

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

**Факультет** Автоматизації і комп'ютерних систем

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

управління ім. проф. А.П. Ладанюка

**«До захисту в ЕК»**

Декан факультету

Андрій ФОРСЮК

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«5» червня 2025 р.

**«До захисту допущено»**

Завідувач кафедри

Ярослав СМІТЮХ

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«5» червня 2025 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та  
(код та назва спеціальності)  
робототехніка»

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

на тему: Розробка системи автоматизації холодильної установки

Виконав: здобувач 4 курсу, групи АК-4-2ск

ВНУК Владислав Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник МІРКЕВИЧ Роман Миколайович

(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 Максим ПАСТУШЕНКО

(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 – 2025 р.

# Національний університет харчових технологій

Факультет *Автоматизації і комп'ютерних систем*

Кафедра *Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління*

*ім. проф. А.П. Ладанюка*

Освітній ступінь *«Бакалавр»*

Спеціальність *174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»*

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

зав. кафедри АКТСУ

ім. проф. А.П. Ладанюка

*Ярослав СМІТЮХ*

*«28» квітня 2025 р.*

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи \_\_\_\_\_ Розробка системи автоматизації холодильної \_\_\_\_\_  
установки \_\_\_\_\_

керівник роботи доц. Міркевич Р.М.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від *«28» квітня 2025 р. № 254-кс*

2. Строк подання здобувачем роботи *«5» червня 2025 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 28 квітня 2025 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 Владислав ВНУК

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник роботи Роман МІРКЕВИЧ

\_\_\_\_\_ (підпис)

## Анотація

В кваліфікаційній роботі приводиться опис розробки системи автоматизації холодильної установки.

Система автоматизації холодильної установки розроблялася з використанням ПЛК160 від виробника ОВЕН.

Детально розглянуто принци монтажу технічного засобу автоматизації – датчик температури МВТ5252.

З використанням програмного забезпечення Simple-Scada розроблена дисплейна мнемосхема для автоматизованого робочого місця оператора.

**Ключові слова:** датчик, насос, фреон, система, тиск, бак, клапан, контролер, вимірювання, МВТ5252, ПЛК160.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						3
Змн.	Арк.		Підпис	Дата		

## Annotation

The qualification work describes the development of a refrigeration plant automation system.

The refrigeration plant automation system was developed using PLC160 from the manufacturer OVEN.

The principles of installing the technical means of automation - the temperature sensor MBT5252 - are considered in detail.

Using the Simple-Scada software, a display mnemonic diagram for an automated operator's workplace is developed.

**Keywords:** sensor, pump, freon, system, pressure, tank, valve, controller, measurement, MBT5252, PLC160.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						4
Змн.	Арк.		Підпис	Дата		

## Зміст

<b>Вступ</b> .....	6
<b>Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації</b> .....	7
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.....	7
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.....	11
<b>Розділ 2. Система автоматизації</b> .....	12
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО).....	12
2.2. Схема автоматизації.....	33
2.3. Специфікація засобів автоматизації.....	35
<b>Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення</b> .....	36
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК).....	36
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	39
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру.....	40
<b>Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів</b> .....	42
<b>Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)</b> .....	45
<b>Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога</b> .....	52
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	52
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	53
<b>Висновки</b> .....	55
<b>Список використаної літератури</b> .....	56

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.		Підпис	Дата		5

## Вступ

Холодильні установки широко застосовуються в різних галузях промисловості — зокрема у харчовій, хімічній, фармацевтичній, а також на підприємствах зберігання та транспортування продукції. Ефективне функціонування таких систем на пряму залежить від точності та стабільності керування ключовими параметрами — температурою, тиском, витратою холодоагенту. Використання програмованих логічних контролерів (ПЛК), сенсорів з уніфікованими сигналами, перетворювачів частоти та SCADA-систем дозволяє не лише оптимізувати роботу установки, а й значно зменшити споживання енергії, підвищити рівень безпеки та автоматизувати облік і контроль процесів.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка системи автоматизації холодильної установки, що передбачає створення ефективного програмного та апаратного комплексу для моніторингу і керування основними параметрами установки з урахуванням вимог надійності, точності та економічності.

У роботі буде виконано вибір і обґрунтування технічних засобів автоматизації, розроблено алгоритми управління процесом охолодження, складено схему автоматизації та проектну документацію відповідно до діючих стандартів. Запропоноване рішення дозволить підвищити ефективність роботи холодильної установки, зменшити витрати на обслуговування й забезпечити стабільну якість технологічного процесу.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						6
Змн.	Арк.		Підпис	Дата		

## Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації.

### 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.

Холодильні машини та установки призначені для зниження температури в заданому об'єкті нижче температури навколишнього середовища, утримуючи її на потрібному рівні в діапазоні від +10 °С до -153 °С. Кріогенні машини та установки використовуються для створення дуже низьких температур. Холодильні установки розробляються відповідно до конкретного завдання, включаючи об'єкт охолодження, потрібний діапазон температур, джерела енергії та типи охолоджувальних середовищ.

Зовнішній вигляд холодильної установки наведено на рисунку 1.1

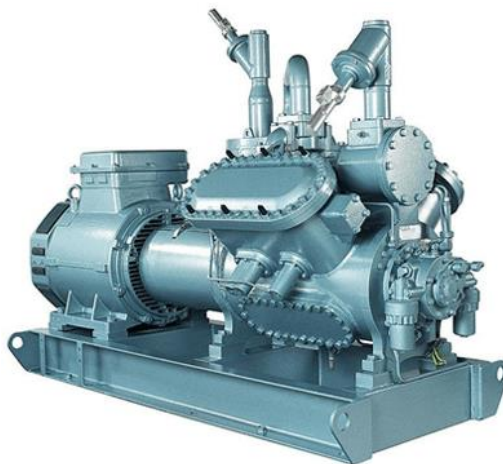


Рис. 1.1 – Зовнішній вигляд холодильної установки

Пристрої автоматизації можуть виконувати як окремі операції: контроль, сигналізація, вмикання та вимикання виконавчих механізмів, так і сукупність цих операцій: автоматичний захист та регулювання. Будь-яка операція, що здійснюється машиністом сучасних холодильних установок, піддається автоматизації.[1]

					Кваліфікаційна робота		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лім.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Внук В.О.					
Керівник		Міркевич Р.М.				7	5
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			НУХТ АК-4-2ск		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.					
					Розробка системи автоматизації холодильної установки		

Автоматизація процесів регулювання та захисту необхідна у тих випадках, коли ці процеси вимагають витрат ручної праці та коли машиніст не може забезпечити точне регулювання та надійний захист. Дуже важливо також автоматизувати роботи у шкідливих та вибухонебезпечних приміщеннях.

Мета автоматизації холодильних установок – точна підтримка заданих параметрів, запобігання аваріям, збільшення терміну служби обладнання, скорочення витрат, підвищення культури виробництва. Експлуатація автоматизованих холодильних установок обходиться дешевше, тому що відпадає необхідність у частині обслуговуючого персоналу, зайнятого ручними операціями з пуску, регулювання та зупинки холодильного обладнання, візуальному спостереженню за роботою машин та апаратів.[2]

Зображення функціональної схеми автоматизації (ФСА) холодильної установки наведено на рисунку 1.2

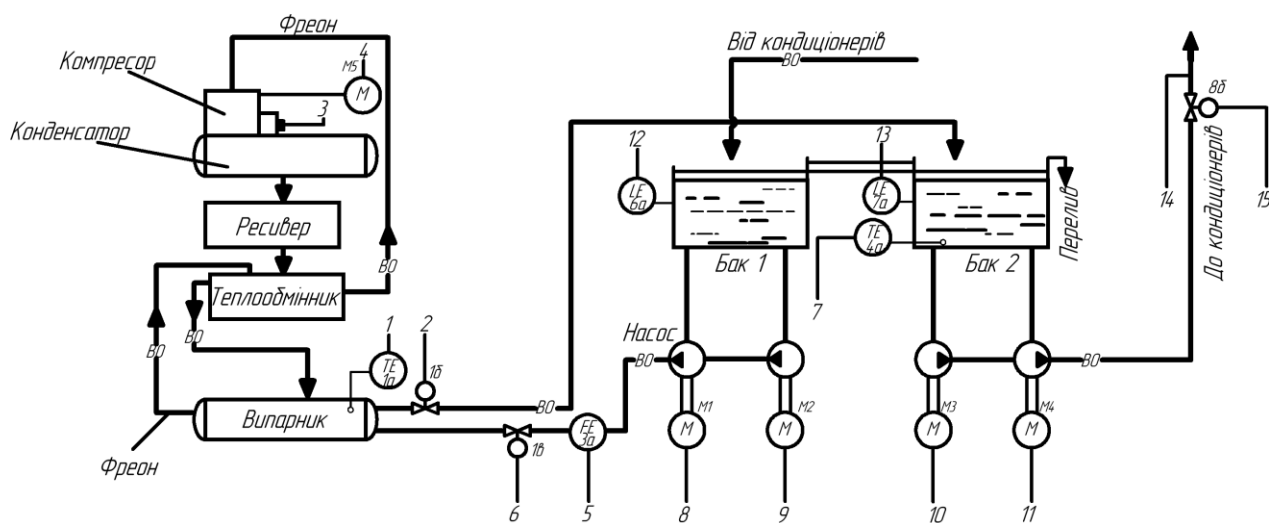


Рис. 1.2 – Функціональна схема автоматизації холодильної установки

В бак 1 подається рідина від кондиціонерів, після досягнення рівня 80% який вимірюється датчиком рівня LE 80, вмикаються мотори M1, M2 і насоси починають качати фреон по трубопроводу який йде до випарника.

На цьому ж трубопроводі вмонтований витратомір FE3, який контролює витрати фреону та подає сигнал на контролер а той в свою чергу дає сигнал на відкриття клапана 1в, після випарника фреон йде до теплообмінника а потім до компресора. На компресорі стоїть датчик тиску PE2 для контролю тиску, при досягненні 300 кПа подається сигнал на контролер який вмикає компресор і фреон йде до конденсатора, а потім до ресивера, теплообмінника і повертається у випарник.

На виході випарника стоїть датчик температури TE1 який дає сигнал на контролер для відкриття клапана 1б, після того як температура фреону достигла 7°C. Таким чином фреон переливається у бак 2 який наповнюється до рівня 80% про що сигналізує датчик рівня LE7, також в баку 2 знаходиться датчик температури TE4. Якщо температура в баку 2 знаходиться в межах від 6°C до 7°C починають працювати мотори M3, M4 які вмикають насоси і фреон починає качатись до кондиціонерів. Для підтримки постійного тиску фреону, що подається до кондиціонерів встановлений датчик тиску PE8 і клапан KL2, якщо тиск рідини буде дорівнювати 45кПа то подається сигнал на ввімкнення клапана 8б і фреон пройде до кондиціонерів.

Таблиця 1.1 – Параметри до автоматизації холодильної установки

Назва параметра	Умовне позначення	Припустиме значення параметра	Допустима похибка	Роль і значення параметра
Керівні параметри				
Температура	$T$	від -18°C до +18°C	±0,5°C	Контроль температури в установці
Тиск	$P$	від 10 до 15 бар	±0,1 бар	Контроль тиску
Керовані параметри				
Температура повітря в приміщенні	$T_n$	від +19°C до +40°C	±1-2%	Впливає на створення норматив-них умов роботи
Вологість	$RH$	85-95%	±3%	
Контрольовані збурення				
Час	$t$	24 год/добу	±1 хвилина	Впливає на час протікання процесу
Енергоспоживання	$W$	300 кВт/рік	±1 Вт	

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

*Продовження таблиці 1.1*

Не контрольовані збурення				
Кількість поломок	N	-	-	Впливає на хід процесу
Температура навколишнього середовища	Tн.с.	-	-	
Коефіцієнт теплопровідності	$\alpha$	-	-	

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.

Таблиця 1.1 – Завдання на розробку системи автоматизації

№ п/п	Машина, агрегат, апарат	Пар-р, місце відбору імпульсу	Припустиме значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії	Додаткові умови
1	Насос	Стан	-	Управління	Ручне та дистанційне	Вплив на пускач або частотний перетворювач насоса	Пуск, зупинка
2	Компресор	Стан	від 10 до 15 бар $\pm 0,1$ бар	Контроль	Ручне та дистанційне, сигналізація	Датчик тиску + контролер	Пуск, зупинка, світлова
3	Конденсатор	Стан	-	Управління	Ручне та дистанційне	Вплив на пускач вентилятора конденсатора	-
4	Ресивер	Стан	-	Управління	Ручне та дистанційне	Контроль рівня рідини	-
5	Теплообмінник	Стан	-	Контроль	Покази, запис	запис даних на ПЛК або SCADA	-
6	Випарник	Стан	від $-18^{\circ}\text{C}$ до $+18^{\circ}\text{C}$ $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$	Контроль та управління	Ручне та дистанційне, сигналізація	Температурний датчик	Пуск, зупинка, світлова
7	Клапан на трубопровід	Стан	-	Управління та контроль	Ручне та дистанційне, сигналізація	зворотний зв'язок про стан	Пуск, зупинка, світлова

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

## Розділ 2. Система автоматизації

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

#### Вимір температури

Для вимірювання температури фреону в баках використовується датчик температури MBT 5252.

Зовнішній вигляд датчика температури MBT5252 наведено на рисунку 2.1[3]



Рис. 2.1 – Зовнішній вигляд датчика температури MBT 5252

Датчик температури MBT 5252 застосовується для контролю температури в системах охолодження, мастила, гідравліки, а також у промислових та суднових холодильних установках. Як чутливий елемент використовується термометр опору Pt100, що забезпечує надійні та точні вимірювання. На замовлення MBT 5252 може бути поставлений із чутливим елементом типу NTC/PTC.[3]

Для варіантів, розрахованих на температури від  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+200^{\circ}\text{C}$ , чутливий елемент поміщений у силіконовий кабель, що забезпечує високу вібростійкість датчика.

					Кваліфікаційна робота		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Внук В.О.				Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Міркевич Р.М.					12	24
Зав. каф.	Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-2ск		
Секр. ЕК	Проскурка Є.С.						
					Розробка системи автоматизації холодильної установки		

Всі елементи датчика, що контактують із середовищем, виконані з нержавіючої сталі типу AISI 316 Ti.

Схема підключення датчика температури MBT5252 зображена на рисунку 2.2 [3]

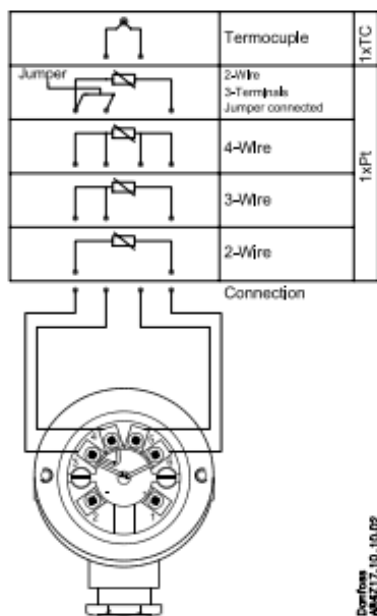


Рис. 2.2 – Схема підключення датчика температури MBT5252

Технічні характеристики датчика температури MBT 5252 наведено в таблиці 2.1[3]

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики датчика температури MBT 5252

Параметр	Значення
діапазон вимірювань, °С	від -50 до 200
діапазон перетворювача, °С	від 0 до +100
довжина занурювальної частини, мм	50
електричне з'єднання	2-провідне
вихідний сигнал, Ма	від 4 до 20
приєднання	G 1/2 A

## Вимір тиску

Для вимірювання та контролю тиску та роботи компресора використовується датчик тиску DMP 330S.

Спеціально розроблений для застосування у бюджетних проектах, де потрібне поєднання точності вимірювання з високою стійкістю до перевантажень. Сталева мембрана датчика дозволяє йому впевнено протистояти як статичним, а й динамічним навантаженням (гідроударам). Зварне приєднання сенсора до корпусу датчика забезпечує стійкість до деяких агресивних середовищ, наприклад, холодоагентів.[4]

Зовнішній вигляд датчика тиску DMP 330S наведено на рисунку 2.3[4]



Рис. 2.3 – Зовнішній вигляд датчика тиску DMP330S

Технічні характеристики датчика тиску DMP330S. [4]

- діапазони тиску: від 0...1 до 0...400 бар; від -1...6 до -1...25 бар;
- основна похибка: 0,5% ДІ;
- вихідний сигнал: від 4мА до 20 мА,;
- сенсор: кремнієвий тензорезистивний;
- діапазон температур вимірюваного середовища: від 40 до +125°C;
- клас захисту: IP 65;
- механічне приєднання: G½", M20x1.5;
- електричне приєднання: DIN 43650.

Датчик випускається як у стандартному виконанні, так і великими серіями (складська програма) у тридіапазонних виконаннях (6 бар, 10 бар та 16 бар) та (10 бар, 16 бар та 25 бар) з різьбленнями G½" та M20x1,5. маркуються символом

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

"s" (DMP 330Ss) і характеризуються більш привабливою ціною та наявністю на складі, тому ми рекомендуємо замовляти датчики саме такого виконання, якщо вони задовольняють усім технічним вимогам замовника. [4]

Схема підключення датчика тиску DMP330S зображена на рисунку 2.4. [4]

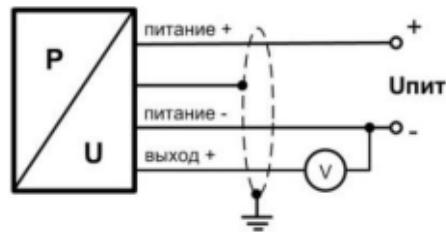


Рис. 2.4 – Схема підключення датчика тиску DMP330S

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

## Вимір витрати

Для контролю витрати фреону використовується ультразвуковий датчик витрати Belimo FM025R-SZ.

Датчик призначається для вимірювання витрати рідких середовищ, підходить для систем кондиціонування, опалення, вентиляції, а також для застосування у промислових системах HVAC. Може використовуватись як у технологічних процесах, так і в обліково-розрахункових операціях житлово-комунального господарства. Ультразвуковий витратомір оснащений витратною трубкою, двома датчиками витрати та блоком електроніки.[5]

Зовнішній вигляд датчика витрати Belimo FM025R-SZ наведено на рисунку 2.5[5]



Рис. 2.5 – Зовнішній вигляд датчика витрати  
Belimo FM025R-SZ\

Технічні характеристики датчика витрати Belimo FM025R-SZ:[5]

- підключення: кабель 1 м, 3 x 0.75 мм<sup>2</sup>;
- допустимий тиск, ps: 1600 kPa;
- трубне з'єднання: внутрішнє різьблення за ISO 7-1/Зовнішнє різьблення згідно з ISO;
- клас захисту IEC/EN: III клас (для наднизького напруження) (SELV);
- позиція встановлення: пряма до горизонталі;
- принцип виміру: обчислення ультразвуком об'ємного потоку;

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

- точність вимірювання:  $\pm 6\%$  у межах (від 20 до 100% FS);
- температура довкілля: від 0 до 50°C;
- температура зберігання: від -40 до 80°C;

Схема підключення датчика витрати Belimo FM025R-SZ наведено на рисунку 2.6 [5]

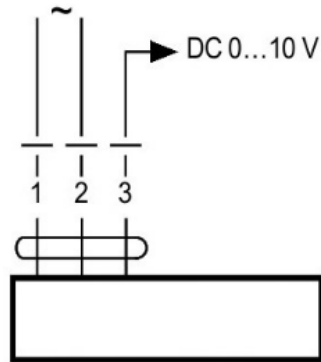


Рис. 2.6 – Схема підключення датчика витрати  
Belimo FM025R-SZ

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

## Вимір рівня

Для визначення рівня фреону в баку використовується датчик рівня, поплавковий вимикач РС-8. Поплавковий перемикач також може служити регулятором рівня рідини, призначений для автоматизації роботи насоса. Забезпечує увімкнення або вимкнення насоса при заданому рівні рідини в резервуарі. Також захищає насос від сухого ходу (якщо вода закінчилася). [6]

Зовнішній вигляд датчика рівня РС-8 наведено на рисунку 2.7[6]



Рис. 2.7 – Зовнішній вигляд датчика рівня РС-8

Технічні характеристики датчика рівня РС-8 [6]

- довжина кабелю – 5 м.
- напруга мережі – 220 В.
- робочий струм – від 10 до 18 А.
- діапазон робочих температур – від +1 до +55 °С.
- клас захисту – IP88.
- також з вимикачем до комплекту входить вантаж.

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

## Насос

Для викачування фреону з баку використовується насос 1Д315-50.  
Зовнішній вигляд насоса 1Д315-50 наведено на рисунку 2.8 [7]



Рис. 2.8 – Зовнішній вигляд насоса 1Д315-50

Насос 1Д315-50 призначений для перекачування різноманітних речовин з невеликими частинками розміром до 0,3 мм, активність водню рН повинна бути в межах 7-8,5. Корпус і майже всі деталі насоса, крім валу, зроблені з чавуну. За конструкцією насос 1Д одноступінчастий з роз'ємним корпусом, за способом розташування та експлуатації - горизонтальний, з колесом двостороннього входу. У стандартному виконанні насос випускається із сальниковим ущільненням, ліве обертання ротора. [7]

Технічні характеристики насоса 1Д 315-50: [7]

- продуктивність – 315 м<sup>3</sup>/год.
- натиск – 50 м
- маса насоса 1Д 315-50 – 195 кг.
- маса агрегату 1Д 315-50 – 828 кг.
- діаметр вхідного патрубку – 200 мм.
- діаметр напірного патрубку – 150 мм.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розміри та діаметри патрубків водяного горизонтального насоса 1Д315-50 наведено на рисунку 2.9 [7]

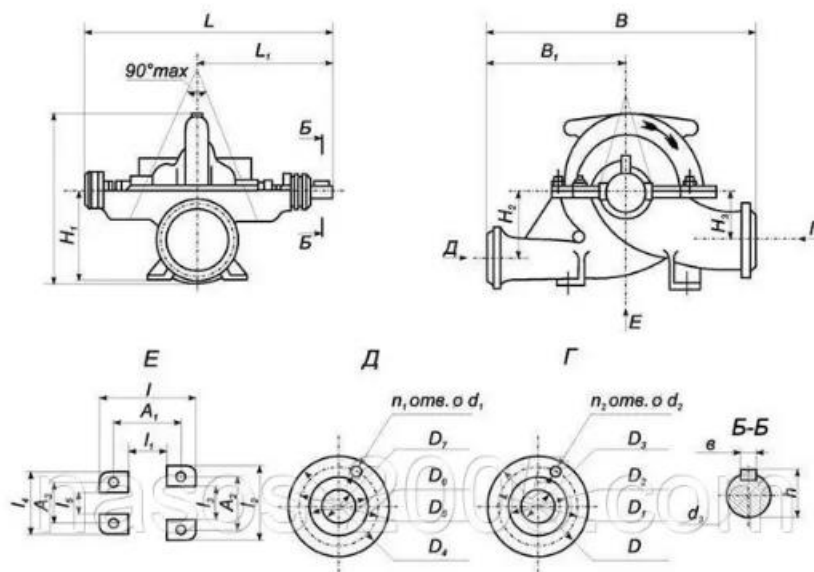


Рис. 2.9 – Розміри та діаметри патрубків водяного горизонтального насоса 1Д315-50

## Електродвигун

Для роботи насоса використовується електродвигун АІР 100 L6.

АІР100L6 - асинхронний трифазний електродвигун 2,2 кВт 1000 об/хв. Має короткозамкнений ротор, фактичну частоту обертання 935 об/хв, потужність – 2,2 кВт. Живлення 220/380В, мережі змінного струму частотою 50 Гц. Тип з'єднання за схемою трикутник або зірка. Загальнопромисловий двигун АІР 100 L6 ПрАТ “Електромотор” за габаритними та приєднувальними розмірами відповідає ГОСТ 31606-2012. [8]

Зовнішній вигляд електродвигуна АІР 100 L6 наведено на рисунку 2.10[8]



Рис. 2.10 – Зовнішній вигляд електродвигуна АІР 100 L6

Технічні характеристики електродвигуна АІР 100 L6[8]

- матеріал корпусу – чавун, алюміній
- тип двигуна – асинхронні
- ККД, не менше – 81.5
- коефіцієнт потужності – 0.74
- кількість фаз – 3
- частота обертання – 1000.0
- потужність – 2.2 кВт
- вага – 27

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Схема підключення електродвигуна АІР 100 L6 наведено на рисунку 2.11[8]

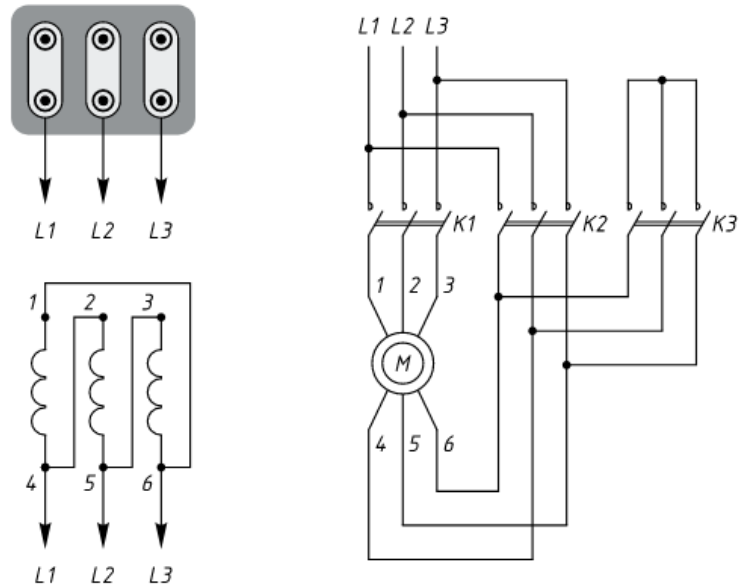


Рис. 2.11 – Схема підключення електродвигуна АІР 100 L6

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Перетворювач частоти

Для регулювання частоти обертання роторів двигуна використовується перетворювач частоти Delta Electronics VFD-EL 2.2 кВт 3-ф/380 VFD022EL43A.

Перетворювачі частоти VFD-EL Delta Electronics призначені для вирішення нескладних завдань із застосуванням приводу змінного струму. Наприклад, таких як управління швидкістю насосів і вентиляторів малої потужності, стрічкових транспортерів, обертачів, невеликих механообробних верстатів, і т.д. Функціонально та конструктивною серія перетворювачів частоти VFD-EL здатна замінити собою дві старі серії (Delta Electronics VFD-L та Delta Electronics VFD-S), маючи ряд технічних переваг перед ними та перебуваючи у тому ж ціновому діапазоні. [9]

Зовнішній вигляд перетворювача частоти Delta Electronics VFD-EL 2.2кВт наведено на рисунку 2.12[9]



Рис. 2.12 – Зовнішній вигляд перетворювача частоти Delta Electronics VFD-EL 2.2 кВт 3-ф/380 VFD022EL43A

Технічні характеристики перетворювача частоти Delta Electronics VFD-EL наведено в таблиці 2.2[9]

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики перетворювача частоти

Параметр	Значення
Номінальна потужність, Вт	2200
Напруга живлення,	380
Кількість фаз	3
Ступінь захисту	IP20
Режими управління	Векторне керування без датчика ОС
Тип двигуна	Асинхронний
Комунікації	Modbus
Перевантажувальна здатність	150% до 60 с
Гальмівний модуль	Зовнішній

## Електромагнітні клапани

Для переміщення фреону по трубопроводах використовується електромагнітний клапан GAMA 2W-15 N.C. Це латунний клапан комбінованої дії, на клапані встановлена електромагнітна котушка, клапан мембранного типу з внутрішнім різьбленням. Всі внутрішні деталі пружина, шток, плунжер, виконані з нержавіючої сталі. Дану модель можна застосовувати для різного середовища: Вода, повітря, пара, кислоти, луги, дизпаливо, бензин та інші нафтопродукти тощо. [10]

Зовнішній вигляд електромагнітного клапана GAMA 2W-15 N.C. наведено на рисунку 2.13[10]



Рис. 2.13 – Зовнішній вигляд електромагнітного клапана GAMA 2W-15 N.C

Технічні характеристики електромагнітного клапана GAMA 2W-15 N.C: [10]

- робоча напруга 24 В, 220 В;
- максимальний робочий тиск 10 бар;
- робоча температура від – 10°C до 140 °С.

Схему підключення електромагнітного клапана GAMA 2W-15 N.C. наведено на рисунку 2.14[10]

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

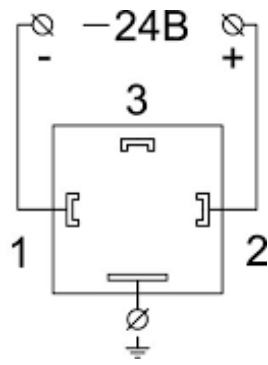


Рисунок 2.14 – Схема підключення електромагнітного клапана GAMA 2W-15 N.C

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

## Пускач

Для пуску, зупинки та реверсування двигунів використовується пускач ПМ 2-25-01 F7 110В (LC1-D2501).

Пускач ПМ – це малогабаритний пускач виробництва Аско (Україна). Основне завдання пускача – запуск та відключення будь-якого електроустаткування, зокрема асинхронних електродвигунів, а також для його дистанційного керування. Пускач ПМ Аскокомплект силових контактів, за допомогою якого можна комутувати від 100Вт до 500кВт навантаження. Вбудована електромагнітна котушка замикає та розмикає контакти. Потреба харчування змінюється в діапазоні від 24В до 380В, залежно від потреб користувача. Управління підприємствами можна реалізувати за допомогою кнопок або інших пристроїв керування. Встановлюється на DIN-рейку або на монтажну панель. [11]

Зовнішній вигляд пускача ПМ 2-25-01 F7 110В (LC1-D2501) наведено на рисунку 2.15[11].



Рис. 2.15 – Зовнішній вигляд пускача  
ПМ 2-25-01 F7 110В (LC1-D2501)

Технічні характеристики Пускача ПМ 2-25-01 F7 110В (LC1-D2501): [11]

- відповідність стандартам : ДСТУ EN 60947-4-1;
- номінальний умовний струм  $K3 I_{nc}$ , кА: 3;
- тип контактів: 3NO;
- об'єм, кг: 0.00051;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- номінальний робочий струм  $I_e$ , А: 25;
- номінальна робоча напруга  $U_e$ , В: АС400;
- категорія застосування: АС-3, АС-4;
- номінальна напруга ізоляції  $U_i$ , В: 660;
- номінальна напруга керування  $U_s$ , В: АС110;
- тип додаткових контактів: 1NC.
- зносостійкість електрична, циклів: 1500000
- ступінь захисту: IP20

Схема підключення Пускача ПМ 2-25-01 F7 110В (LC1-D2501) наведено на рисунку 2.16[11]

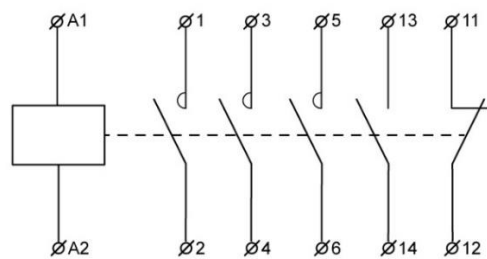


Рис. 2.16 – Схема підключення пускача  
ПМ 2-25-01 F7 110В (LC1-D2501)

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

## Блок живлення

Для живлення системи та програмованого логічного контролера використовується блок живлення ОВЕН БП60.

Промисловий блок живлення ОВЕН БП60 призначений для живлення широкого спектру радіоелектронних пристроїв стабілізованою напругою постійного струму – релейної автоматики, контролерів тощо. [12]

Номінальна вихідна потужність блоку живлення: 15, 30 та 60 Вт. Блоки живлення БП60 виготовляють у пластикових корпусах з кріпленням на DIN-рейку. Використовуються для побудови систем електроживлення різної складності, у тому числі розподілених систем. [12]

Зовнішній вигляд блока живлення ОВЕН БП60 наведено на рисунку 2.17[12]



Рис. 2.17 – Зовнішній вигляд блока живлення ОВЕН БП60

Технічні характеристики блока живлення ОВЕН БП60 наведено в таблиці 2.3[12]

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики блока живлення ОВЕН БП60

Параметр	Значення
Вхідна напруга:	
– змінного струму	від 90 до 264 В
– постійного струму	від 110 до 370 В
Частота вхідної змінної напруги	від 47 до 63 Гц
Нестабільність вихідної напруги під час змінення напруги живлення	$\pm 0,2 \%$
Нестабільність вихідної напруги під	$\pm 0,25 \%$

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

час змінення струму навантаження від 0,1 I <sub>мах</sub> до I <sub>мах</sub>	
Коефіцієнт корисної дії	Не менше 85%
Ступінь захисту корпусу	IP20

Схему підключення ОВЕН БП60 наведено на рисунку 2.18[12]

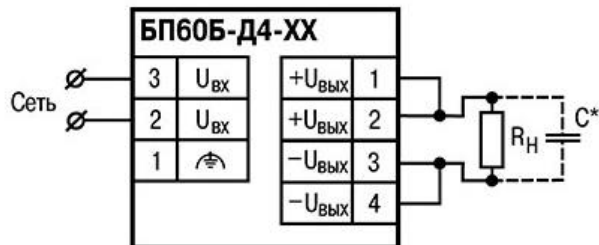


Рис. 2.18 – Схема підключення ОВЕН БП60

## Автоматичний вимикач

Для захисту роботи двигунів використовується автоматичний вимикач АВВ S203-C50 ( 2CDS253001R0504 ).

Автоматичний вимикач S203 C50 типу С, призначений для роботи в мережах змінного струму з напругою до 400 Вольт, номінальний струм 50 Ампер і захисту резистивних і індуктивних навантажень з низьким імпульсним струмом від перевантажень і коротких замикань. Корпус вимикача виконаний з термопласту, стійкого до механічних пошкоджень. максимальний перетин підключаються кабелів - 35 кв.мм. Дана модель призначена для кріплення на дин-рейку має 1 полюс і займає на дин-рейці, відповідно, 1 DIN-модуль. Діапазон робочих температур від -25°C до + 55°C. [13]

Зовнішній вигляд автоматичного вимикача АВВ S203-C50 (2CDS253001R0504 ) наведено на рисунку 2.19[13]



Рис. 2.19 – Зовнішній вигляд автоматичного вимикача  
АВВ S203-C50 ( 2CDS253001R0504 )

Технічні характеристики автоматичного вимикача АВВ S203-C50: [13]

- номінальний струм: 50А;
- струм короткого замикання: 6кА;
- характеристика відключення: С;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

- номінальна робоча напруга: 230/400 V AC;
- кількість полюсів: 3P;
- ступінь захисту: IP20;
- електрична зносостійкість: 20 000 циклів;
- механічна зносостійкість: 20 000 циклів;
- січення кабелю: до 35 мм<sup>2</sup>.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						32
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 2.2. Схема автоматизації

Система автоматизації холодильної установки на заданій ділянці забезпечує комплексне керування основними параметрами процесу охолодження: витратою холодоагенту, температурою, тиском, рівнем рідини, а також роботою виконавчих механізмів. Основна мета системи — підтримання стабільних умов функціонування установки, енергоефективність і забезпечення безпечного режиму експлуатації.

— Датчик витрати Belimo FM025R-SZ. Призначений для вимірювання витрати холодоагенту в трубопроводі. Забезпечує точний контроль обсягу циркулюючої речовини. Сигнал від датчика надходить до ПЛК для аналізу та коригування роботи насосів або клапанів у разі відхилення від заданого режиму.

— Датчик температури MBT 5252 (Danfoss). Застосовується для вимірювання температури холодоагенту. Має високу точність і швидкодію. Його показники використовуються для керування компресором, регулювання температури в холодильній камері та активації аварійної сигналізації у випадку перегріву.

— Датчик тиску DMP 330S. Вимірює тиск у системі холодоагенту. Забезпечує захист компресора від перевантаження або роботи в небезпечних умовах. Дані з цього датчика дозволяють автоматично вмикати або вимикати компресор, відкривати/закривати електромагнітні клапани.

— Датчик рівня PC-8. Ємнісний датчик для визначення рівня рідини (холодоагенту в баках). Забезпечує контроль заповнення та сигналізує при досягненні критичних рівнів, запобігаючи переливам або «сухому ходу» насосів.

— Перетворювач частоти Delta Electronics VFD-EL. Керує швидкістю обертання електродвигуна (насосу), забезпечуючи плавний пуск, зниження енерговитрат і оптимізацію режимів роботи в залежності від навантаження. Управління здійснюється сигналами з ПЛК на основі показників температури, витрати або тиску.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

— Електромагнітний клапан GAMA 2W-15 N.C. (нормально закритий). Керує подачею холодоагенту в певні ділянки системи. Відкривається за сигналом від контролера у відповідь на необхідність увімкнення охолодження, при цьому забезпечує герметичне перекриття потоку в разі вимкнення.

— Електродвигун AIP 100 L6. Приводить у дію компресор і насос холодоагенту. Живиться через частотний перетворювач, що дозволяє забезпечити енергоощадне та контрольоване регулювання швидкості обертання залежно від режиму роботи установки.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						34
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 2.3. Специфікація засобів автоматизації

*Таблиця 2.1 Специфікація приладів та засобів автоматизації.*

№ п/п	№ позиції на ФСА	Назва та коротка технічна характеристика	Тип ЗКК	К-сть	Виробник
1	1а	датчика температури MBT5252 діа.вим -50-200С	MBT5252	1	Danfoss
2	4а	датчика температури MBT5252 діа.вим -50-200С	MBT5252	1	Danfoss
3	2а	датчик тиску DMP 330S діа.вим 0-400 бар	DMP 330S	1	BD Sensors
4	8а	датчик тиску DMP 330S діа.вим 0-400 бар	DMP 330S	1	BD Sensors
5	3а	датчик витрати Belimo FM025R-SZ точність вимірювання: ±6% у межах (від 20 до 100% FS)	FM025R-SZ	1	Belimo, Швейцарія
6	6а	датчик рівня PC-8 діапазон робочих температур – від +1 до +55 °С	PC-8	1	Cristal
7	7а	датчик рівня PC-8 діапазон робочих температур – від +1 до +55 °С	PC-8	1	Cristal
8	1б 1в 8б	електромагнітний клапан GAMA 2W-15 N.C робоча напруга 24 В, 220 В	2W-15 N.C	3	Round Star, Китай
9	KM1	пускач ПМ 2-25-01 F7 110В (LC1-D2501) номінальний робочий струм Ie, А: 25;	LC1-D2501	1	Аско-Укрем

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

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

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

Під час розробки системи автоматизації важливим етапом є компонування мікропроцесорного комплексу (МПК), який забезпечує керування усіма елементами технологічного процесу. У даному проекті як основний контролер обрано ОВЕН ПЛК160, який відзначається високою надійністю, гнучкістю конфігурації та широким набором інтерфейсів[14].

Контролер ОВЕН ПЛК160 використовується для збору даних із датчиків (витрати, температури, тиску, рівня), обробки інформації за закладеною програмною логікою та формування керуючих сигналів на виконавчі пристрої: електромагнітні клапани, перетворювачі частоти та електродвигуни. Завдяки модульній структурі до ПЛК160 можуть бути підключені розширювальні модулі введення/виведення, що дозволяє масштабувати систему під потреби об'єкта[14].

Для забезпечення стабільного живлення контролера та модулів розширення використовується імпульсний блок живлення ОВЕН БП60, який перетворює напругу 220 В змінного струму в 24 В постійного струму, необхідну для роботи контролера та зовнішніх пристроїв.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Внук В.О.</i>			<i>Розробка системи автоматизації холодильної установки</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Міркевич Р.М.</i>					36	6
<i>Зав. каф.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>				<i>НУХТ АК-4-2ск</i>		
<i>Секр. ЕК</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>						

Основним в цій документації є замовна специфікація в якій вказується її модель кількість розширення до неї.

Вигляд специфікації зображена в таблиці 3.1[14]

Таблиця 3.1 Вибір аксесуарів для модулів вводу/виводу

Модуль вводу/виводу		Примітка
Найменування	Кількість	
ОВЕН 160	1	Програмований логічний контролер
ОВЕН БП60	1	Блок живлення ПЛК

**Аналогові входи.** У даному проекті використовуються датчики, що формують уніфікований струмовий сигнал 4–20 мА, який підключається безпосередньо до вбудованих аналогових входів контролера ОВЕН ПЛК160. До таких датчиків належать:

- Датчик температури МВТ 5252
- Датчик тиску DMP 330S
- Датчик рівня РС-8 (через перетворювач у сигнал 4–20 мА, якщо він сам не видає такий сигнал)

Аналоговий сигнал проходить через клемну колодку та надходить безпосередньо на відповідний аналоговий вхід ПЛК. У контролері сигнал обробляється вбудованим аналогово-цифровим перетворювачем, після чого значення передається в програмну логіку. Залежно від параметрів, що надходять із датчиків, програма керує відповідними виконавчими механізмами.

**Аналогові виходи.** Для керування виконавчими пристроями, що працюють від аналогового сигналу 4–20 мА, використовуються аналогові виходи ПЛК160. До таких пристроїв у цьому проекті належить Перетворювач частоти Delta VFD-EL, що керує електродвигуном АІР 100 L6. Сигнал 4–20 мА від ПЛК дозволяє плавно змінювати швидкість обертання двигуна залежно від потреб технологічного процесу (наприклад, підтримання заданої витрати або тиску).

Усі аналогові виходи також з'єднуються через клеми безпосередньо з ПЛК, без потреби у зовнішніх модулях розширення. Такий підхід значно спрощує схему автоматизації, підвищує її надійність і знижує вартість реалізації.

Сигнали на виходах формуються відповідно до розрахункової логіки та передаються на відповідні пристрої, забезпечуючи точне і плавне регулювання параметрів процесу.

**Дискретні входи.** До дискретних входів ПЛК160 підключаються сигнали від:

- сухих контактів аварійних або сервісних пристроїв,
- ручних перемикачів/кнопок (наприклад, для запуску системи або перемикання режимів).

Ці сигнали надходять у вигляді логічного рівня (0 або 1) і обробляються ПЛК для логічного керування технологічним процесом або блокування аварій.

**Дискретні виходи.** Через дискретні виходи ПЛК160 здійснюється керування такими пристроями як електромагнітний клапан GAMA 2W-15 N.C. — в режимі «вкл/викл», також пуск/зупинка перетворювача частоти або запуск двигуна в обхід частотника (наприклад, на прямому пуску) і світлова/звукова сигналізація аварій або режимів роботи.

Дискретні виходи дозволяють ПЛК здійснювати як аварійне, так і планове управління роботою обладнання, підвищуючи надійність системи.

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

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

При розробці принципової електричної схеми живлення були використані наступні компоненти:

пакетний вимикач QF1 –1 шт., для вмикання та вимикання певних гілок з технічними засобами в системі автоматизації;

перетворювач напруги або блок живлення (БЖ) для перетворення змінної напруги 220 В в постійну напругу 24 В для живлення датчиків та електропневматичних перетворювачів.

Також на схемі підключення системи автоматизації процесу холодильної установки показано підключення датчиків, двигунів, клапанів, частотних перетворювачів.

На даній схемі підключено 7 датчиків до входів контролера Овен ПЛК160, вони надають виміряні значення відповідних параметрів системи. Підключено 5 двигунів 4 з них які є з частотним перетворювачем, а 5 з пускачем. Частотні перетворювачі підключені до виходів контролера, які надають сигнали управління частотою.

Також там є 3 клапани, які регулюють потік фреону, які теж підключені до виходів контролера. Контролер Овен ПЛК160 керує відкриттям чи закриттям клапанів шляхом подання сигналів на відповідні контактори.

Одним із головних компонентів на цій схемі є контролер. Контролер виконує функцію керування і контролю системи автоматизації. Він приймає сигнали від датчиків, здійснює обробку даних, приймає рішення на основі програмного забезпечення і видає відповідні команди на двигуни, клапани та частотні перетворювачі.

Також великий сенс на цій схемі має блок живлення який забезпечує електроживлення всіх компонентів системи, включаючи контролер, двигуни, частотні перетворювачі та датчики.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

### 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру

#### Контур регулювання температури у випарнику

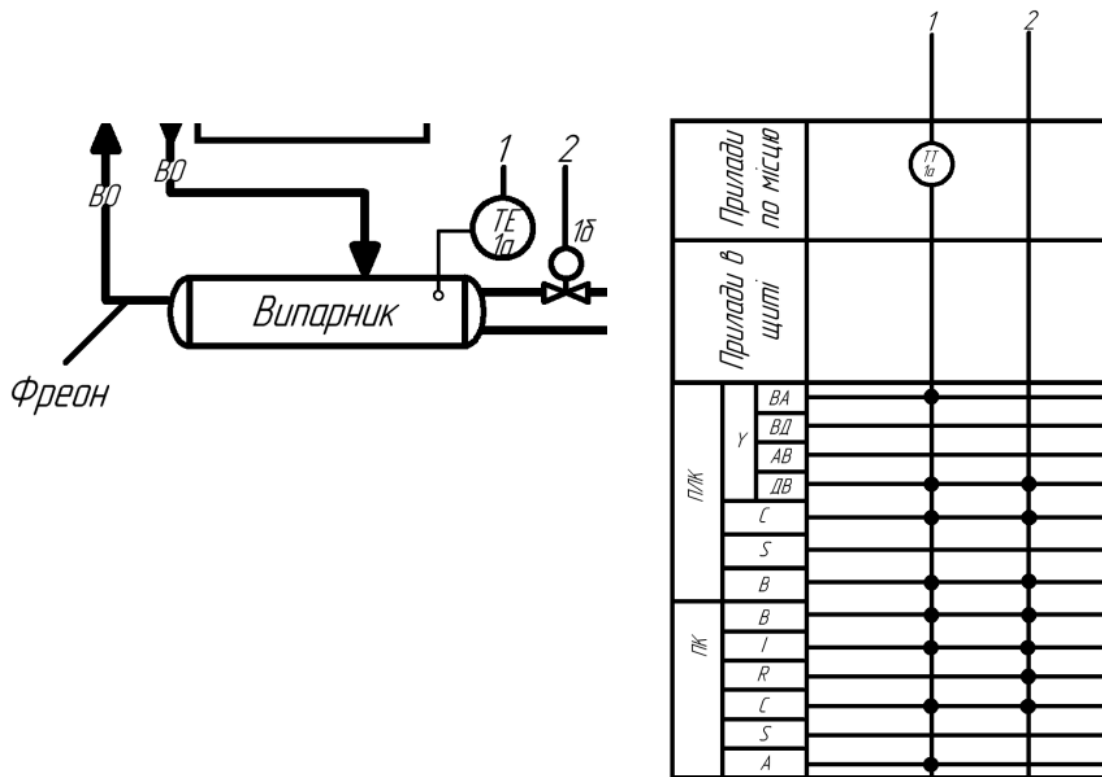


Рис. 3.1. Фрагмент схеми автоматизації контуру регулювання температури у випарнику.

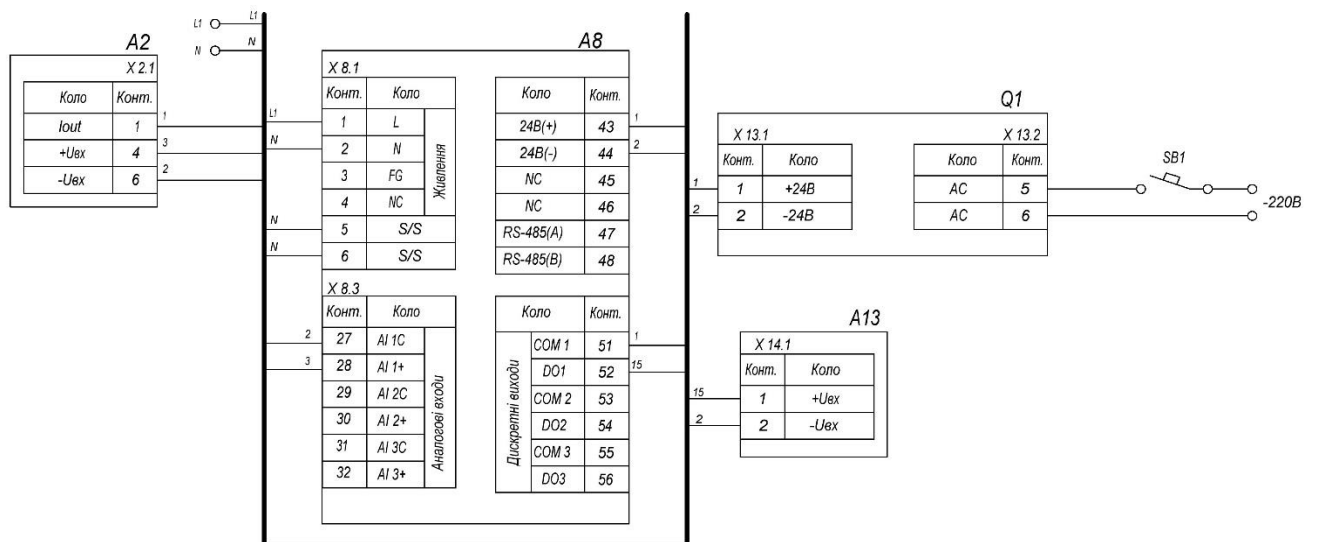


Рис. 3.2. Принципова розширена схема підключення датчика температури МВТ 5252 до ОВЕН ПЛК160.

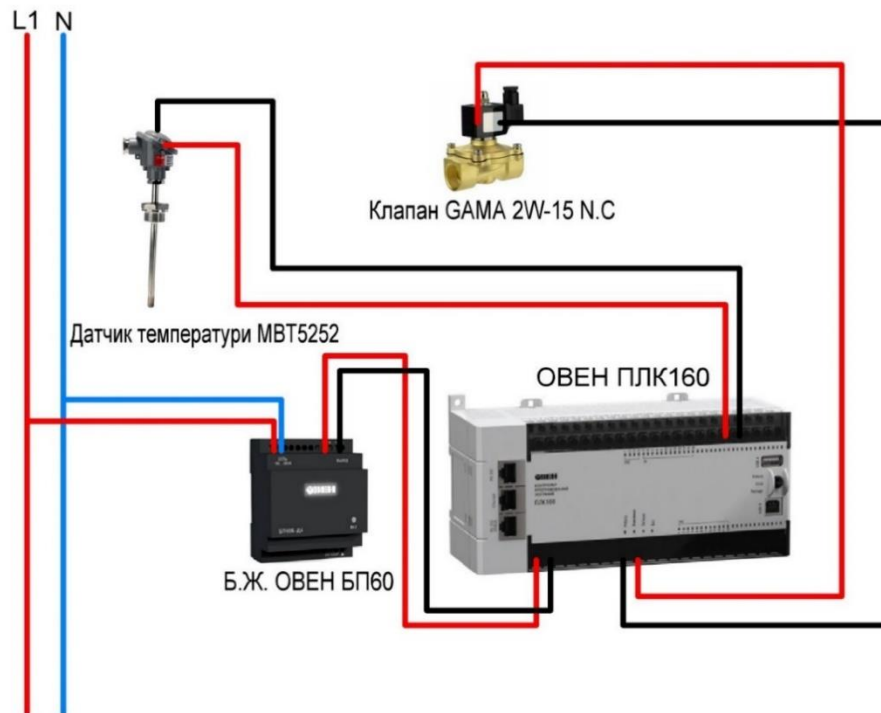


Рис. 3.3. Графічна схема підключення датчика температури MBT 5252 до ОВЕН ПЛК160.

Розширена схема підключення контуру регулювання температури складається із датчика температури MBT5252, контролера Овен ПЛК160, блока живлення Овен БП60 і електромагнітного клапану GAMA 2W-15 N.C.

Датчик температури встановлений у випарнику і дає сигнал на промисловий контролер який відповідно до програми за допомогою виконавчого механізму регулює подачу фреону таким чином регулюючи температуру.

## Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу

Для вимірювання температури фреону в баках використовується датчик температури MBT 5252.

Зовнішній вигляд датчика температури MBT5252 наведено на рисунку 4.1[3]



Рисунок 4.1 – Зовнішній вигляд датчика температури MBT 5252

Датчик температури MBT 5252 застосовується для контролю температури в системах охолодження, мастила, гідравліки, а також у промислових та суднових холодильних установках. Як чутливий елемент використовується термометр опору Pt100, що забезпечує надійні та точні вимірювання. На замовлення MBT 5252 може бути поставлений із чутливим елементом типу NTC/PTC[3].

Для варіантів, розрахованих на температури від  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+200^{\circ}\text{C}$ , чутливий елемент поміщений у силіконовий кабель, що забезпечує високу вібростійкість датчика.

Всі елементи датчика, що контактують із середовищем, виконані з нержавіючої сталі типу AISI 316 Ti, що забезпечує тривалий термін служби датчика. У випадку стандартної моделі датчика температури MBT 5252, в ньому є спеціальна головка В. Також існують варіанти датчиків з головкою В-міні, а також з головкою, що має різьбову кришку.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Кваліфікаційна робота</i>		
Розроб.	Внук В.О.				Лім.	Арк.	Аркушів
Керівник	Міркевич Р.М.				42	7	
Зав. каф.	Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-2ск		
Секр. ЕК	Проскурка Є.С.						

*Розробка системи  
автоматизації холодильної  
установки*

Схема підключення датчика температури MBT5252 зображена на рисунку 4.2[3]

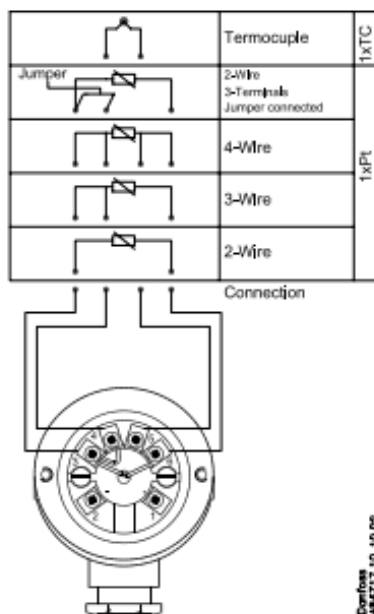


Рисунок 4.2 – Схема підключення датчика температури MBT5252

Технічні характеристики датчика температури MBT 5252 наведено в таблиці 4.1[3]

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики датчика температури MBT 5252

Параметр	Значення
діапазон вимірювань, °C	від -50 до 200
діапазон перетворювача, °C	від 0 до +100
довжина занурювальної частини, мм	50
електричне з'єднання	2-провідне
вихідний сигнал, Ма	від 4 до 20
приєднання	G 1/2 A



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

Для забезпечення виконання правильної послідовності етапів технологічного процесу, та дотримання всіх необхідних параметрів був розроблений алгоритм функціонування системи автоматизації. Після натискання кнопки пуск від кондиціонерів подається фреон в бак 1, там стоїть датчика рівня LEба, якщо бак наповнюється більше 80% датчик рівня LEба спрацьовує і вмикаються мотори M1, M2 і насоси починають качати фреон по трубопроводу до випарника. На цьому ж трубопроводі стоїть витратомір FE3 який при вмиканні відкриває клапан KL3, після випарника фреон йде до теплообмінника а потім до компресора. На компресорі стоїть датчик тиску PE2 який при досягненні рівня більше 300% вмикає мотор M5, а він в свою чергу сам компресор і рідина йде до конденсатора, а потім до ресивера, теплообмінника і повертається у випарник.

На виході випарника стоїть датчик температури TE1а який при спрацьовуванні відкриває клапан KL1 якщо фреон достиг значення температури 7°C, потім це йде у бак 2 і там наповнюється до рівня 80% за допомогою LE7а також там знаходиться датчик температури який контролює температуру рідини і якщо температура в баку 2 буде 7°C то ввімкнуться мотори M3, M4 і почнуть працювати насоси і качати рідину далі по трубопроводі при цьому для підтримки постійного тиску фреону, що подається до кондиціонерів там встановлений датчик тиску PE8 і при значенні 45% він подає сигнал на відкриття клапана KL2 і фреон подається до кондиціонерів.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Внук В.О.</i>			<i>Розробка системи автоматизації холодильної установки</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Міркевич Р.М.</i>					45	7
<i>Зав. каф.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>			<i>НУХТ АК-4-2ск</i>			
<i>Секр. ЕК</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>						

Алгоритм задач керування холодильною установкою зображено на рисунку 5.1

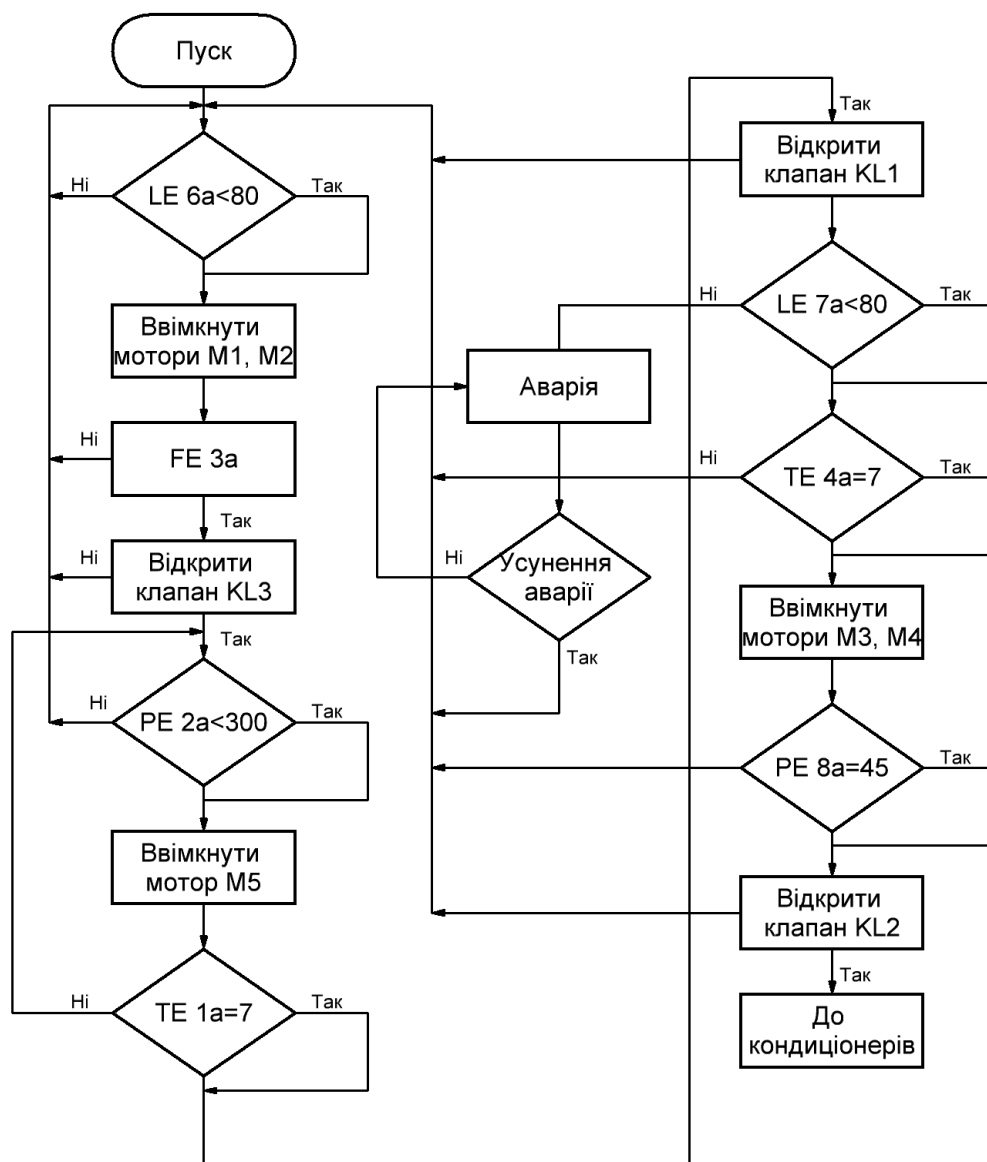


Рис. 5.1 – Алгоритм задач керування холодильною установкою

Змінні для програми в ПЛК представлені в табл. 5.1

Таблиця 5.1 Змінні для програми в ПЛК

Вхідні сигнали		
Ім'я змінної	Адреса	Найменування
PUSK	AT%IX0.0:BOOL;(* Discrete input 1*) [CHANNEL (I)]	Кнопка "Пуск"
STOP	AT%IX0.1:BOOL;(* Discrete input 2*) [CHANNEL (I)]	Кнопка "Стоп"

FE3a	AT%IX0.2:BOOL;(* Discrete input 3*) [CHANNEL (I)]	Датчик витрати
TE1a	AT%IR3.0:REAL;(* A1 #1 *) [CHANNEL (I)]	Датчик температури
TE4a	AT%IR3.1:REAL;(* A1 #2 *) [CHANNEL (I)]	Датчик температури
PE2a	AT%IR3.2:REAL;(* A1 #3 *) [CHANNEL (I)]	Датчик тиску
PE8a	AT%IR3.3:REAL;(* A1 #4 *) [CHANNEL (I)]	Датчик тиску
LE6a	AT%IR3.4:REAL;(* A1 #5 *) [CHANNEL (I)]	Датчик рівня
LE7a	AT%IR3.5:REAL;(* A1 #6 *) [CHANNEL (I)]	Датчик рівня
Вихідні сигнали		
M1	AT%QX2.0.0:BOOL;(* Bit 0 *)	Двигун
M2	AT%QX2.0.1:BOOL;(* Bit 1 *)	Двигун
M3	AT%QX2.0.2:BOOL;(* Bit 2 *)	Двигун
M4	AT%QX2.0.3:BOOL;(* Bit 3 *)	Двигун
M5	AT%QX2.0.4:BOOL;(* Bit 4 *)	Двигун
KL1	AT%QX2.0.5:BOOL;(* Bit 5 *)	Клапан
KL2	AT%QX2.0.6:BOOL;(* Bit 6 *)	Клапан
KL3	AT%QX2.0.7:BOOL;(* Bit 7 *)	Клапан

Щоб запрограмувати ПЛК було обрано програмне середовище CoDeSys. Це середовище рекомендоване виробником ПЛК, а тому ідеально підходить для програмування ОВЕН ПЛК160. [15]

CODESYS[15] — інструментальний програмний комплекс промислової автоматизації. Виробляється та поширюється компанією 3S-Smart Software Solutions GmbH (Кемптен, Німеччина). Версія 1.0 була випущена в 1994 році. 3 листопада 2012 змінено опис на CODESYS. Основний комплекс CODESYS є середовищем розробки прикладної програми для програмованих логічних

контролерів (ПЛК). Вона поширюється безкоштовно і може бути без обмежень встановлена на кількох робочих місцях. [15]

У CODESYS для програмування доступні всі п'ять визначених стандартів ІЕС 61131-3 (МЭК 61131-3) мов: [15]

IL (Instruction List) — асемблер-подібний язык

ST (Structured Text) — Паскаль-подібна мова

LD (Ladder Diagram) — мова релейних схем

FBD (Function Block Diagram) — мова функціональних блоків

SFC (Sequential Function Chart) — мова діаграми стану

У доповненні до FBD міститься мова програмування CFC (Continuous Function Chart) з довільним розміщенням блоків і розстановкою порядку їх виконання. [15]

В CODESYS реалізований ряд інших розширених специфікацій стандарту ІЕС 61131-3. Найбільш істотним з них є підтримка Об'єктно-орієнтованого програмування (ООП). [15]

Вбудовані компілятори CODESYS генерують машинний код (подвійний код), який завантажується в контролер. Підтримуються основні 16- і 32-розрядні процесори: Infineon C166, TriCore, 80x86, ARM (архітектура), PowerPC, SH, MIPS (архітектура), Analog Devices Blackfin, TI C2000/28x та інші.

При підключенні до контролера середовище програмування переходить в режим відладки. У ньому доступний/зміна/фіксація значень змінних, точок залишку, контроль виконання потоку, гаряче оновлення коду, графічна трасування в реальному часі та інші відладкові інструменти. [15]

Програма процесу написана на мові програмування CFC (Continuous Function Chart). Загальний вигляд програми керування процесом холодильної установки зображено на рисунку 5.2 [15]

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

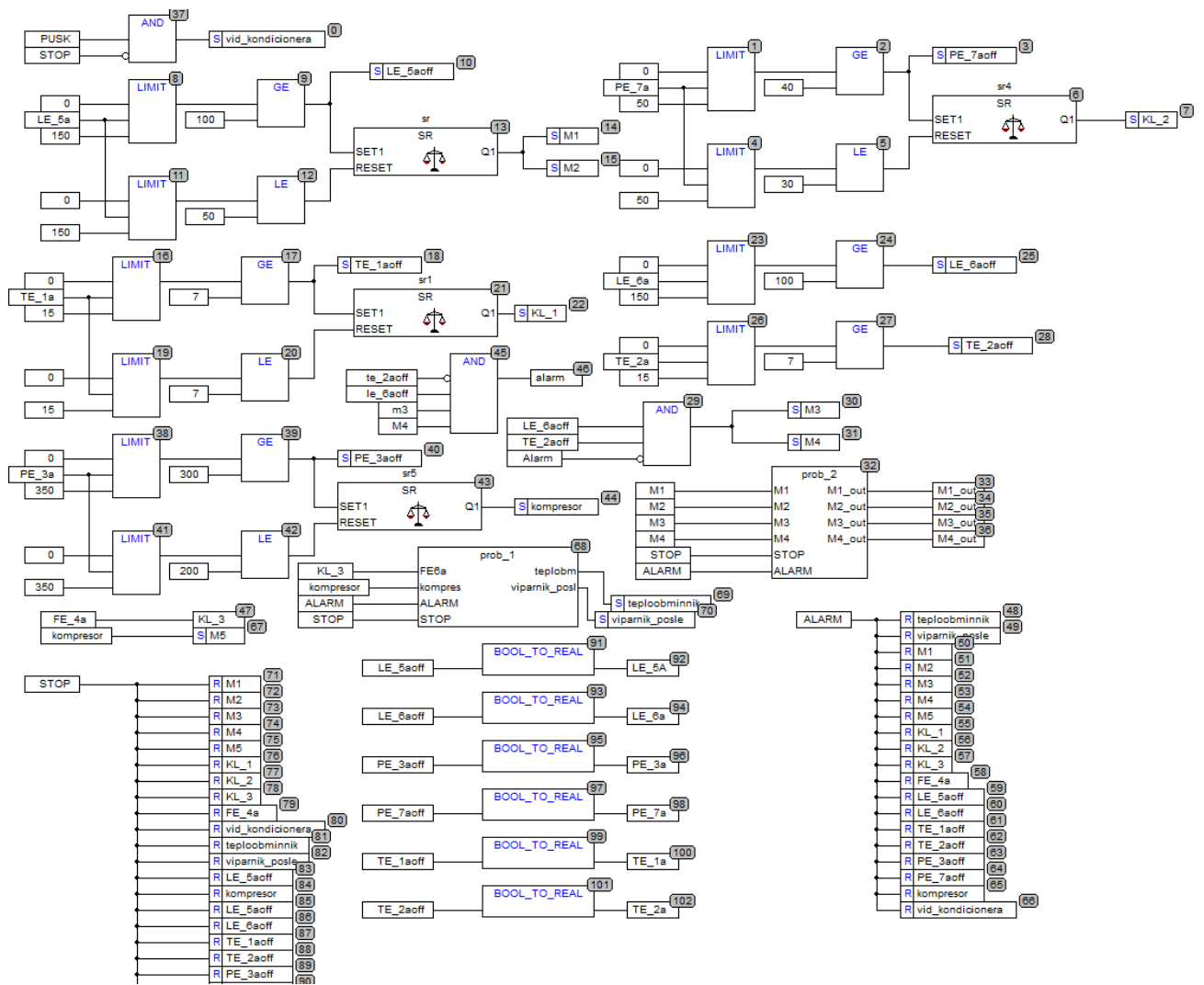


Рис. 5.2 - Загальний вигляд програми керування процесом холодильної установки

Розглянемо програму детальніше, все починається з натискання кнопки “PUSK” сигнал з неї йде на змінну “vid\_kondicionera” через функціональний блок “AND”, після чого починає подаватися рідина від кондиціонерів (рисунок 5.3)

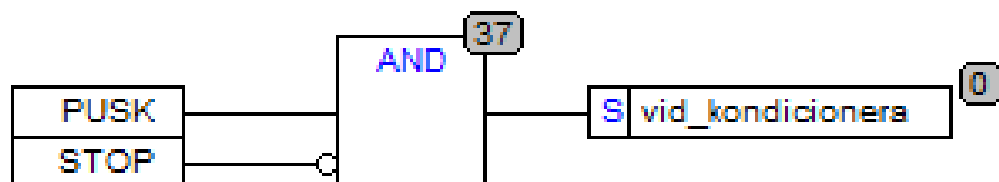


Рис. 5.3 – Початок запуску програми через кнопку “PUSK”

Після того як бак заповниться рідиною до певного рівня датчики рівня починають вмикати двигуни (рисунок 5.4)

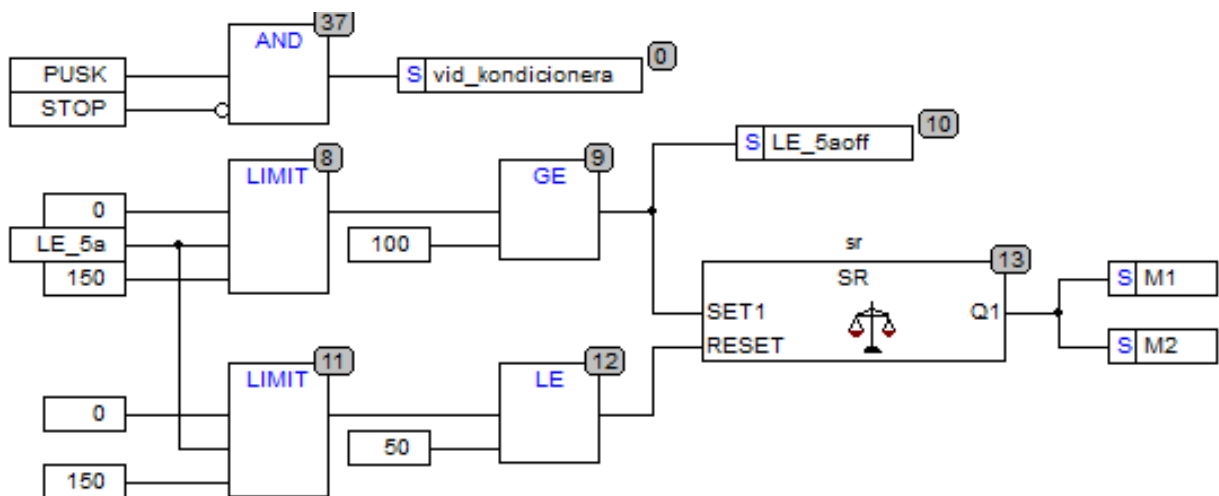


Рис. 5.4 – Керування датчиком рівня та запуск двигунів

Реалізація всіх датчиків в програмі зображено на рисунку 5.5

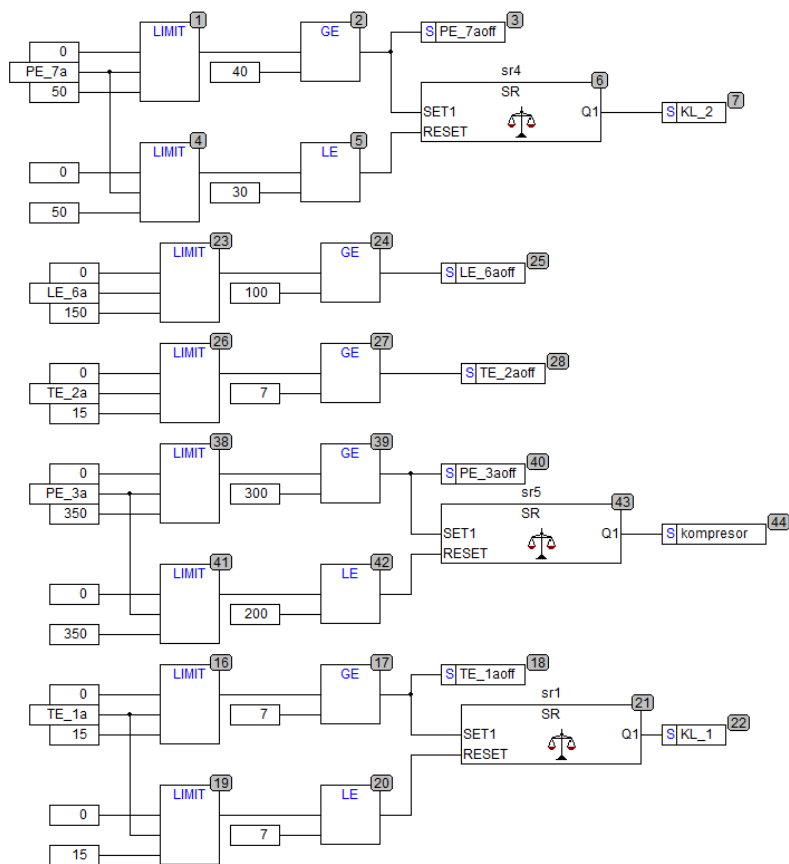


Рис. 5.5 – Реалізація всіх датчиків в програмі

Функціональний блок програми керування холодильною установкою prob\_1 зображено на рисунку 5.6

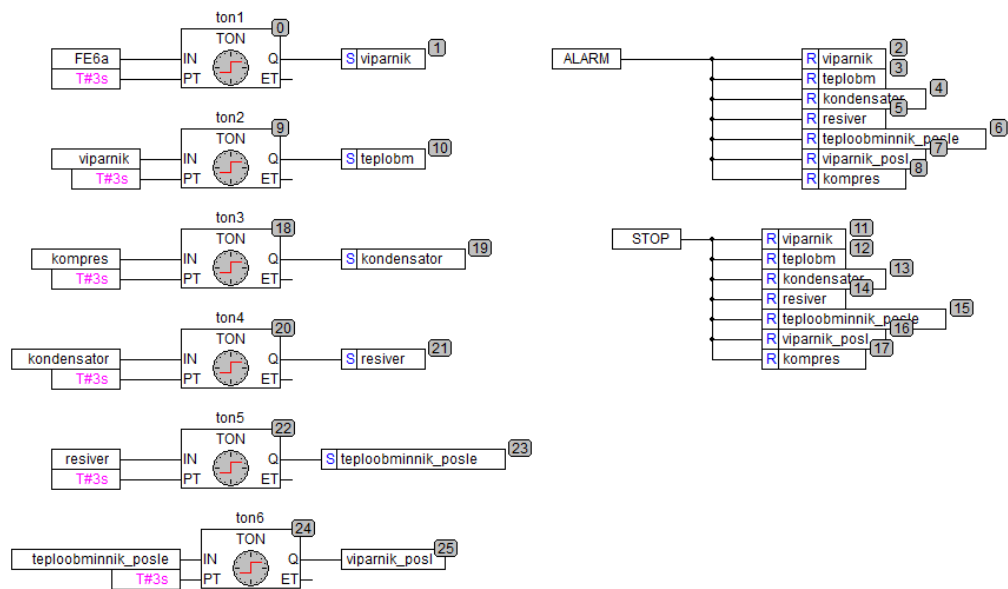


Рис. 5.6 – Функціональний блок програми керування холодильною установкою prob\_1

Функціональний блок програми керування під-регуляторами prob\_2 зображено на рисунку 5.7

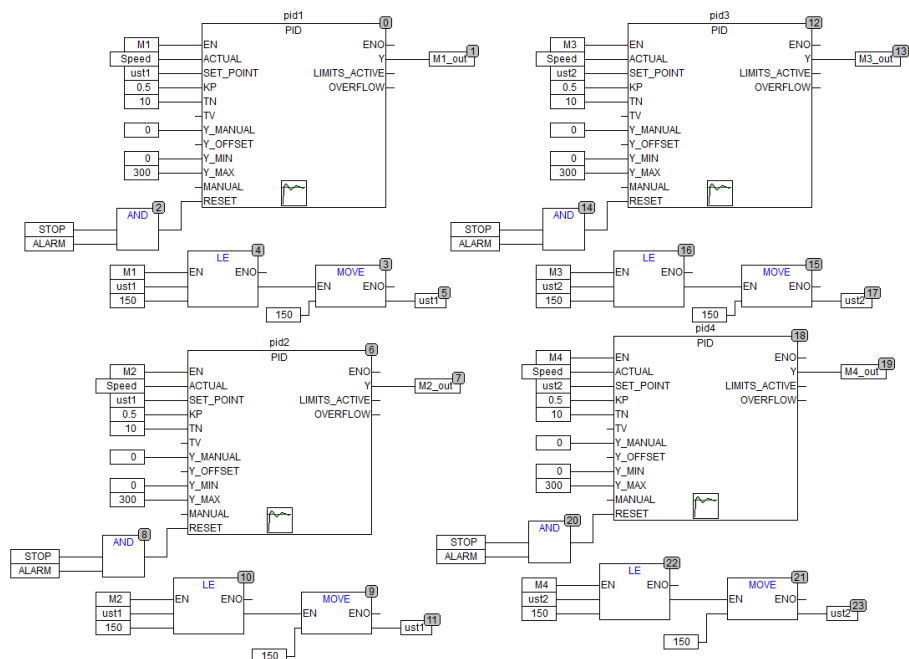


Рис. 5.7 – Функціональний блок програми керування під-регуляторами prob\_2

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

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

Мнемосхема холодильної установки розроблена в SCADA-програмі Simple-Scada. Опис змінних для SCADA-програми наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 - Опис змінних для SCADA-програми.

Ім'я змінної	Адреса	Мін. вихідне значення	Макс. вихідне значення	Мін. вихідне значення в одиницях виміру	Макс. вихідне значення в одиницях виміру	Тип даних
PUSK	%IX0.0	0	1	0	1	BOOL
STOP	%IX0.1	0	1	0	1	BOOL
FE3a	%IX0.2	0	1	0	1	BOOL
TE1a	%IR3.0:	0	10000	0	5	INT
TE4a	%IR3.1	0	10000	0	5	INT
PE2a	%IR3.2	0	10000	0	300	INT
PE8a	%IR3.3	0	10000	0	40	INT
LE6a	%IR3.4	0	10000	0	100	INT
LE7a	%IR3.5	0	10000	0	100	INT
M1	%QX2.0.0	0	1	0	1	BOOL
M2	%QX2.0.1	0	1	0	1	BOOL
M3	%QX2.0.2	0	1	0	1	BOOL
M4	%QX2.0.3	0	1	0	1	BOOL
M5	%QX2.0.4	0	1	0	1	BOOL
KL1	%QX2.0.5	0	1	0	1	BOOL
KL2	%QX2.0.6	0	1	0	1	BOOL
KL3	%QX2.0.7	0	1	0	1	BOOL

					<b>Кваліфікаційна робота</b>			
<b>Змн.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
Розроб.		Внук В.О.			<b>Розробка системи автоматизації холодильної установки</b>	<b>Лім.</b>	<b>Арк.</b>	<b>Аркушів</b>
Керівник		Міркевич Р.М.					52	3
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			<b>НУХТ АК-4-2ск</b>			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

## 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Для регулювання та спостереження холодильною установкою було створено спосіб взаємодії між людиною та машиною, також це називається панель оператора. Панель оператора забезпечує простий та зручний інтерфейс для взаємодії з обладнанням та контролюванням технологічних процесів. Оператор може відслідковувати всі параметри процесу та при необхідності змінювати їх налаштування.

Зовнішній вигляд панелі оператора в зображено на рисунку 6.1

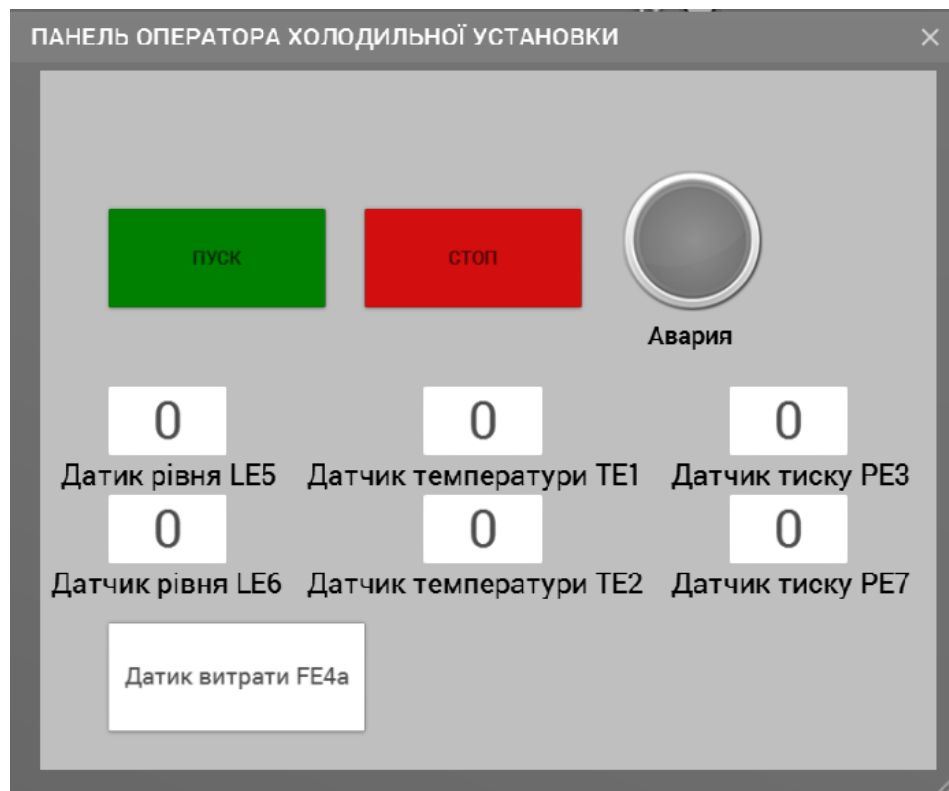


Рис. 6.1 – Зовнішній вигляд панелі оператора

На панелі оператора зображено кнопки “ПУСК” та “СТОП” для запуску чи зупинки програми, а також сигнальна лампа якщо відбудеться якась аварія, кнопка “Датчик витрати FE4a” для подання сигналу на датчик витрати та моніторинг значень взятих з датчиків тиску, температури та рівня.

Мнемосхема холодильної установки допомагає оператору спостерігати за проходженням технологічного процесу та за зміною технологічних параметрів з автоматизованого робочого місця (АРМ) оператора, а також при необхідності вносити вручну управляючі дії, щодо клапанів та насосів. Вигляд мнемосхеми холодильної установки зображено на рис. 6.2.

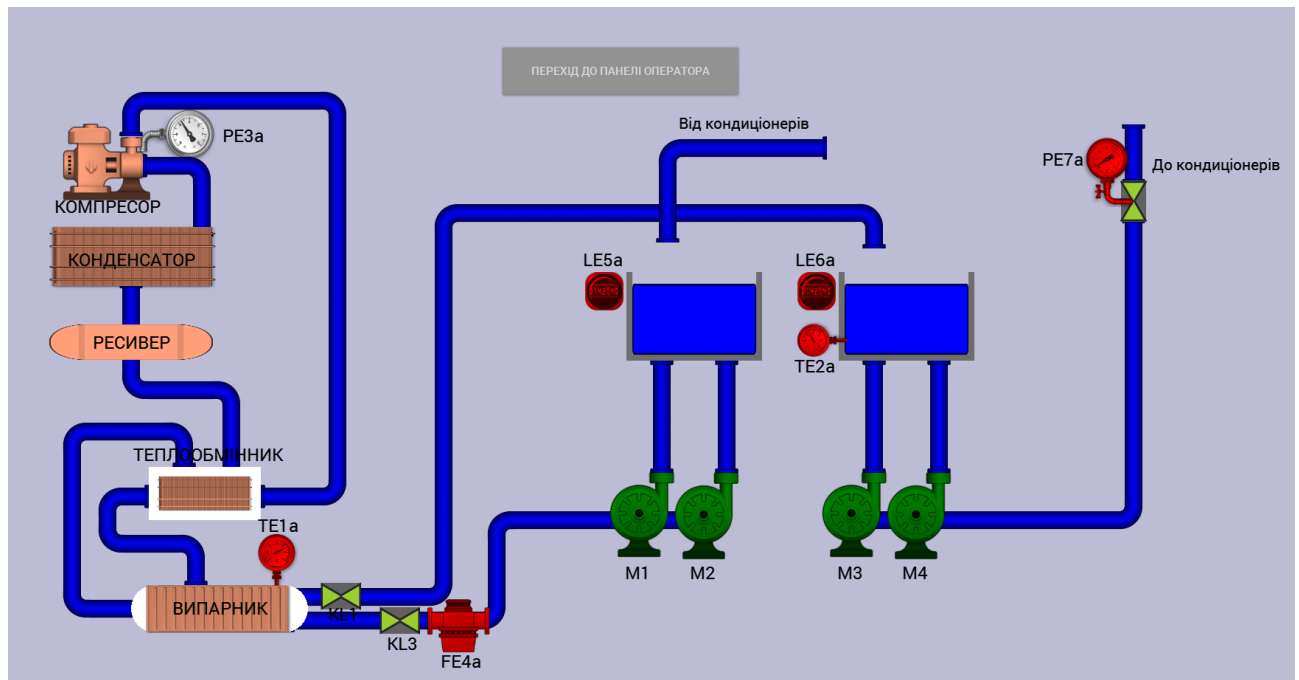


Рис. 6.1 – Вигляд мнемосхеми холодильної установки.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

## Висновки

У кваліфікаційній роботі було здійснено розробку системи автоматизації холодильної установки із застосуванням сучасних технічних засобів автоматизації. Для побудови системи управління обрано програмований логічний контролер ОВЕН ПЛК160, який завдяки наявності вбудованих аналогових і дискретних входів/виходів дозволяє реалізувати управління основними параметрами холодильної установки без додаткових модулів розширення.

В рамках проекту розглянуто підключення та взаємодію вимірювальних засобів. Сформовано принципову та функціональну схеми автоматизації, описано алгоритм керування температурою, тиском і витратою холодоагенту. Особливу увагу приділено правильному підбору датчиків та виконавчих механізмів відповідно до технологічних вимог.

Розроблена система дозволяє підтримувати стабільний температурний режим у холодильному контурі, знижує енерговитрати завдяки застосуванню частотного регулювання електропривода, а також підвищує загальну надійність і безпеку технологічного процесу.

Використання сучасної системи автоматизації холодильної установки сприяє підвищенню ефективності виробництва, покращенню якості продукції, а також зменшенню витрат на експлуатацію та обслуговування обладнання.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Список використаної літератури

1. Автоматизація холодильних установок [Електронний ресурс]: – Режим доступу : <http://www.stroitelstvo-new.ru/holodilnye-ustanovki/avtomatizacia.shtml>.
2. Системи автоматизації холодильних машин. [Електронний ресурс]: – Режим доступу : <https://rt82.ru/uk/obuchenie/sistemy-avtomatizirovannogo-upravleniya-elektroprivodami-holodilnyh/>.
3. Подвійний датчик температури деталей холодильної установки-9200 STC [Електронний ресурс]: – Режим доступу : <https://ugov.ua/ru/catalog/detail/mbt-5252-datchyky-temperatury/>.
4. Датчик тиску DMP 330S [Електронний ресурс]: – Режим доступу : <https://geonorma.com.ua/ua/p1045369-dmp-330m-dmp.html>.
5. Ультразвуковий датчик витрати води Belimo FM025R-SZ [Електронний ресурс]: – Режим доступу : <https://profimann.com.ua/avtomatika-i-upravlenie/datchiki-rashoda-vody/ultrazvukovoy-datchik-rashoda-vody-belimo-fm025r-sz-1-dn-25-dc-0-10-b/>.
6. Датчик рівня води РС-8, поплавковий вимикач з вантажем. [Електронний ресурс] : – Режим доступу: [https://fiting.com.ua/p70705682-poplavkovyj\\_vyklyuchatel.html?source=merchant\\_center&gclid=CjwKCAjwq-WgBhBMEiwAzKSH6ELdIhSu7HJ3yBT8KVZtPi3uRKpAmq0XyzNmQBWQGqqVf17b0yyqIxoCKqoQAvD\\_BwE](https://fiting.com.ua/p70705682-poplavkovyj_vyklyuchatel.html?source=merchant_center&gclid=CjwKCAjwq-WgBhBMEiwAzKSH6ELdIhSu7HJ3yBT8KVZtPi3uRKpAmq0XyzNmQBWQGqqVf17b0yyqIxoCKqoQAvD_BwE).
7. Насос 1Д315-50 [Електронний ресурс]: – Режим доступу: [https://nasos-2005.com/p242134476-nasos-315\\_dlya.html?source=merchant\\_center&gclid=CjwKCAjwq-WgBhBMEiwAzKSH6Hzm5SBdzq6O0KKrdRelavEFn5J9jzLjQj-RW7hNlogy4mInYmY1axoC3ywQAvD\\_BwE](https://nasos-2005.com/p242134476-nasos-315_dlya.html?source=merchant_center&gclid=CjwKCAjwq-WgBhBMEiwAzKSH6Hzm5SBdzq6O0KKrdRelavEFn5J9jzLjQj-RW7hNlogy4mInYmY1axoC3ywQAvD_BwE) .
8. Електродвигун AIP 100 L6 [Електронний ресурс]: – Режим доступу: [https://gidromehanika.com.ua/p517806435-elektrodvigatel-air-100.html?source=merchant\\_center&gclid=Cj0KCQjwmtGjBhDhARIsAEqfDEf58xzRlbK1SR2Q0EgjkHfc8gb65yUCUH8oST1Y7GNL61VEiapqe0aAqvhEALw\\_wcB](https://gidromehanika.com.ua/p517806435-elektrodvigatel-air-100.html?source=merchant_center&gclid=Cj0KCQjwmtGjBhDhARIsAEqfDEf58xzRlbK1SR2Q0EgjkHfc8gb65yUCUH8oST1Y7GNL61VEiapqe0aAqvhEALw_wcB).

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

9. Перетворювач частоти Delta Electronics VFD-EL 2.20 кВт 3-ф/380 VFD022EL43A <https://delta-electronics.com.ua/ua/p7227523-preobrazovatel-chastoty-delta.html>.

10. Електромагнітний клапан GAMA 2W-15 N.C. [Електронний ресурс]: – Режим доступу: [https://goodmax.com.ua/ru/product/elektromagnitnyj-klapan-gama-2w-15-nc-12-0---10-bar?gclid=CjwKCAjwzuggBhAcEiwAdj5dRjbX7OVHg5e8YTQITjszuk7n6aZ8V1c9l8wdZC45Qju2hNgHrhKMUhoCxt8QAvD\\_BwE](https://goodmax.com.ua/ru/product/elektromagnitnyj-klapan-gama-2w-15-nc-12-0---10-bar?gclid=CjwKCAjwzuggBhAcEiwAdj5dRjbX7OVHg5e8YTQITjszuk7n6aZ8V1c9l8wdZC45Qju2hNgHrhKMUhoCxt8QAvD_BwE).

11. Пускач ПМ 2-25-01 F7 110В (LC1-D2501) [Електронний ресурс]: – Режим доступу: [https://www.acko.ua/e-store/xml\\_catalog/kontaktori\\_malogabaritni\\_serii\\_pm/22619/](https://www.acko.ua/e-store/xml_catalog/kontaktori_malogabaritni_serii_pm/22619/).

12. Блок живлення ОВЕН БП60 [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://owen.ua/ua/bloky-zhyvlennja-ta-prystroji-komutacii/bloky-zhyvlennja-dlja-prystrojiv-ta-promyslovoji-avtomatyky/tehnichni-harakterystyky>.

13. Автоматичний вимикач АВВ S203-C50 ( 2CDS253001R0504 ) [Електронний ресурс]: – Режим доступу: [https://amperok.com.ua/avtomatychnyj\\_vymykach\\_s203-c50\\_2cds253001r0504?gclid=Cj0KCQjwmZejBhC\\_ARIsAGhCqnc8AdDq8qPGkOPL7crJKZXQIGloua1KEOW5aP6cYJstrroalWy8KwMaAoTDEALw\\_wcB](https://amperok.com.ua/avtomatychnyj_vymykach_s203-c50_2cds253001r0504?gclid=Cj0KCQjwmZejBhC_ARIsAGhCqnc8AdDq8qPGkOPL7crJKZXQIGloua1KEOW5aP6cYJstrroalWy8KwMaAoTDEALw_wcB).

14. ОВЕН ПЛК 160 [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://owen.ua/ua/programovani-logichni-kontrolery/plk160-m02-programovanyj-logichnyj-kontroler/tehnichni-harakterystyky>.

15. Опис спеціального програмного забезпечення Codesys [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/CoDeSys>.

16. Ельперін, І.В. Автоматизація виробничих процесів: підручник: І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. - Вид. 2-ге, виправлене / І В Ельперін; Титаренко Ірина Петрівна. — 2-е видання. — К.: Вид. Ліра-К, 2015.— 378 с.: іл. — ISBN 978-966-2609-81-3.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57