокристалічному

дисплеї, розрахованому на 5 знаків. Крім того, можуть з'являтися пов'язані з нею

одиниця виміру та стовпчикова діаграма.

Допустима температура навколишнього середовища: -40 до 60 °С

Ступінь захисту: IP65 спереду, IP20 ззаду

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 14   |

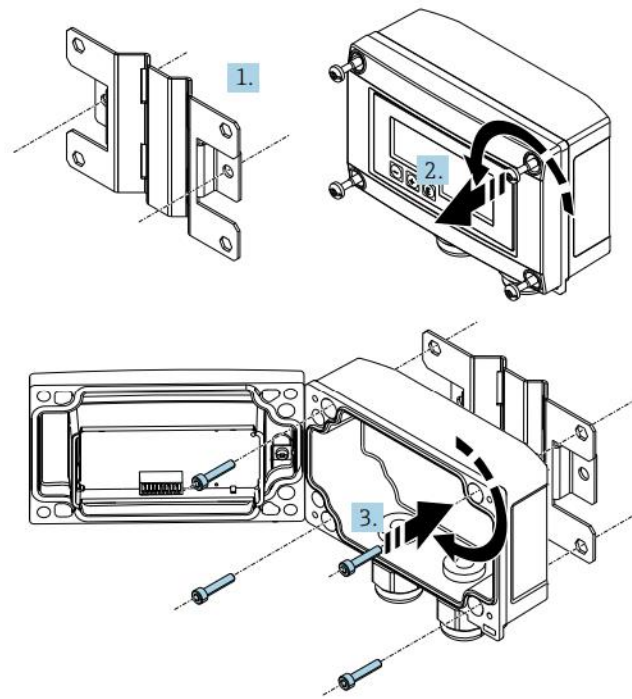


Рис. 2.3. Монтаж індикатора сигналів на стіні

### Контактор RTA421

Контактор RTA421 контролює промислові процеси для безпечної роботи. Пристрій аналізує струм (0/4...20

мА) і сигнали напруги (0/2...10 В) і перемикає два незалежних вихідних реле, якщо значення менші або перевищують попередньо встановлені значення сигналізації

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 15   |



Рис. 2.4. Вигляд контактора RTA421

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 16   |

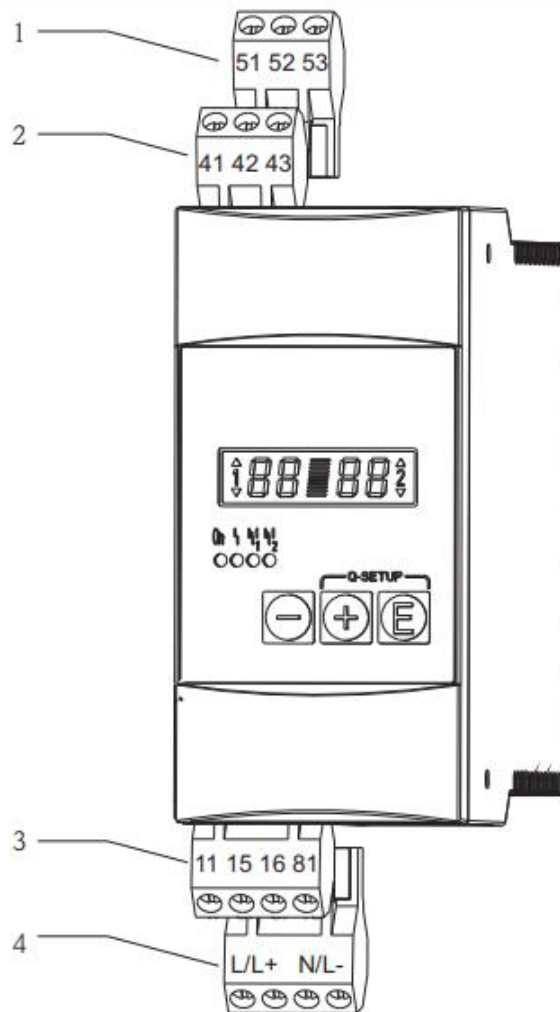


Рис. 2.5. Призначення клем.

### Електропривод клапана

Привод LR24A-SR без пружинного повернення застосовується для керування регулюючими кульовими клапанами серій R20..., R4..., R60..., R30..., R5..., R70...

Керується привод стандартним аналоговим сигналом 2...10В. Напряга живлення – АС/DC 24В.

Діапазон напруги живлення АС 19,2...28,8 V

Розрахункова потужність 2 ВА

Електричне підключення кабель: 1 м, 4 x 0,75 мм<sup>2</sup>

Потужність: 1 Вт

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 17   |



Рис. 2.6. Вигляд приводу LR24A-SR

Функціональні дані:

- Час ходу приводу складає 90с.
- Час повороту 35 с
- Крутний момент 5 Нм
- Ступінь захисту корпусу IP54
- Температура експлуатації 0...+50°C
- Температура зберігання -40 ... +80 ° С
- Вологість довкілля 95% відн., без конденсації
- Вага 0,55 кг

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 18   |

Електропривод легко кріпиться на клапан за допомогою одного гвинта, горизонтально у кожному з чотирьох положень.

Можливе ручне керування за допомогою кнопки з самоповерненням (при натиснутій кнопці редуктор виходить із щеплення з двигуном).

Кут повороту налаштовується механічними упорами.

Електропривод захищений від перевантаження, не вимагає кінцевих вимикачів і автоматично зупиняється при досягненні кінцевих положень.

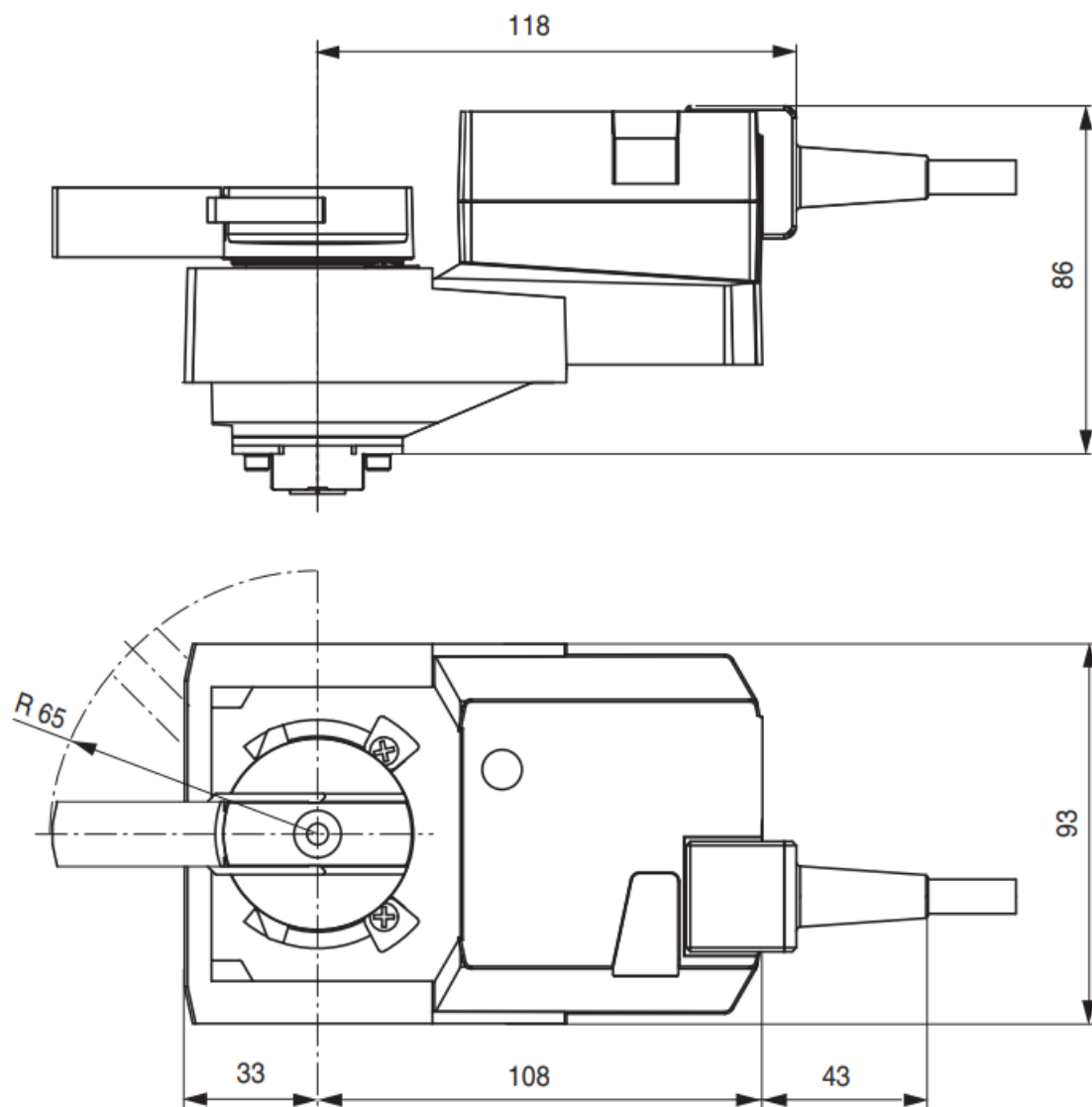


Рис. 2.7. Габаратні розміри LR24A-SR, мм

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 19   |

## 2.2. Схема автоматизації

Функціональна схема автоматичного контролю та управління відображає основні технічні рішення, які приймаються під час проектування автоматизованих систем. Вона визначає структуру окремих вузлів автоматизованого управління та контролю технологічним процесом, включаючи системи автоматичного контролю, регулювання, дистанційного керування, сигналізації та захисту.

Під час розробки такої схеми було вирішено завдання щодо отримання первинної загальної інформації, безпосереднього контролю технологічного процесу, а також контролю та реєстрації параметрів процесів та стану обладнання.

На схемі автоматизації холодильної установки зображено усі датчики та ВМ, що використані для вимірювання показників температури, та регулювання подачі повітря.

Температуру в агрегатній вимірюється за допомогою компактного термометра iTHERM (поз. 1а-4а) із перетворювачами сигналу RIA15 (поз. 1б-4б). Перетворювач має вихідний сигнал 4-20мА.

Вихідний сигнал з перетворювача поступає до ПЛК, та відображаються на екрані оператора. Від ПЛК йде вихідний сигнал 4-20мА на привод для управління регулюючими кульовими клапанами LR24A-SR (поз. 1е)

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 20   |

### 2.3. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.1. Специфікація приладів та засобів автоматизації

| № п/п | № поз. за схемою | Місце встановлення | Найменування і технічна характеристика виробу   | Тип, Марка   | Кількість | Виробник           |
|-------|------------------|--------------------|---|--------------|-----------|--------------------|
| 1     | 1а, 2а, 3а, 4а   | По місцю           | Термометр опору Pt100   | iTHERM TM411 | 4         | Endress+Hauser     |
| 2     | 1б, 2б, 3б, 4б   | На щиті            | перетворювач сигналів   | RIA15        | 4         | Endress+Hauser     |
| 4     | 1в               | На щиті            | Контактор   | RTA421       | 1         | Endress+Hauser     |
| 5     | 1г               | На щиті            | Кнопки та перемикачі з LED індикацією   | Harmony XB4  | 1         | Schneider Electric |
| 6     | 1д               | На щиті            | Перемикач з кількома положеннями (Auto, Manual, Off)  | Harmony XB5  | 1         | Schneider Electric |
| 7     | 1е               | По місцю           | Привод для управління регулюючими кульовими клапанами . Керується стандартним аналоговим сигналом 2...10 В. | LR24A-SR     | 1         | Belimo             |

### Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення

#### 3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)

Документація на замовлення промислового логічного контролера (ПЛК) тісно пов'язана з завданням на виготовлення щитів і пультів, оскільки у щитових конструкціях розміщується як сам ПЛК так і його блоки живлення. Основним документом при замовленні ПЛК є замовна специфікація в якій вказується модель, тобто кількість та опис модулів. Вигляд специфікації наведена в таблиці 3:

*Таблиця 3.1. . Вибір аксесуарів для модулів вводу/виводу.*

| Модулі вводу/виводу |           | Примітка  |
|---------------------|-----------|---|
| Найменування        | Кількість |   |
| ВМХ СРС 2000        | 1         | Блок живлення ПЛК                                   |
| ВМХ Р34 2020        | 1         | Процесорний модуль Schneider Electric Modicon M340. |
| ВМХ АМІ 0810        | 1         | Модуль аналогових входів (8 входів)                 |
| ВМХ АМО 0410        | 1         | Модуль аналогових виходів (4 виходи)                |
| ВМХ ДДІ 1602        | 1         | Модуль дискретних входів (16 входів)                |

|           |      |               |        |      |  |  |                    |        |
|-----------|------|---------------|--------|------|--|--|--------------------|--------|
|           |      |               |        |      | <b>Кваліфікаційна робота</b>   |  |                    |        |
| Змн.      | Арк. | № докум.      | Підпис | Дата |  |  | Арк.               | Аркуші |
| Розроб.   |      | Устименко Є.К |        |      | Розробка системи автоматизації процесу моніторингу температури холодильної установки |  | 22                 | 9      |
| Керівник  |      | Романов М.С.  |        |      |  |  | <b>НУХТ АК-4-1</b> |        |
| Зав. каф. |      | Смітюх Я.В.   |        |      |  |  |                    |        |
| Секр. ЕК  |      | Проскурка Є.С |        |      |  |  |                    |        |

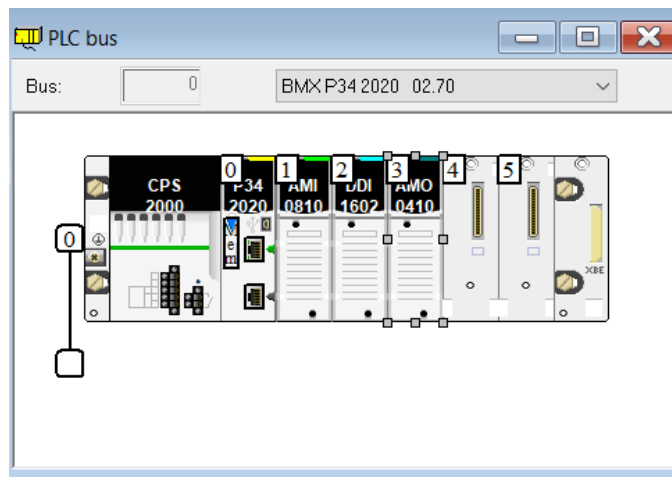


Рис. 3.1. Компонування модулів ПЛК М340.

Контролер М340 підтримує різні протоколи зв'язку, включаючи Modbus RTU / ASCII, Ethernet Modbus TCP / IP, Modbus Plus, CANopen master, Profibus DP, AS-інтерфейс V3 master.

Модулі процесорів класифікуються на дві групи: перша включає процесор BMX P34 1000 з вбудованим RTU-портом Modbus RS-485, друга - чотири більш продуктивних процесори BMX P34 2xxx з різними вбудованими інтерфейсами, такими як майстер CANopen, Ethernet TCP / IP або Modbus RTU. Кожен процесор оснащений флеш-картою пам'яті SD для резервного копіювання областей пам'яті контролера: програми, символів, коментарів та констант.

### **BMXP342020 (мікропроцесорний контролер)**

Modicon M340 є модульним контролером, де агрегати встановлюються на шасі, яке забезпечує їх механічну та електричну взаємодію. Така конструкція дозволяє замінювати теплопередавальні блоки без зупинки контролера. М340 підтримує конфігурацію від 1 до 4 шасі, з кількістю позицій для блоків від 4 до 12, які з'єднуються між собою шиною VusN довжиною до 30 метрів. Процесорні модулі М340 відрізняються швидкістю обробки інструкцій, підтримуваним обсягом вводу/виводу, наявністю спеціальних

каналів, обсягом оперативної пам'яті та інтегрованим комунікаційним процесором.



### **VMXAMI0810 (модуль аналогових входів)**

Аналогові входи модулів М340 здійснюють наступні функції:

- перевірку входних ланцюгів з різними інтервалами, використовуючи безконтактне множення;
- перетворення аналогових сигналів у цифрові;
- фільтрацію сигналів;
- факторний аналіз, який включає перевірку перетворювальної ланки, контроль входного сигналу високого рівня та виявлення затискачів.

|             |             |                 |               |             |                              |      |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|------------------------------|------|
|             |             |                 |               |             | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
|             |             |                 |               |             |                              | 24   |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                              |      |



### **VMXAMO0410 (модуль аналогових виходів)**

Аналогові входи/виходи моделей M340 мають такі відмінності:

- тип каналів (вхідні, вихідні, змішані);
- кількість каналів;
- характеристики та діапазони сигналів (напруга, струм, термометри опору тощо);
- наявність гальванічної розв'язки;
- спосіб підключення.

Вони можуть бути встановлені в будь-якому слоті шасі, за винятком місця для джерела живлення (ПК) та місця 00 на підпроцесорі, яке зарезервоване для процесорного блоку. Підтримується гарячий обмін блоків під час роботи. Аналогові вихідні блоки виконують наступні функції:

- перетворення цифрових сигналів у аналогові;
- захист від перевантажень.

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 25   |

Одиничний аналіз включає перевірку на перетворення, тестування за межами діапазону та перевірку на подачу живлення до терміналу. Усі аналогові входи та виходи оснащені вбудованими блоками відображення для аналізу роботи. В залежності від способу підключення зовнішніх сигналів, аналогові блоки можуть мати 20-контактний знімний затискач, 28-контактний роз'єм або 40-контактний роз'єм. Як і окремі блоки, портативні клемні блоки постачаються з кодувальним обладнанням, яке забезпечує унікальний механічний ключ для кожної пари: блок і клемний блок.



### **BMXDDI1602 (модуль дискретних входів)**

Модулі дискретних входів Modicon M340 забезпечують надійний прийом і обробку цифрових сигналів. Ці модулі можуть встановлюватися на шасі, що забезпечує механічне та електричне з'єднання. Конструкція системи дозволяє здійснювати заміну модулів без зупинки контролера. M340 може підтримувати від 1 до 4 шасі, з кількістю позицій від 4 до 12 для налаштування блоків, з'єднаних між собою шиною VusH загальною довжиною до 30 метрів.

Модулі дискретних входів M340 відрізняються:

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>Кваліфікаційна робота</b> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 26   |

- кількістю вхідних каналів;
- типом сигналів, що підтримуються (наприклад, 24В DC, 120В AC, 230В AC);
- ізоляцією між каналами;
- швидкістю обробки сигналів;
- наявністю функцій фільтрації для зменшення шуму.

Крім того, ці модулі мають вбудовані діагностичні функції для контролю стану вхідних сигналів і можуть бути оснащені знімними клемними блоками для зручності підключення. Завдяки цьому модулі дискретних входів Modicon M340 забезпечують високий рівень гнучкості та надійності для систем автоматизації.



### 3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

Принципова схема регулювання, контролю та сигналізації представлена на другому аркуші графічної частини дипломного проекту. Всі сигнали від датчиків надходять до входних ПЗО (модулів аналогових та дискретних входів), після чого вони програмно обробляються та передаються на вихідні ПЗО (модулі дискретних виходів) і виконавчі механізми.

#### **Аналогові входи.**

У даному проекті використовуються датчики температури з вихідним уніфікованим струмовим сигналом 4-20 мА. Зовнішній аналоговий сигнал 4-20 мА від датчиків послідовно проходить через перетворювачі сигналу та потрапляє на аналогово-цифровий перетворювач модуля ВМХ АМІ 0810.

#### **Аналогові виходи.**

В даному проекті використовуються аналогові виходи ПЛК для передачі керуючих сигналів до виконавчих пристроїв.

#### **Дискретні входи.**

Дискретні входи використовуються для підключення приладів ручного дистанційного управління та приладу керування, призначеного для вибору режимів роботи. Модуль дискретних входів ВМХ DDI 1602 обробляє сигнали з цих приладів.

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 28   |

### 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру

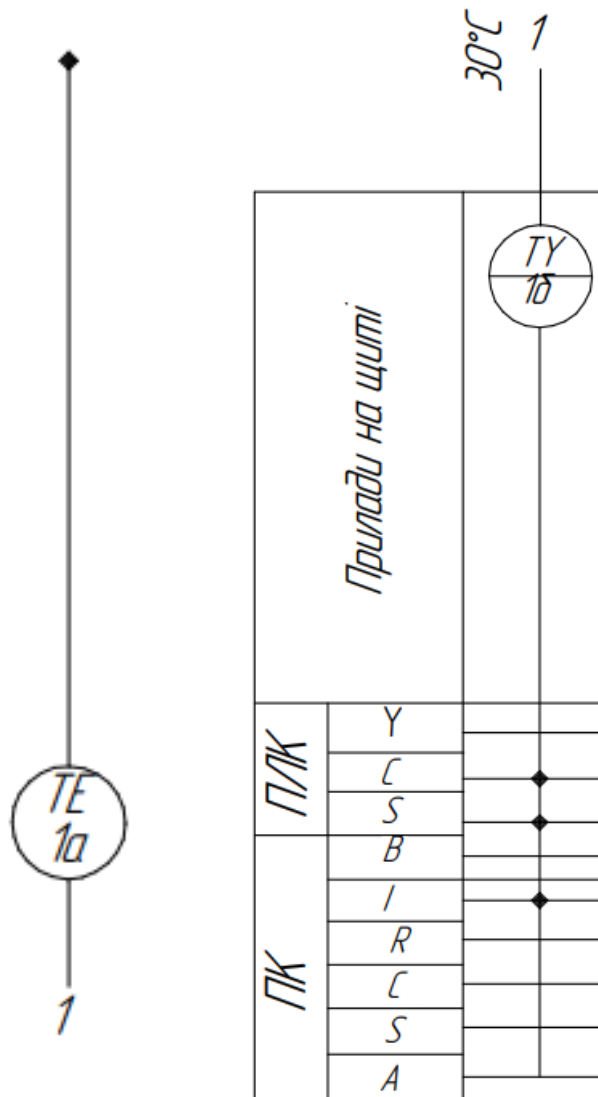


Рис. 3.2. Фрагмент схеми автоматизації контуру вимірювання температури в агрегатній

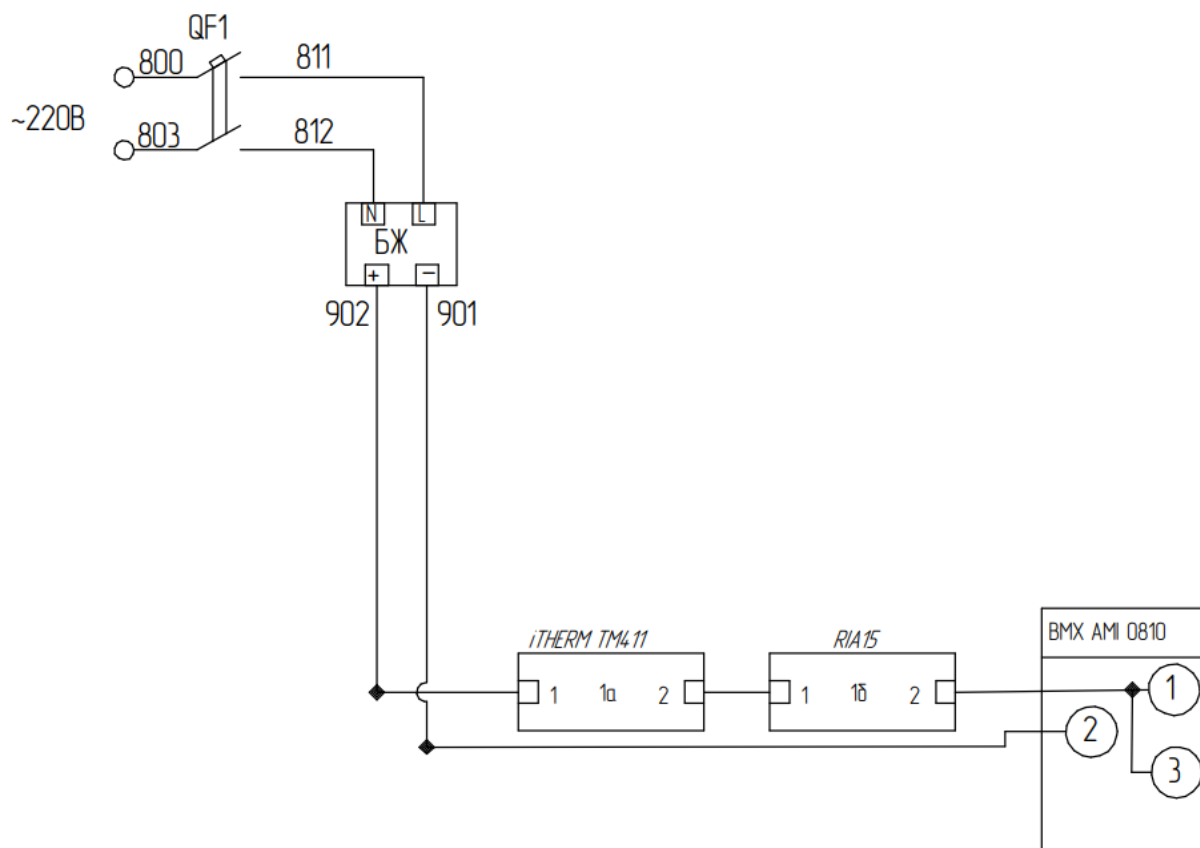


Рис. 3.3. Принципова розширена схема підключення датчика температури iTHERM TM411

#### Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу

Датчик температури E+N iTHERM TM411

##### Застосування датчика температури:

- Прилад спеціально розроблений для сфер застосування з підвищеними вимогами до гігієни та стерильності в харчовій (виробництво продуктів харчування та напоїв) та фармацевтичної промисловості.

- Має перетворювач в головці датчика з аналоговим виходом 4 до 20 мА.

- Діапазон вимірювання:  $-200$  до  $+600$  °С.

- Діапазон тиску до 50 бар.

- Ступінь захисту: IP69K.

##### Принцип вимірювання температури:

У описуваному термометру опору використовується датчик температури Pt100(відповідний стандарту ІЕС 60751). Це чутливий до температури платиновий резистор із опором  $100 \Omega$  при температурі  $0$  °С та з температурним

коефіцієнтом =  $0,003851$  °С-1.

|           |      |               |        |      | Кваліфікаційна робота  |  |      |         |
|-----------|------|---------------|--------|------|--|--|------|---------|
| Змн.      | Арк. | № докум.      | Підпис | Дата |  |  | Арк. | Аркушів |
| Розроб.   |      | Устименко Є.К |        |      | Розробка системи автоматизації процесу моніторингу температури холодильної установки |  | 31   | 2       |
| Керівник  |      | Романов М.С.  |        |      |  |  |      |         |
| Зав. каф. |      | Смітюх Я.В.   |        |      |  |  |      |         |
| Секр. ЕК  |      | Проскурка Є.С |        |      |  |  |      |         |
|           |      |               |        |      | НУХТ АК-4-1  |  |      |         |

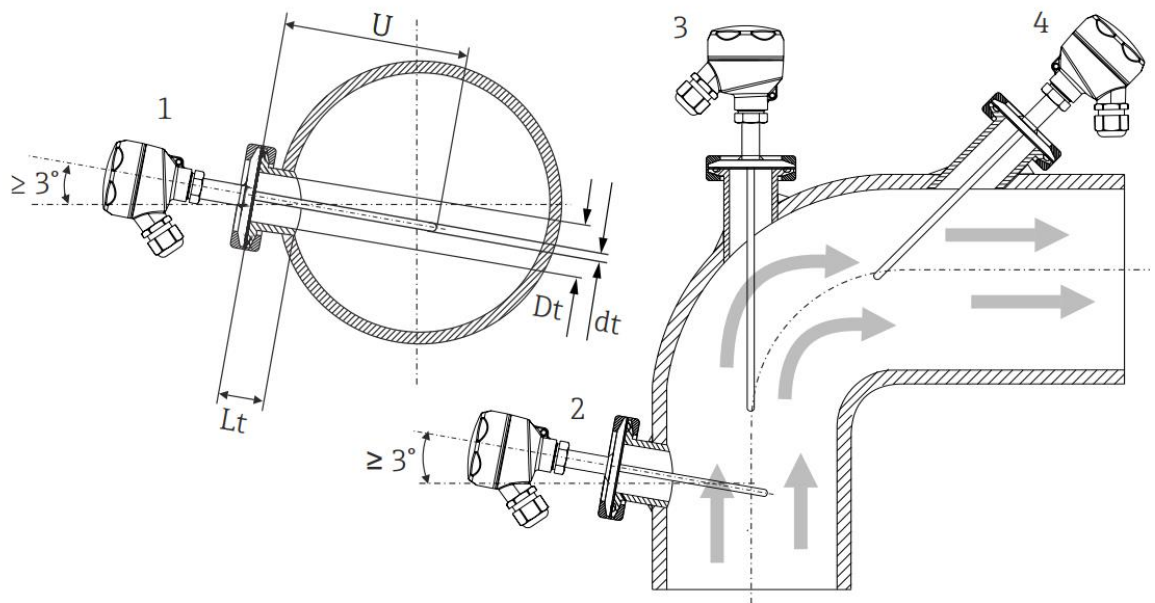


Рис. 2.2. Спосіб монтажу датчика температури E+H iTHERM TM411

## Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)

Алгоритм управління холодильною установкою наступний:

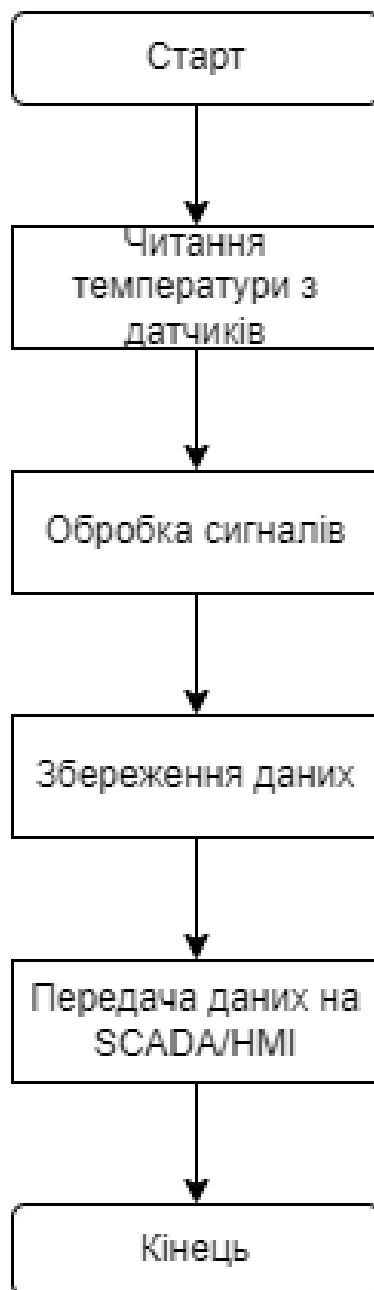


Рис. 5.1. Алгоритм збору даних вимірювань

| Змн.      | Арк. | № докум.      | Підпис | Дата | <i>Кваліфікаційна робота</i>   |                    |  |      |         |  |
|-----------|------|---------------|--------|------|--|--------------------|--|------|---------|--|
| Розроб.   |      | Устименко Є.К |        |      | Розробка системи автоматизації процесу моніторингу температури холодильної установки |                    |  | Арк. | Аркушів |  |
| Керівник  |      | Романов М.С.  |        |      |  |                    |  | 33   | 5       |  |
| Зав. каф. |      | Смітюх Я.В.   |        |      |  | <i>НУХТ АК-4-1</i> |  |      |         |  |
| Секр. ЕК  |      | Проскурка Є.С |        |      |  |                    |  |      |         |  |
|           |      |               |        |      |  |                    |  |      |         |  |

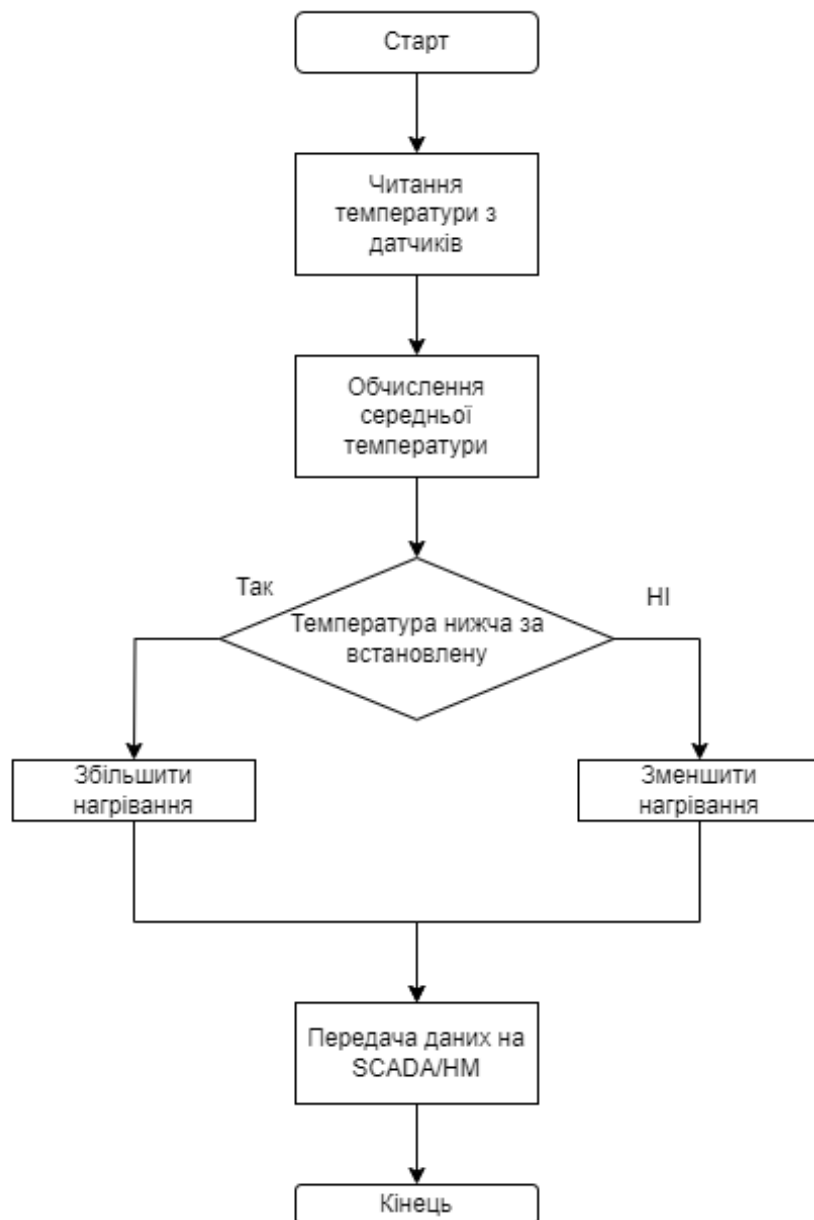


Рис. 5.2. Алгоритм автоматичного регулювання технологічним параметром

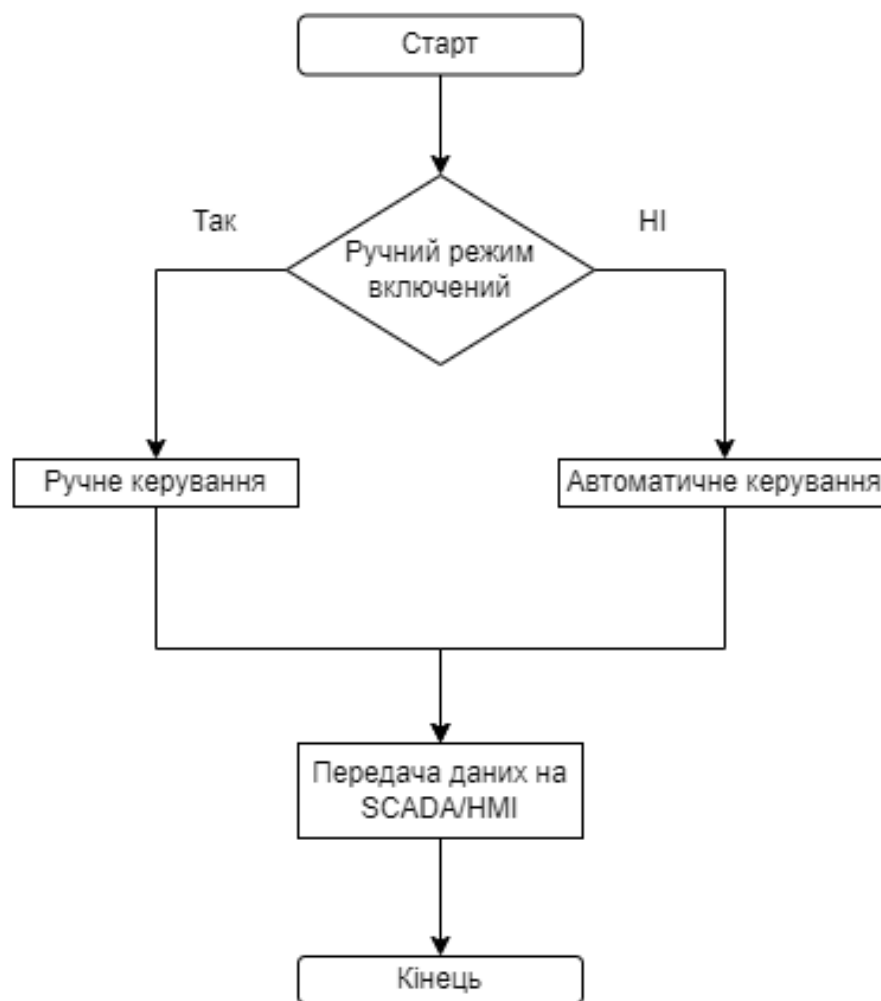


Рис. 5.3 Алгоритм ручного управління

Змінні для програми в ПЛК представлені в табл. 5.1.

Таблица 5.1. Змінні для програми в ПЛК.

| <u>Змінна</u>       | <u>Адреса</u> | <u>Опис</u>               |
|---------------------|---------------|---------------------------|
| 1                   | 2             | 3                         |
| Temperature 1       | %IW0.1.1      | Температура з датчика 1   |
| Temperature 2       | %IW0.1.2      | Температура з датчика 2   |
| Temperature 3       | %IW0.1.3      | Температура з датчика 3   |
| Temperature 4       | %IW0.1.4      | Температура з датчика 4   |
| Manual Mode         | %IO.0.1       | Сигнал ручного режиму     |
| Start Button        | %IO.0.2       | Сигнал кнопки запуску     |
| Stop Button         | %IO.0.3       | Сигнал кнопки зупинки     |
| Manual Control Up   | %IO.0.4       | Сигнал збільшення         |
| Manual Control Down | %IO.0.5       | Сигнал зменшення          |
| AO Control Signal   | %QW0.1.1      | Вихідний сигнал на клапан |

| <u>Змінна</u>                | <u>Адреса</u> | <u>Опис</u>                             |
|------------------------------|---------------|---|
| 1                            | 2             | 3                                       |
| <u>DO Valve Control</u>      | %Q0.0.1       | <u>Сигнал керування клапаном</u>        |
| <u>Setpoint Temperature</u>  | %MW200        | <u>Встановлене значення температури</u> |
| <u>Manual Control Signal</u> | %MW201        | <u>Ручне управління сигналом</u>        |
| <u>Start Command</u>         | %MW202        | <u>Команда запуску</u>                  |
| <u>Stop Command</u>          | %MW203        | <u>Команда зупинки</u>                  |

Програма управління системою автоматизації процесу моніторингу температури холодильної установки:

(\* Оголошення змінних \*)

VAR

Temperature\_1 : INT; (\* Температура з датчика 1 \*)

Temperature\_2 : INT; (\* Температура з датчика 2 \*)

Temperature\_3 : INT; (\* Температура з датчика 3 \*)

Temperature\_4 : INT; (\* Температура з датчика 4 \*)

Average Temperature : INT; (\* Середнє значення температури \*)

Setpoint Temperature : INT; (\* Встановлене значення температури \*)

Control Signal : INT; (\* Сигнал управління для клапана \*)

Manual Control Signal : INT; (\* Сигнал ручного управління для клапана \*)

Manual Mode : BOOL; (\* Ручний режим (True - ручний, False - автоматичний) \*)

Manual Control Up : BOOL; (\* Сигнал збільшення (Harmony XB4) \*)

Manual Control Down : BOOL; (\* Сигнал зменшення (Harmony XB4) \*)

AO Control Signal : INT; (\* Вихідний сигнал на клапан (4-20 мА) \*)

Start Button : BOOL; (\* Кнопка запуску (Harmony XB5) \*)

Stop Button : BOOL; (\* Кнопка зупинки (Harmony XB5) \*)

END\_VAR

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | Кваліфікаційна робота | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 36   |

(\* Алгоритм збору даних вимірювань \*)

Temperature\_1 := %IW0.1.1; (\* Читання температури з датчика 1 \*)

Temperature\_2 := %IW0.1.2; (\* Читання температури з датчика 2 \*)

Temperature\_3 := %IW0.1.3; (\* Читання температури з датчика 3 \*)

Temperature\_4 := %IW0.1.4; (\* Читання температури з датчика 4 \*)

(\* Обчислення середнього значення температури \*)

Average Temperature := (Temperature\_1 + Temperature\_2 + Temperature\_3 +  
Temperature\_4) / 4;

(\* Передача даних на SCADA/НМІ \*)

%MW100 := Temperature\_1;

%MW101 := Temperature\_2;

%MW102 := Temperature\_3;

%MW103 := Temperature\_4;

%MW104 := Average Temperature;

(\* Алгоритм автоматичного регулювання \*)

IF NOT Manual Mode THEN

IF Average Temperature < Setpoint Temperature THEN

Control Signal := Control Signal + 1; (\* Збільшити нагрівання \*)

ELSIF Average Temperature > Setpoint Temperature THEN

Control Signal := Control Signal - 1; (\* Зменшити нагрівання \*)

END\_IF;

AO Control Signal := Control Signal; (\* Вихідний сигнал на клапан \*)

END\_IF;

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | Кваліфікаційна робота | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 37   |

(\* Алгоритм ручного управління \*)

IF Manual Mode THEN

IF Manual Control Up THEN

Manual Control Signal := Manual Control Signal + 1; (\* Збільшити сигнал \*)

ELSIF Manual Control Down THEN

Manual Control Signal := Manual Control Signal - 1; (\* Зменшити сигнал \*)

END\_IF;

AO Control Signal := Manual Control Signal; (\* Вихідний сигнал на клапан \*)

END\_IF;

(\* Передача даних на SCADA/HMI \*)

%MW105 := AO Control Signal;

%MW200 := Setpoint Temperature;

%MW201 := Manual Control Signal;

%MW202 := Start Button;

%MW203 := Stop Button;

%MW204 := Manual Mode;

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 38   |

**Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора  
технолога**

**6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI**

Опис змінних для SCADA-програми наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1. Опис змінних для SCADA-програми.

| <u>Змінна</u>         | <u>Адреса</u> | <u>Мін.<br/>значення</u> | <u>Макс.<br/>значення</u> | <u>Мін.<br/>значення</u> | <u>Макс.<br/>значення</u> | <u>Тип<br/>даних</u> |
|-----------------------|---------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------|
| 1                     | 2             | 3                        | 4                         | 5                        | 6                         | 7                    |
| Temperature_1         |               | 0                        | 32767                     | 0 °C                     | 100 °C                    | INT                  |
| Temperature_2         |               | 0                        | 32767                     | 0 °C                     | 100 °C                    | INT                  |
| Temperature_3         |               | 0                        | 32767                     | 0 °C                     | 100 °C                    | INT                  |
| Temperature_4         |               | 0                        | 32767                     | 0 °C                     | 100 °C                    | INT                  |
| Average Temperature   |               | 0                        | 32767                     | 0 °C                     | 100 °C                    | INT                  |
| Setpoint Temperature  |               | 0                        | 32767                     | 0 °C                     | 100 °C                    | INT                  |
| Control Signal        |               | 0                        | 32767                     | 4 mA                     | 20 mA                     | INT                  |
| Manual Control Signal |               | 0                        | 32767                     | 4 mA                     | 20 mA                     | INT                  |
| AO Control Signal     |               | 0                        | 32767                     | 4 mA                     | 20 mA                     | INT                  |
| Manual Mode           |               | 0                        | 1                         | -                        | -                         | BOOL                 |
| Manual Control Up     |               | 0                        | 1                         | -                        | -                         | BOOL                 |
| Manual Control Down   |               | 0                        | 1                         | -                        | -                         | BOOL                 |
| Start Button          |               | 0                        | 1                         | -                        | -                         | BOOL                 |
| Stop Button           |               | 0                        | 1                         | -                        | -                         | BOOL                 |

|                  |             |                      |               |             |  |             |               |
|------------------|-------------|----------------------|---------------|-------------|--|-------------|---------------|
|                  |             |                      |               |             | <i>Кваліфікаційна робота</i>   |             |               |
| <i>Змн.</i>      | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i>      | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |  |             |               |
| <i>Розроб.</i>   |             | <i>Устименко Є.К</i> |               |             | Розробка системи автоматизації процесу моніторингу температури холодильної установки | <i>Арк.</i> | <i>Аркуші</i> |
| <i>Керівник</i>  |             | <i>Романов М.С.</i>  |               |             |  | 39          | 2             |
| <i>Зав. каф.</i> |             | <i>Смітюх Я.В.</i>   |               |             | <i>НУХТ АК-4-1</i>   |             |               |
| <i>Секр. ЕК</i>  |             | <i>Проскурка Є.С</i> |               |             |  |             |               |

## 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Мнемосхема процесу моніторингу температури холодильної установки дозволяє оператору спостерігати за ходом технологічного процесу та зміною технологічних параметрів з автоматизованого робочого місця (АРМ) оператора. Вона також надає можливість вручну вносити керуючі дії за потреби.

Вигляд мнемосхеми процесу моніторингу температури холодильної установки на рис. 6.1.

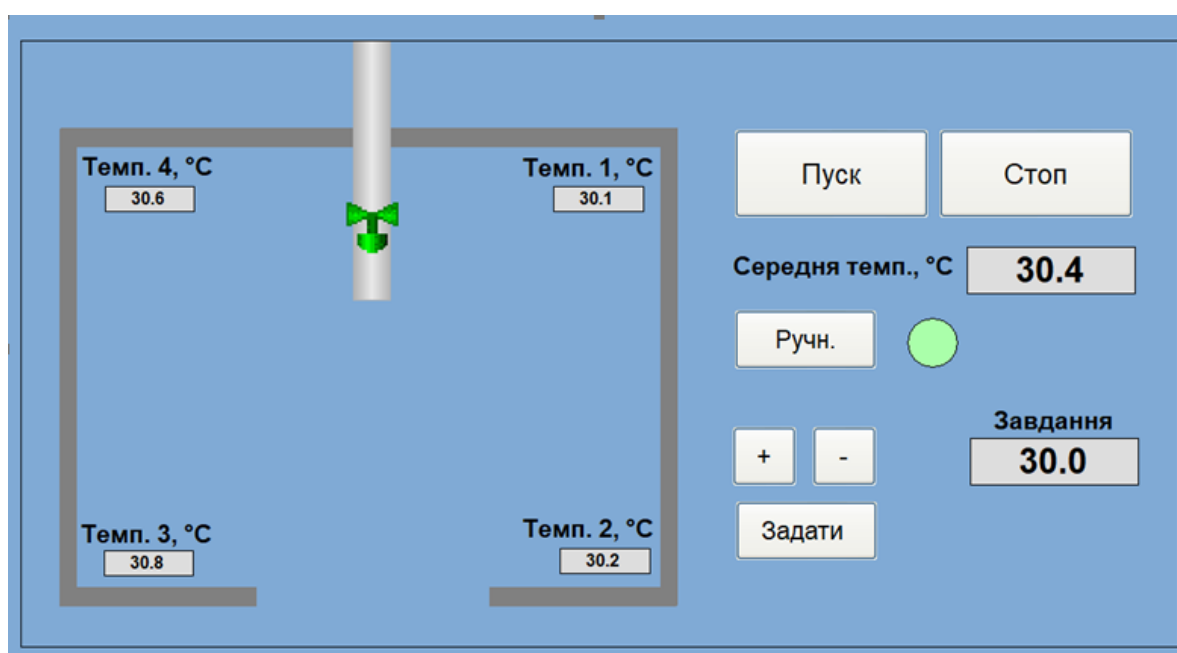


Рис. 6.1.

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 40   |

## Висновок

В кваліфікаційній роботі проводився опис розробки системи автоматизації процесу виготовлення ігристого сидру з використанням сучасних технічних засобів автоматизації.

Система автоматизації процесу виготовлення ігристого сидру розроблялася з використанням промислового логічного контролера М340 від виробника Schneider Electric.

З використанням програмного забезпечення Vijeo Citect розроблена дисплейна мнемосхема для автоматизованого робочого місця оператора

Використання сучасних технічних засобів автоматизації дозволило зменшити витрати енергоресурсів для проходження технологічного процесу бродіння та збільшити прибутковість виробництва.

|             |             |                 |               |             |                              |      |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|------------------------------|------|
|             |             |                 |               |             | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
|             |             |                 |               |             |                              | 41   |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                              |      |

## Список використаної літератури

1. Технічний опис іTHERM TM411 [https://bdih-download.endress.com/files/DLA/005056A500261EECB18FEA010E0D52F4/TI01038TRU\\_0821-00.pdf](https://bdih-download.endress.com/files/DLA/005056A500261EECB18FEA010E0D52F4/TI01038TRU_0821-00.pdf)
2. Інструкція з експлуатації RIA15 [https://bdih-download.endress.com/files/DLA/005056A500261EEEA5B9B689018E5E18/BA01170KRU\\_0823-00.pdf](https://bdih-download.endress.com/files/DLA/005056A500261EEEA5B9B689018E5E18/BA01170KRU_0823-00.pdf)
3. Контактор RTA421
4. Schneider Electric Harmony XB5 <https://www.se.com/ua/uk/product-range/633-harmony-xb5/#documents>
5. Schneider Electric Harmony XB4 Selector Switch <https://www.se.com/uk/en/product/XB4BD21/selector-switch-metal-black-ø22-2-positions-stay-put-1-no/>
6. Електропривод LR24A-SR [https://belimo.com.ua/files/catalog\\_water/025\\_TR\\_LR\\_NR\\_SR\\_analog.pdf](https://belimo.com.ua/files/catalog_water/025_TR_LR_NR_SR_analog.pdf)

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 42   |