

**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)

«8» лютого 2023 р.

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

«8» лютого 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

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

освітньо-професійної програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані  
технології»

на тему: Розробка автоматизованої системи керування кондиціонування повітря

Виконав: здобувач 3 курсу, групи ЗАК-3-1ск

Рибаков Валентин Сергійович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Клименко Олег 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 Олена М'якишло  
(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) незарядженої допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2023 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 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

\_\_\_\_\_ Я.В.Смітюх

«16» листопада 2022 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Рибакову Валентину Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка автоматизованої системи керування кондиціонування повітря

керівник роботи к.т.н. доц. Клименко Олег Миколайович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «16» листопада 2022 р. № 815-кв

2. Строк подання здобувачем роботи «8» лютого 2023 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 16 листопада 2022 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 Рибаков В.С.

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник роботи Клименко О.М.

\_\_\_\_\_ (підпис)

## Анотація

Дана кваліфікаційна робота присвячена розробці системи автоматизації кондиціонування повітря.

В проекті розроблена документація на систему автоматизації, в склад якої входить: опис технологічного об'єкту управління, схема автоматизації, конфігураційна схема, принципові схеми управління і сигналізації.

Розроблене програмне забезпечення для даного відділення. Програма розроблена в програмному забезпеченні CODESYS від компанії 3S-Smart Software Solutions GmbH (Кемптен, Германия). Роботоспроможність програми було перевірено на реальному контролері.

В проекті докладно розглянуто варіанти технологічних рішень по реалізації системи автоматизації, а також зроблений аналіз існуючої та розробленої системи.

Проведено порівняльний аналіз перехідних процесів для різних значень параметрів регулятора.

В ході роботи приведена оцінка рівня автоматизації технологічного процесу в цілому.

**Ключові слова:** кваліфікаційна робота, система автоматизації, CODESYS, кондиціонування повітря.

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

## Abstract

This qualification work is devoted to the development of an air conditioning automation system.

The project developed documentation for the automation system, which includes: a description of the technological control object, an automation scheme, a configuration scheme, basic control and signaling schemes.

Developed software for this department. The program was developed in CODESYS software from the company 3S-Smart Software Solutions GmbH (Kempten, Germany). The functionality of the program was tested on a real controller.

In the project, options for technological solutions for the implementation of the automation system were considered in detail, as well as an analysis of the existing and developed system was made.

A comparative analysis of transient processes for different values of the regulator parameters was carried out. In the course of the work, an assessment of the level of automation of the technological process as a whole is provided.

**Keywords:** qualification work, automation system, CODESYS, air conditioning.

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

## Зміст

<b>Вступ</b> .....	7
<b>Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації</b> .....	8
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.....	8
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.....	29
2.3. Специфікація засобів автоматизації.....	31
<b>Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення</b> .....	32
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК).....	32
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	45
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру.....	51
<b>Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів</b> .....	54
<b>Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)</b> .....	56
<b>Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога</b> .....	70
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	70
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	73
<b>Висновки</b> .....	86
<b>Список використаної літератури</b> .....	87

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

## Вступ

Автоматизація виробництва – це вищий рівень розвитку машинної техніки, коли регулювання й управління виробничими процесами здійснюються без участі людини, а лише під її контролем. Сучасний стан розвитку автоматизації виробництва привів до появи якісно нової системи технологічних машин з керуючими засобами, що базуються на застосуванні електронних обчислювальних машин, програмованих логічних контролерів, інтелектуальних засобів вимірювання і контролю, інформаційно об'єднаних промисловими мережами.

Головним напрямом автоматизації в промисловості на сучасному етапі є створення комп'ютерно-інтегрованих виробництв. При автоматизації виробництва об'єктом є не окремий технологічний процес чи агрегат, а технологічний комплекс із складними взаємозв'язками між його підсистемами.

Автоматизація – це діяльність, направлена на часткове або повне виключення людини з трудового процесу шляхом передачі його функцій в спеціально створену машину (автомат).

Автоматизація повсюдно рахується головним, найбільш перспективним напрямком в розвитку промислового виробництва. Завдяки звільненню людини від безпосередньої участі у виробничих процесах, а також високій концентрації основних операцій значно поліпшуються умови праці і економічні показники виробництва.

Для того щоб зробити працю людини максимально комфортною було вирішено розробити дипломний проект для керування процесом кондиціонування повітря на ТОВ ПІ «Еконія».

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

# 1. Опис об'єкта автоматизації

## 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.

Об'єктом автоматизації є система вентиляції повітря на ТОВ ПП «Еконія», схема якої зображена на рисунку 1.1.

До системи кондиціювання «ПВ1» входить: а) припливний вентилятор ПВ1-П; б) витяжний вентилятор ПВ1-В в) привід заслінки зовнішнього повітря; г) привід заслінки витяжного повітря; д) привід трьохходового крану теплоносія; с) водяний калорифер з насосом теплоносія; ж) зовнішній блок системи кондиціювання; з) привід роторного рекуператора; і) фільтр припливного повітря; к) фільтр витяжного повітря.

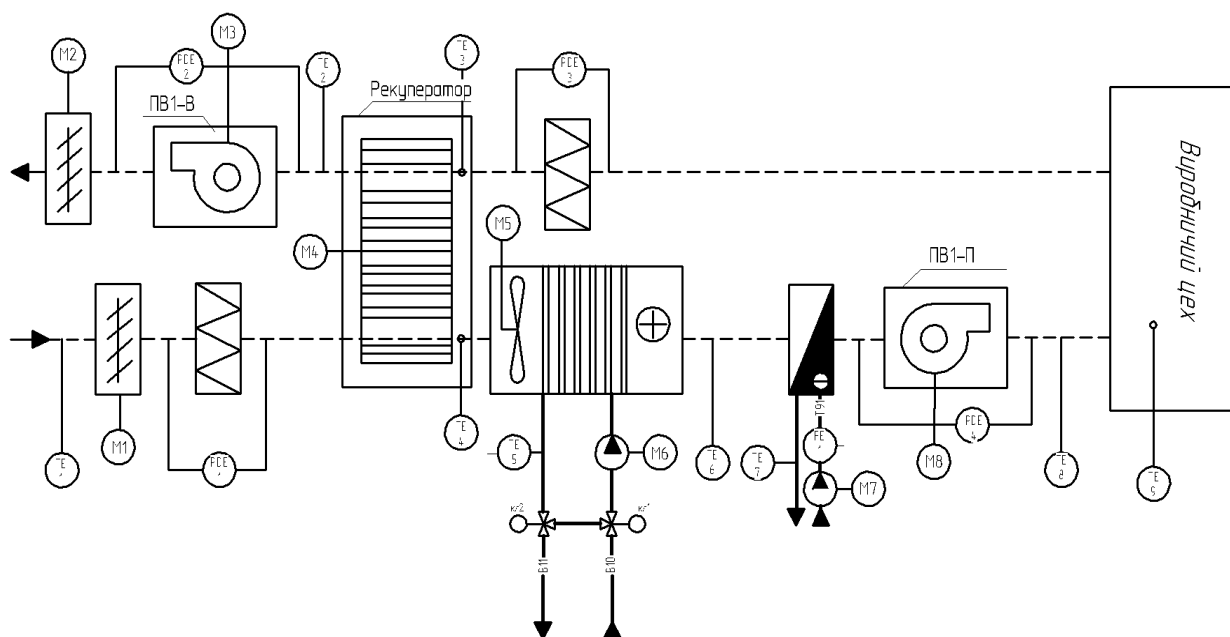


Рисунок 1.1 – Вигляд об'єкта автоматизації

Система ПВ1 підтримує задану температуру в припливному каналі. Керування системою «ПВ1» з шафи керування ША-ПВ1 здійснюється

					<b>Кваліфікаційна робота</b>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Рибаков В.С.			Літ.	Арк.	Акрушів
Керівник		Клименко О.М.				8	4
Зав кафедри		Смітюх Я.В.			<b>НУХТ ЗАК-3-1ск</b>		
Секретар ЕК		Проскурка Є.С.					
<i>Розробка автоматизованої системи керування кондиціювання повітря</i>							

кнопками «Пуск» SB2 і «Стоп» SB1. При натисненні кнопки «Пуск»- контролер вмикається в роботу по програмі. Вмикання вентиляційної системи сигналізується на ПК.

Робота припливного вентилятора ПВ1-П та витяжного ПВ1-В контролюється комутацією контактів датчиків тиску на вході контролера. Якщо немає сигналу роботи вентилятора – то контролер вимикає вентилятор і вмикає сигналізацію «Аварія» на панелі оператора.

В автоматичному режимі витяжний вентилятор заблокований з припливним вентилятором і вмикаються одночасно по команді контролера. В роботі системи передбачено режими «Зима» і «Літо», в залежності від температури зовнішнього повітря. Перемикання між ними здійснюється контролером.

В режимі «Зима» система працює на підтримання заданої температури повітря в приміщенні, що здійснюється регулюванням подачі теплоносія на водяний калорифер. При цьому, керуючі сигнали поступають від контролера на електропривод крана (трьохходовий кран теплоносія), в залежності від температури повітря в приміщенні і припливному каналі, контролюючих датчиками.

При загрозі заморожування калорифера або роторного рекуператора припливний вентилятор та рекуператор вимикаються, заслінка зовнішнього повітря закривається, кран на теплоносії повністю відкривається. Якщо спрацьовує термостат, сигнал якого подається на контролер, вмикається індикація «Аварія» та індикація «загроза заморожування». Для вимкнення аварійної сигналізації (якщо сигнал аварії вже не надходить) - треба натиснути кнопку. Захист термостатом виконується і при вимкненому контролері. При зниженні температури зворотного теплоносія нижче заданого рівня спрацьовує датчик.

В автоматичному режимі роторний рекуператор заблокований з припливним вентилятором і вмикаються одночасно по команді контролера. При зниженні температури повітря після роторного рекуператора нижче заданого

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

рівня, вентиляційна система зупиняється на час «відтайки» рекуператора. Як тільки сплине час «відтайки» вентиляційна система знову увійде в роботу.

В режимі «Літо» для підтримки заданої температури в приміщенні працює кондиціонер на охолодження припливного повітря. Охолодження здійснюється через теплообмінники при роботі компресорно-конденсаторних блоків. Робота компресора залежить від температури в приміщенні, контролюючої датчиком температури. Компресор вмикається з вихода контролера.

Для захисту від обмерзання теплообмінника, встановлений термостат, який вимикає компресор.

Керування припливним та витяжним вентиляторами і насосом передбачено в режимах «Місцевий» і «Автоматичний» (режим роботи по заданій програмі). Для запуску вентиляційної системи в роботу натискається кнопка «Пуск» SB3 і контролер подає команду на вмикання припливного вентилятора, насоса теплоносія, рекуператора, витяжного вентилятора. Сигнал на вмикання витяжного вентилятора подається з витримкою часу. Робота насоса сигналізується на панелі оператора.

Заслінка припливного повітря відчиняється при отриманні сигналу вмикання припливного вентилятора і закривається при вимкненні вентилятора.

Заслінка витяжного повітря відчиняється при отриманні сигналу вмикання витяжного вентилятора, і закривається при вимкненні вентилятора.

Забруднення фільтра припливного повітря контролюється датчиком-реле і сигналізується на панелі оператора.

Забруднення фільтра витяжного повітря контролюється датчиком-реле і сигналізується на панелі оператора.

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

## 1.2 Розробка завдання на систему автоматизації

Назва параметра	Умовне позначення	Межі вимірювання	Допустима похибка	Роль і значення параметра
<b>Керівні параметри</b>				
Витрата гарячої води	<i>F<sub>г.в.</sub></i>	80-100%	±2%	Вплив на температуру повітря
Витрата холодної води	<i>F<sub>х.в.</sub></i>	50-100%	±2%	Вплив на вологість повітря
<b>Керовані параметри</b>				
Температура повітря в приміщенні	<i>T<sub>п.</sub></i>	+19-21°C	±1-2%	Впливає на створення норматив-них умов роботи
Вологість повітря	<i>M<sub>п.</sub></i>	40-60%	±3%	
<b>Контрольовані збурення</b>				
Температура повітря що поступає	<i>T<sub>з.п.</sub></i>	-20...+35°C	±2%	Впливає на час протікання процесу
Вологість повітря що поступає	<i>M<sub>з.п.</sub></i>	20-90%	±2%	
<b>Не контрольовані збурення</b>				
Кількість поломок	<i>N</i>	-	-	Впливає на хід процесу
Температура навколишнього середовища	<i>T<sub>н.с.</sub></i>	-	-	
Коефіцієнт тепловіддачі	<i>α</i>	-	-	

## 2. Система автоматизації

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

Засіб вимірювань дозволяє сприйняти, перетворити, при необхідності зіставити з мірою і подати значення вимірюваної фізичної величини. Фізична величина, в свою чергу, являє собою певну властивість технічного приладу (об'єкта вимірювань), загальну в якісному відношенні для багатьох технічних пристроїв як однотипних, так і різнотипних, але в кількісному відношенні індивідуальну для кожного з них. Відмінністю засобів вимірювань від інших технічних пристроїв є те, що вони мають нормовані метрологічні характеристики.

До засобів вимірювань відносяться заходи, прилади та вимірювальні системи. Крім того, до засобів вимірювань відносяться вимірювальні перетворювачі, вимірювальне приладдя, що розширюють діапазон вимірювань, підвищують точність вимірювань та забезпечують дистанційну передачу результатів вимірювань, а також живлення засобів вимірювань нормованою, високостабільною електричною енергією та ін.

Вимірювальний прилад - засіб вимірювань, в якому створюється зоровий сигнал вимірюваної інформації. Основне призначення вимірювальних приладів - наочний показ дослідного параметра за допомогою показувального пристрою, запис його значення на різних носіях, вироблення сигналу поточного значення для системи автоматичного регулювання. [3]

В даній системі автоматизації термометри опору вимірюють та регулюють проходження процесу в системі кондиціонування. Розглянемо датчик вологості та температури типу KFF, зовнішній вигляд якого зображений на рисунку 2.1.

					Кваліфікаційна робота		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Рибаків В.С.					
Керівник		Кл менко О. .				12	20
Зав кафедри		Смітюх Я.В.			НУХТ АК-3-1ск		
Секретар ЕК		Проскурка Є.С.					



Рисунок 2.1–Зовнішній вигляд термометра опору датчик вологості та температури типу KFF ДТС 3015-PT100.B3.200

Технічні характеристики:

- діапазон вимірюваних температур від  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+120\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- температура навколишнього середовища від  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- похибка  $(0,3 \pm 0,005|t|)^{\circ}\text{C}$ .
- вихідний сигнал  $4...20\text{ mA}$ .

Призначені для вимірювання температури в каналі воздуховоду системи вентиляції. Для підключення кабелю в корпусі передбачений отвір, яке закривається заглушкою. [4]

Датчик температури SYSTEMAIR TG-K300 зображено на рисунку 2.2.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13



Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд датчика температури  
SYSTEMAIR TG-K300

Температурний датчик Systemair TG-K300 призначений для монтажу в вентиляційні канали, датчик пройшов численні випробування на точність і надійність.

Характеристики:

- робоча температура від  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- клас захисту корпусу IP20;
- константа часу 38 с;
- похибка  $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- довжина занурення від 15 мм до 145 мм для вимірювання температури в каналі воздуховоду системи вентиляції.

Для підключення кабелю в корпусі передбачено отвір, який закривається заглушкою. [5]

Був вибраний термометр опору ДТС3015-РТ100.В3.200 у зв'язку із меншою похибкою при вимірюванні та більшим діапазоном вимірювання температури.

Термометр опору ДТС 3225-РТ 1000.В2 зображено на рисунку 2.3.

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



Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд термометра опору ДТС 3225-РТ 1000.В2

Накладний датчик температури води ОВЕН ДТС3225-РТ 1000.В2 призначений для вимірювання температури води в трубопроводах систем опалення та вентиляції. Датчик встановлюється на трубопровід, кріплення здійснюється за допомогою хомута.

Для поліпшення теплопровідності має мідну пластину, вигнуту під відповідний діаметр трубопроводу.

Для підключення кабелю в корпусі передбачено отвір, який закривається заглушкою.

Чутливий елемент – Pt1000. Можливе виготовлення датчика з чутливим елементом Pt100 за бажанням замовника.

Характеристики:

- температура середовища від  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+120^{\circ}\text{C}$ ;
- похибка  $(0,3 \pm 0,005|t|)^{\circ}\text{C}$ ;
- діаметр трубопроводу:
  - 1) номінальний – 40 мм або 1 1/4";
  - 2) мінімальний – 20 мм або 1/2";
  - 3) максимальний – обмежений тільки розміром хомута;
- схема підключення двопровідна;
- ступінь захисту IP54. [6]

Датчик температури накладний ТЕР РТ 1000 зображено на рисунку 2.4.

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



Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд датчика температури TER PT 1000

Накладний датчик температури TER PT1000 використовується для визначення температури водяних теплообмінників в системах. Температура вимірюється чутливим елементом РТ1000 з номінальним опором 1000 Ом при 0°C. Корпус з термостійкого пластика. Для зручності монтажу закручується кришка і клеми нахилені на 45 °. Датчик встановлюється на трубі за допомогою регульованого хомутика.

Технічні характеристики:

- діаметр труби від 32 мм до 80 мм;
- корпус пластик (<120 °С);
- клас захисту IP54;
- прохід кабелю М16;
- діапазон температур від –50 °С до +120 °С;
- точність ± 0,4 °С (при 0 °С). [7]

Був вибраний накладний датчик температури ОВЕН ДТС3225-РТ1000.В2, у зв'язку із меншою похибкою при вимірюванні та більш простим підключенням до контролера.

Для регулювання подачі рідини використовуються триходові клапани з електроприводом SalusPMV31 які зображено на рисунку 2.5.

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



Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд триходового клапана SalusPMV31

Призначений для систем гарячого/холодного водопостачання.

Характеристики:

- різьблення – 1;
- живлення – 230 В;
- споживана потужність – 6 Вт;
- максимальне навантаження – 3 А;
- диференціальний тиск – 0,8 бар;
- максимальний тиск – 8,6 бар.;
- вихідний сигнал від 4 мА до 20мА;
- час відкриття клапана – 14 с.;
- час закриття клапана – 3 с.;
- температура рідини від +5°C до +88°C;
- робоча температура від -10°C до +60°C;
- клас захисту – IP20. [8]

Триходовий клапан з електричним приводом Salus PMV31 застосовується в багатьох системах опалення для перемикання, або змішування робочих теплових потоків теплоносія.

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

Зональний триходовий клапан з електроприводом, без зворотної пружини ZV 3-15-5-24 В зображено на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд зонального триходового клапана  
ZV 3-15-5-24 В

Особливості зонального триходового клапана ZV 3-15-5-24 В:

- проста та швидка заміна приводу при необхідності;
- високий ступінь захисту IP65;
- при знятому приводі клапан може бути відкритий або закритий вручну;
- повне закриття при диференціального тиску до 1 МПа;
- плавне закриття і відкриття для виключення гідравлічних ударів;
- привід може бути встановлений вже після завершення монтажу клапана і труб;
- носій – холодна та гаряча вода або до 60% гліколю з температурою від +1 °С до +95 °С.
- навколишня температура від +5 °С до +50 °С;
- управління 3-х позиційне;
- потужність 6 Вт (при русі);
- час відкриття / закриття 15 сек.;

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

- з'єднання внутрішнє різьблення NPT;
- матеріали: корпус – латунь, ущільнення – фторопласт (PTFE), прокладка – синтетичний каучук (EPDM).

Був вибраний триходовий клапан з електроприводом Salus PMV31, у зв'язку із набагато більшою швидкістю реагування на сигнали та меншим часом відкриття/закриття клапану [9].

Для виміру різниці тисків та показу справності припливного та витяжного вентиляторів і фільтрів використовується диференційний манометр A2G-15 який зображено на рисунку 2.7.



Рисунок 2.7–Зовнішній вигляд диференційного манометра A2G-15

Диференційний манометр A2G-15 застосовується зазвичай для повітря, а також для сухих, чистих, неагресивних газів.

Має властивості:

- моніторинг вентиляторів і воздуховодів;
- контроль перепаду тиску на фільтрах;
- для вимірювання дуже низького тиску.

Особливості:

- налагодження нуля попереду;
- простий монтаж і демонтаж;

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

- конструкція з двох частин (чутливий елемент і корпус);
- з додатковим електричним вихідним сигналом;

Характеристики диференційного манометра А2G-15:

- клас точності  $\pm 3\%$  ( $\pm 5\%$  для діапазону  $\leq 0 \dots 125 \text{ Па}$ );
- діапазон вимірів від  $0 \dots 50 \text{ Па}$  до  $0 \dots 12500 \text{ Па}$ ; від  $-25 \dots +25 \text{ Па}$  до  $-1500 \dots +1500 \text{ Па}$ ;
- робочий тиск: постійний, змінний – весь діапазон вимірювань;
- допустиме перевантаження  $20 \text{ кПа}$ ;
- максимальний робочий тиск (статичний тиск)  $20 \text{ кПа}$ ;
- допустима температура:
  - навколишнє середовище від  $-30 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $+80 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
  - вимірюючи середовище від  $-16 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $+50 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- вихідний сигнал  $0 \dots 10 \text{ В}$  постійного струму, 3-х провідний;
- вплив температури додаткова температурна похибка при зміні температури навколишнього середовища ( $+20 \text{ }^\circ\text{C}$ ) максимум  $\pm 0,5\%/10\text{K}$  діапазону вимірювань;
- ступінь захисту IP54 згідно EN60529/IEC529. [10]

Диференційний манометр ДМ3583М зображено на рисунку 2.8.



Рисунок 2.8 – Зовнішній вигляд диференційного манометра ДМ3583М

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

Перетворювач ДМТ-3583М призначений для перетворення різниці тисків у вихідний уніфікований сигнал постійного струму з лінійною залежністю.

Перетворювачі ДМ-3583М, ДМТ-3583М застосовуються в системах контролю, регулювання та управління технологічними процесами при вимірюванні: витрати рідини, газів або пари за різницею тисків у звужуючих пристроях.

Технічні характеристики:

- вихідний сигнал від 0 мГн до 10 мГн;
- похибка  $\pm 1$  %;
- живлення: струм 0,125А, частота 50 Гц, споживана потужність 1,5 ВА;
- умови експлуатації температура від  $-30^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ . [11]

Був вибраний диференційний манометр А2G-15, у зв'язку із більш зручним підключенням до контролера та більшою відповідністю для даної системи кондиціонування.

Для керування швидкістю двигунів потрібен частотний перетворювач.

Зовнішній вигляд частотного перетворювача Lenze ESMD751L4TXA зображений на рисунку 2.9.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21



Рисунок 2.9–Зовнішній вигляд частотного перетворювача Lenze  
ESMD751L4TXA

Основні функції перетворювача частоти Lenze ESMD751L4TXA:

- пуск і регулювання швидкості двигуна;
- реверс;
- прискорення, уповільнення, зупинка;
- захист двигуна і перетворювача;
- динамічне гальмування;
- проста конструкція, малі габарити і маса;

Технічні характеристики:

- динамічне гальмування двигуна і гальмування постійним струмом;
- вбудований PI-регулятор для ефективної роботи приводу в замкнутій системі автоматичного регулювання;
- перевантажувальна здатність – 150% від номінального моменту протягом 60сек.;

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

- 4 цифрових входи;
- 1 аналоговий вхід (від 0 мА до 20 мА, від 4 мА до 20 мА, від 0В до +5 В або від 0 В до 10 В);
- 1 аналоговий вихід;
- вихідна частота від 0 Гц до 500 Гц (на вимогу від 0Гц до 1000Гц);
- номінальна напруга - 0,75 кВт;
- клас захисту IP20;
- захист від короткого замикання, замикання на землю, підвищеної напруги, заклинювання двигуна, перевантаження двигуна. [12]

Частотний перетворювач FRECON FR150-2S-0.2В зображено на рисунку 2.10.



Рисунок 2.10 – Зовнішній вигляд частотного перетворювача FRECON FR150-2S-0.2В

Частотний перетворювач FRECON FR150-2S-0.2В представляє з себе високоінтегровані рішення для взаємодії з обладнанням, інженерного

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

перетворення, автоматизації управління і спеціалізованих промислових застосувань. Діапазон потужності становить від 0,2 кВт до 4 кВт.

Переваги:

- вбудований ПЛК;
- регулювання ПД;
- програмовані вхідні і вихідні клеми;
- аналоговий вхід і вихід;
- RS485-порт і багато інших функцій управління.

Ідеально підходить для: різного електроустаткування, насосів, малих підйомників, сільськогосподарського обладнання, для різних верстатів, медичної центрифуги. [13]

Був вибраний частотний перетворювач типу Lenze ESMD751L4TXA, у зв'язку із великою перенавантажувальною здатністю – 150% від номінального моменту протягом 60 секунд.

Для приведення в дію вентиляторів, насосів та відкриття заслінок використовується електродвигун АІР 56 В2 який зображено на рисунку 2.11.



Рисунок 2.11– Зовнішній вигляд електродвигуна АІР 56 В2

Загальнопромислові асинхронні електричні двигуни АІР з короткозамкненим ротором широко поширені в промисловості, сільському господарстві і побуті. Невисока ціна, простота конструкції, висока ремонтпридатність дозволили застосовувати електродвигуни АІР для вирішення будь-яких практичних завдань. Загальнопромислові електродвигуни

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

АІР встановлюються в якості приводів насосного і вентиляційного устаткування, різноманітних верстатів (металургійних і деревообробних), компресорних установок, а також безлічі різноманітних машин.

Електродвигуни АІР володіють наступними технічними характеристиками:

– приєднувальні розміри і діапазон потужностей відповідає стандарту ГОСТ 51689-2000;

– клас захисту електродвигунів АІР - IP54;

– ізоляція електродвигунів володіє класом нагрівостійкості F(температура - +155° С);

– монтажні виконання електродвигунів: IM1001 (на лапах), IM2001 (комбіноване - лапи і фланець), IM3001 (чистий фланець);

– кліматичні виконання – помірне (електродвигуни можуть розташовуватися в приміщенні з кліматичними умовами, ідентичними відкритому повітрю; двигуни розміщуються в закритих приміщеннях, в яких відсутнє штучне управління кліматичними умовами);

– режим роботи електродвигунів - тривалий S1 (при такому режимі двигун працює довгий час при постійному навантаженні).

– потужність: 0.25 кВт.

– частота обертів: 3000 об./хв. [14]

Електродвигун асинхронний АМУ71В8 зображено на рисунку 2.12.



Рисунок 2.12 – Зовнішній вигляд електродвигуна АМУ71В8

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

Призначений для приводів з високим статичним або динамічним моментом на валу.

Технічні характеристики наведені для частоти струму мережі 50 Гц.

- ступінь захисту IP54;
- клас ізоляції – F;
- двигун призначений для живлення від мережі змінного струму частотою 50 Гц або 60 Гц напругою 220/380 В або 380/660 В;
- електродвигун має ввідний пристрій, розташоване зверху і допускає розворот на 180°;
- потужність 0,25 кВт;
- оберти 750/хв. [15]

Був вибраний електродвигун типу АИР 56 В2, у зв'язку із більшою частотою обертання що краще підходить для даної системи.

Для регулювання витрати фреону використовується електромагнітний витратомір ASAMAG який зображено на рисунку 2.13.



Рисунок 2.13–Зовнішній вигляд електромагнітного витратоміра ASAMAG

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

Призначений для вимірювання будь-яких типів рідин з провідністю вище 5мкСм/см, нечутливий до зміни температури, тиску, щільності і в'язкості рідини;

Характеристики:

- діапазон вимірювання від 0,013 м<sup>3</sup>/год. до 36000 м<sup>3</sup>/год.;
- вихідний сигнал від 4 мА до 20 мА, HART;
- приєднання фланцеве EN1092-1, DIN11851, TriClamp;
- робоча температура від – 30°C до + 160°C;
- максимальний тиск 10 бар;
- похибка вимірювання ±0,5%;
- напруга живлення 220В. [16]

Ультразвуковий витратомір Optisonic 3400 зображено на рисунку 2.14.



Рисунок 2.14 – Зовнішній вигляд ультразвукового витратоміра  
Optisonic 3400

OPTISONIC 3400 – унікальний виразний трипроменевий ультразвуковий витратомір, спеціально розроблений для вимірювання витрати однорідних

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

проводять і непровідних рідин і відрізняється високою точністю і повторюваністю вимірювань протягом тривалого періоду часу. Компанія KROHNE є найбільшим постачальником ультразвукових в різних промислових витратомірів для рідин, що зарекомендували себе завдяки колосальній базі встановленого обладнання і поліпшеним показниками з точки зору міцності і точності вимірювань.

Даний витратомір підходить для вимірювання:

- проводять і непровідних рідин
- рідин з криогенними і високими робочими температурами
- рідин при стандартних і нескладних застосуваннях, а також при застосуваннях, що вимагають високих експлуатаційних характеристик
- нев'язких водомістких рідин і рідин з дуже високою в'язкістю
- рідин при низьких і дуже високих тисках.

Відмінні особливості:

- вдосконалений конвертер сигналів з різними комбінаціями вхідних / вихідних;
- сигналів і підтримкою промислових протоколів;
- діагностичні функції відповідно до рекомендацій NAMUR NE107;
- покращений інтерфейс: оптичні і натискні кнопки;
- стійка до зносу, повністю зварна конструкція, яка не потребує технічного обслуговування;
- повнопрохідний перетин вимірювальної труби без виступаючих елементів, відсутність втрат тиску і рухомих частин;
- точне двунаправлене вимірювання витрати з використанням 3 променів для безперервного вимірювання, починаючи з практично нульового значення витрати;
- багатофункціональний і універсальний ультразвуковий витратомір для однофазних рідин.

Характеристики:

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

– робоча температура від  $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+140\text{ }^{\circ}\text{C}$  (для корпусу з нержавіючої сталі при температурі навколишнього середовища більше  $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). [17]

Був вибраний електромагнітний витратомір типу ASAMAG, через меншу похибку вимірювання та більшим діапазоном вимірювання.

## 2.2. Схема автоматизації.

Функціональна схема автоматизації є основним технологічним документом, який визначає об'єм автоматизації технологічних установок і окремих агрегатів автоматизованого об'єкту. Функціональна схема являє собою креслення, на якому схематично умовними позначеннями зображено технологічне устаткування, комунікації, засоби автоматизації з вказівкою зв'язків між технологічним устаткуванням та системами автоматики, а також зв'язків між елементами автоматики.

Функціональну схему автоматизованої технологічної установки виконують, як правило на одному кресленні, на якому зображають прилади всіх систем контролю, автоматичного управління і сигналізації, які відносяться до даної технологічної установки. [1]

Кожен функціональний елемент містить лише ті входи і виходи, які необхідні для його коректної роботи. Дана схема розробляється на основі структурної схеми для кожного блоку, в результаті з окремих функціональних елементів складається загальна функціональна схема об'єкту.

Також функціональні схеми можуть застосовуватися у програмуванні для візуалізації алгоритмів і спрощення обчислення їх складності, однак у цій сфері форма створення – довільна (точніше, вибирається та, яка зручна автору).

Функціональними схемами користуються для вивчення принципу роботи виробів (устаткування), а також при їх налагодженні, контролі чи ремонті. На такій схемі зображують всі функціональні частини виробу та основні зв'язки

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

між ними. Функціональні частини на схемі зображують у вигляді умовних графічних позначень згідно з вимогами державних стандартів. [2]

В даній системі автоматизації технологічний процес проходить наступним чином.

В зимовий час при роботі системи кондиціонування зовнішнє повітря, за допомогою припливного вентилятора, потрапляє у вентиляційну шахту при умові, що відкрита заслінка. Зовнішнє повітря проходить фільтрацію і за допомогою дифманометра вимірюється його витрата. Очищене повітря проходить через роторний рекуператор. Барабан із алюмінієвої фольги при обертанні поглинає тепло, яке видаляється із приміщення. Відпрацьоване тепле повітря нагріває безліч дрібних сот ротора. Переміщаючись в зону припливного свіжого повітря, вони охолоджуються і віддають накопичене тепло, яке потрапляє назад в приміщення.

Проходячи через водяний калорифер температура повітря регулюється подачею теплоносія в залежності від температури в приміщенні. Гаряча вода, нагріта до потрібної температури (в середньому від +80 °С до +180 °С), із труб опалення надходить в теплообмінник, що складається з невеликих алюмінієвих трубок. Трубки нагрівають повітря, що проходить через прилад. Вбудований вентилятор поширює нагріте повітря по приміщенню і стимулює його рух в зворотному напрямку до приладу.

В літній період для підтримки заданої температури в приміщенні працює кондиціонер на охолодження припливного повітря. Охолодження здійснюється через теплообмінники при роботі компресорно-конденсаторних блоків. Його робота залежить від температури в приміщенні. Компресор стискає газоподібний фреон, який при підвищеному тиску надходить в конденсатор, де віддає тепло і конденсується. Після охолодження рідкий холодний газ надходить у випарник, де починає циркулювати. У свою чергу, випарник обдувається теплим припливним повітрям за допомогою вентилятора. Теплообмінник нагрівається повітрям, а в середині його нагрівається холодоагент, який при нагріванні закипає і перетворюється в газ. При

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

випаровуванні, фреон віддає випарнику холод, газ надходить в компресор, де стискається і переходить в рідкий стан. Повітря за допомогою вентилятора надходить у виробниче приміщення.

Витяжний вентилятор витягує повітря із цеху який проходить через фільтр, після його очищення повітря надходить до роторного рекуператора. За допомогою витяжного вентилятора повітря виходить в навколишнє середовище.

### 2.3 Специфікація приладів та засобів автоматизації

Найменування матеріалів	Один. виміру	Ціна за одиницю грн.	Кількість	Сума грн.
Термометр опору ДТС 3015-PT100.B3.200	шт.	339,60	7	2377,20
Датчик вологості та температури типу KFF	шт.	533,37	2	1066,74
Триходовий клапан SalusPMV31	шт.	3022,00	2	6044,00
Диференційний манометр A2G-15	шт.	3933,90	4	15735,60
Частотний перетворювач Lenze ESMD751L4TXA	шт.	10208,00	5	51040,00
Електродвигун АИР 56 В2	шт.	643,00	8	5144,00
Електромагнітний витратомір ASAMAG	шт.	24300,00	1	24300,00
ОВЕН ПЛК 150	шт.	6079,95	1	6079,95
Модуль аналогового введення MB110	шт.	2143,12	2	4286,24
Модуль аналогового виведення МУ110-224.8И	шт.	3750,47	1	3750,47
Модуль дискретного виведення МУ110-8Р	шт.	2290,80	1	2290,80
Проводи з'єднувальні	м	3,00	150	450,00
Разом	—	—	—	122565,00

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

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

#### 3.1 Проектне компонування промислового логічного контролера

В даній системі кондиціонування використовується ОВЕН ПЛК 150 і для підключення всіх приладів нам потрібно: 14 аналогових входів, 8 аналогових виходів та 3 дискретних виходів для підключення всіх приладів.

На рисунку 3.1 зображений зовнішній вигляд ОВЕН ПЛК 150.



Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд ОВЕН ПЛК 150

Контролер призначений для:

– вимірювання та автоматичного регулювання температури (при використанні в якості первинних перетворювачів термометрів опору), а також інших фізичних параметрів, значення яких первинними перетворювачами (датчиками) може бути перетворено в напругу постійного струму, уніфікований електричний сигнал постійного струму або активний опір;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Рибаков В.С.				32	22
Керівник		Кл менко О.			<b>НУХТ АК-3-1ск</b>		
Зав кафедри		Смітюх Я.В.					
Секретар ЕК		Проскурка Є.С.					

- вимірювання аналогових сигналів струму або напруги;
- вимірювання дискретних вхідних сигналів;
- управління дискретними (релейними) виходами;
- управління аналоговими виходами;
- прийом і передачу даних по інтерфейсах RS-485, RS-232, Ethernet;
- виконання користувальницької програми з аналізу результатів вимірювання дискретних і аналогових входів;
- управління дискретними входами і виходами, передачі і прийому даних по інтерфейсах RS-485, RS-232, Ethernet.

Логічний контролер ПЛК 150 можна використовувати для:

- для створення систем управління малими та середніми об'єктами;
- побудова систем диспетчеризації.

Побудова системи управління і диспетчеризації на базі ОВЕН ПЛК можливо як з допомогою провідних засобів – вбудовані інтерфейси Ethernet, RS-232, RS-485, так і за допомогою бездротових засобів – використовуючи радіо-модем, GSM-модем або ADSL модеми. [18]

Переваги програмованого контролера ПЛК 150:

- компактний корпус з кріпленням на DIN-рейку.
- дискретні і аналогові входи / виходи «на борту» з можливістю розширення їх кількості шляхом підключення зовнішніх модулів введення / виведення за допомогою одного з вбудованих інтерфейсів.
- швидкість роботи дискретних входів – до 10 КГц при використанні підмодулів лічильника.
- велика кількість інтерфейсів на борту:
  - а) Ethernet;
  - б) RS-485;
  - в) RS-232 Debug;
  - г) RS-232;
  - д) USB Device2;

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

– просте і зручне програмування в системі CODESYS V2.3 через порти USB Device2, Ethernet, RS-232 Debug.

– контролер підтримує роботу з нестандартними протоколами за допомогою одного з інтерфейсів, що дозволяє підключати такі пристрої як електро-, газо-, водолічильники, зчитувачі штрих-кодів і т.п.

– вбудований акумулятор, що дозволяє «перечікувати» зникнення живлення: виконання програми при зникненні живлення і переведення вихідних елементів в «безпечний стан».

– вбудований годинник реального часу. [19]

Час встановлення робочого режиму контролерів з аналоговими входами після включення напруги живлення не більше 20 хв. при роботі з термоелектричними перетворювачами і не більше 5 хв. при роботі з іншими типами первинних перетворювачів. [18]

Технічні характеристики приладу наведені в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики ОВЕН ПЛК150

Параметр	Значення
Загальні відомості	
Конструктивне виконання	Уніфікований корпус для кріплення на DIN-рейку (ширина 35 мм), довжина 105 мм (6U), крок клем 7,5 мм
Ступінь захисту корпусу	IP20
Напруга живлення: ПЛК150 & 24  ПЛК150 & 220	від 18 В до 29 В постійного струму (номінальна напруга 24 В)  від 90 В до 264 В змінного струму (номінальна е напруга 220 В) частотою від 47 Гц до 63 Гц
Споживана потужність	6 Вт

Продовження таблиці 3.1

Параметр	Значення
Індикація передній панелі	1 індикатор живлення 6 індикаторів станів дискретних входів 4 індикатора станів виходів 1 індикатор наявності зв'язку з CoDeSys 1 індикатор роботи програми користувача
Ресурси	
Центральний процесор	32-х розрядний RISC-процесор 200МГц на базі ядра ARM9
Об'єм оперативної пам'яті	8 МВ
Обсяг енергонезалежної пам'яті зберігання ядра CoDeSys програм і архівів	4 МВ
Розмір Retain-пам'яті	4 кВ
Час виконання циклу ПЛК	Мінімальний 250 мкс (не фіксоване), типовий від 1 мс
Дискретні входи	
Кількість дискретних входів	6
Гальванічна ізоляція дискретних входів	групова
Електрична міцність ізоляції дискретних входів	1,5 кВ
Максимальна частота сигналу, що подається на дискретний вхід	1 кГц при програмній обробці 10 кГц при застосуванні апаратного лічильника і обробника енкодера

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Продовження таблиці 3.1

Параметр	Значення
Дискретні виходи	
Кількість дискретних виходів	4 е / м реле
Характеристики дискретних виходів	Струм комутації до 2 А при напрузі не більше 220 В 50 Гц і $\cos \varphi > 0,4$
Гальванічна ізоляція дискретних виходів	Тобто, індивідуальна
Електрична міцність ізоляції дискретних виходів	1,5 кВ
Аналогові входи	
Кількість аналогових входів	4
Типи підтримуваних уніфікованих вхідних сигналів	Напруга від 0 В до 1 В, від 0 В до 10 В, від -50 мВ до + 50 мВ Струм від 0 мА до 5 мА, від 0 мА (4 мА) до 20мА Опір від 0 кОм до 5 кОм
Типи підтримуваних датчиків	термоопору: ТСМ50М, ТСП50П, ТСМ100М, ТСП100П, ТСН100Н, ТСМ500М, ТСП500П, ТСН500Н, ТСП1000П, ТСН1000Н
	термопари: ТХК (L), ТЖК (J), ТНН (N), ТХА (K), ТПП (S), ТПП (R), ТПР (B), ТВР (A & 1), ТВР (A& 2)
Розрядність вбудованого АЦП	16 біт

Продовження таблиці 3.1

Параметр	Значення
Внутрішній опір аналогового входу: в режимі вимірювання струму в режимі вимірювання напруги від 0 В до 10 В	50 Ом близько 10 кОм
Час опитування одного аналогового входу	0,5 с
Межа основної зведеної похибки вимірювання аналоговими входами	0,5%
Гальванічна ізоляція аналогових входів	відсутній
Аналогові виходи	
Кількість аналогових виходів	2
Розрядність ЦАП	10 біт
Тип вихідного сигналу: ПЛК150-І ПЛК150-У ПЛК150-А	Струм від 4 мА до 20 мА Напруга від 0 В до 10 В Струм від 4 мА до 20 мА або напруга від 0 В до 10 В
Живлення аналогових виходів	вбудоване, загальне на всі виходи
Електрична міцність ізоляції аналогових виходів	1,5 кВ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Продовження таблиці 3.1

Параметр	Значення
Інтерфейси зв'язку	
Інтерфейси	Ethernet 100 Base-T RS-232 RS-485
Швидкість обміну по інтерфейсах RS	від 4800 bps до 115200 bps
Протоколи	ОВЕН ModBus-RTU, ModBus-ASCII DCON ModBus-TCP GateWay ( протокол CoDeSys)
Програмування	
Середовище програмування	CoDeSys 2.3.8.1 (і старше)
Інтерфейс для програмування і налагодження	RS-232 або Ethernet

Умови експлуатації

Робочі умови експлуатації: закриті вибухобезпечні приміщення без агресивних парів і газів, при атмосферному тиску від 80 кПа до 106 кПа, з температурою в діапазоні не менше від – 10 °С до + 55 °С і відносною вологістю від 5% до 95%, без конденсації вологи.

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

Нормальні умови експлуатації: закриті вибухобезпечні приміщення без агресивних парів і газів, при атмосферному тиску від 86 кПа до 106 кПа, з температурою повітря від 15°C до 25 °C і відносною вологістю повітря від 45% до 75%. [18]

Для того, щоб додати відсутні входи і виходи використаємо модулі введення/виведення, а саме 2 модулі аналогового введення MB110-24.8AC (див. рисунок 3.2), який додає по 8 аналогових входів, модуль аналогового виведення МУ110-224.8И (див. рисунок 3.4), який додає 8 аналогових виходів та модуль дискретного виведення МУ110-8Р (див. рисунок 3.7), який додає 8 дискретних виходів.

Модуль аналогового вводу з універсальними входами (з інтерфейсом RS-485) MB110-24.8AC зображено на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд модуля аналогового вводу MB110-24.8AC

Модуль призначений для вимірювання аналогових сигналів вбудованими аналоговими входами, перетворення виміряних величин в значення фізичної величини і подальшої передачі цього значення по мережі RS-485.

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

Особливості:

- індивідуальна конфігурація для кожного входу;
- діагностика стану підключених аналогових датчиків;
- автоматичне визначення протоколу;
- знімні клемники з гвинтами які не випадають;
- універсальне живлення (=24В або ~230В);
- оновлення програмно-апаратних засобів по RS-485.
- кількість аналогових вхідних елементів – 8;

Загальне креслення модуля зображено на рисунку 3.3.

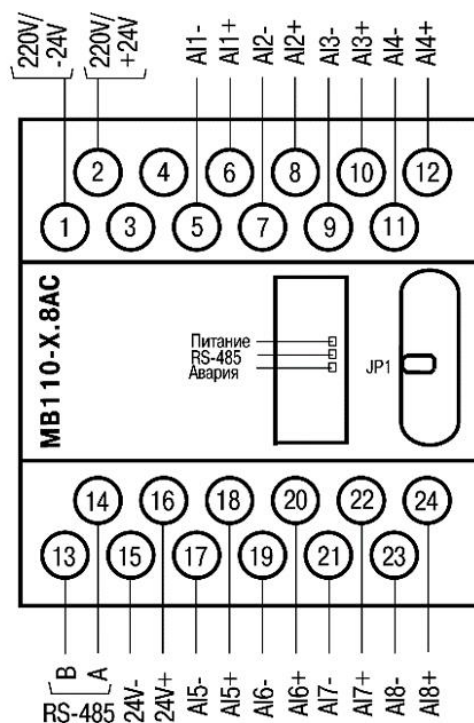


Рисунок 3.3 – Загальне креслення модуля аналогового вводу

MB110-24.8AC

Умови експлуатації:

- температура навколишнього повітря від  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $+55^{\circ}\text{C}$ ;
- відносна вологість повітря не більше 80% (при  $+25^{\circ}\text{C}$  і більш низьких температурах без конденсації вологи);

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

- атмосферний тиск від 84 кПа до 106,7 кПа;
- закриті вибухобезпечні приміщення без агресивних парів і газів.

Принцип роботи з датчиком полягає в наступному. Сигнал з датчика, що вимірює фізичний параметр об'єкта (температуру, тиск і т.п.), надходить в прилад в результаті послідовного опитування датчиків приладу. В процесі обробки сигналів здійснюється їх фільтрація від перешкод і корекція показань відповідно до заданих параметрами. Отриманий сигнал перетворюється заданими НСХ в цифрові значення і передається по мережі RS-485.

Опитування датчиків і обробка їх сигналів вимірювальним пристроєм здійснюється послідовно по замкнутому циклу. Для організації обміну даними в мережі по інтерфейсу RS-485 необхідний Майстер мережі.

Майстром мережі може бути:

- ПК;
- ПЛК;
- панель оператора;
- віддалений хмарний сервіс.

У мережі RS-485 передбачений тільки один майстер мережі. [20]

Модуль аналогового виведення МУ110-224.8И зображено на рисунку 3.4.



Рисунок 3.4 – Зовнішній вигляд модуля аналогового виведення  
МУ110-224.8И

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

Прилад призначений для перетворення цифрових сигналів, які передаються по мережі RS-485, в аналогові сигнали діапазоном від 4 до 20 мА для управління виконавчими механізмами або для передачі сигналів приладів реєстрації та самописцям.

МУ110 працює в мережі RS-485 за протоколами ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON.

Основні особливості модуля аналогового виведення ОВЕН МУ110-8І:

- 8 каналів аналогового виведення від 4 мА до 20 мА;
- напруга живлення:  $\sim 220$  В або  $\approx 24$  В (універсальне джерело живлення);
- напруга живлення: від 90 В до 264 В змінного струму (номінальна напруга 220 В) частотою від 47 Гц до 63 Гц або від 20 В до 375 В постійного струму (номінальна напруга 24 В);
- кількість аналогових вихідних елементів – 8;
- тип аналогових вихідних елементів ЦАП «параметр – струм 4 – 20 мА»;
- основна приведена похибка ЦАП не більше  $\pm 0,5\%$ ;
- опір навантаження, що підключається до виходу від 0 Ом до 1300 Ом;
- діапазон напруг живлення виходу від 10 В до 36 В.

Умови експлуатації приладу:

- прилад експлуатується при наступних умовах: закриті вибухобезпечні приміщення без агресивних парів і газів;
- температура навколишнього повітря від  $-10$  °С до  $+55$  °С;
- верхня межа відносної вологості повітря 80% при  $25$  °С і більш низьких температурах без конденсації вологи;
- атмосферний тиск від 86 кПа до 106,7 кПа. [21]

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

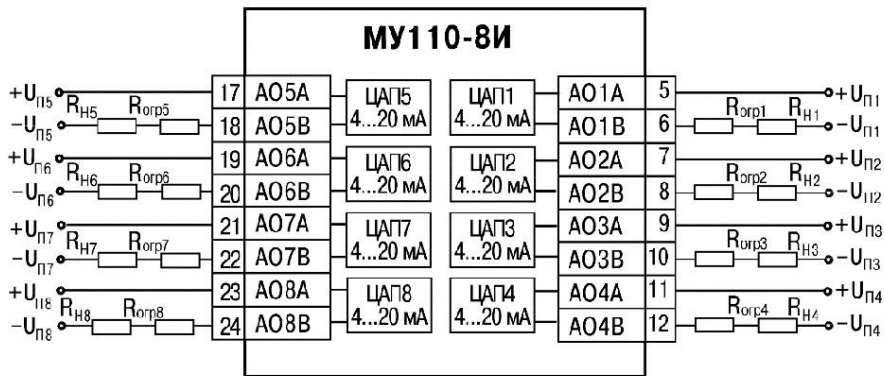


Рисунок 3.5 – Схема підключення до виходів модуля аналогового виведення МУ110-6У

Загальне креслення модуля аналогового виведення зображено на рисунку 3.6.

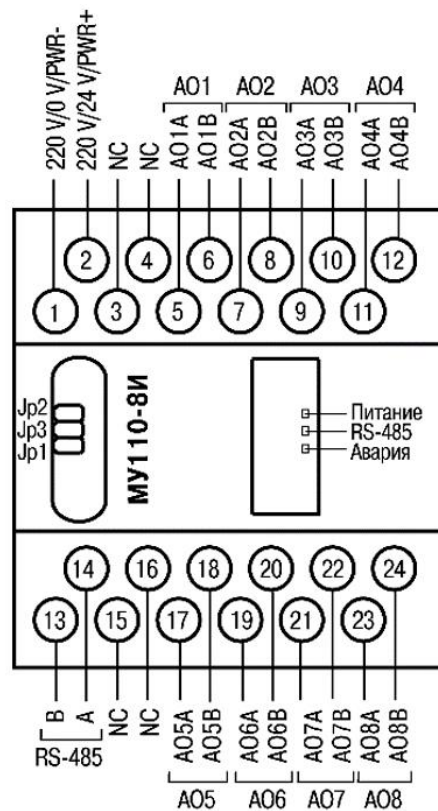


Рисунок 3.6 – Загальне креслення модуля аналогового виведення МУ110-6У

Модуль дискретного виведення МУ110-8Р зображено на рисунку 3.7.



Рисунок 3.7– Зовнішній вигляд модуля дискретного виведення МУ110-8Р

#### Характеристики:

- споживана потужність не більше 6 ВА;
- кількість дискретних вихідних елементів – 8;
- інтерфейс зв'язку з комп'ютером RS-485;
- максимальна швидкість обміну по інтерфейсу RS-485 до 115200 б/с;
- протокол зв'язку, який використовується для передачі інформації (ОВЕН; ModBus-RTU; ModBus-ASCII; DCON);
- ступінь захисту корпусу IP20;
- габаритні розміри приладу 63 мм x 110 мм x 73 мм;
- маса приладу не більше 0,5 кг;
- середній термін служби 8 років.

#### Прилад експлуатується при наступних умовах:

- закриті вибухобезпечні приміщення без агресивних парів і газів;
- температура навколишнього повітря від мінус 10 °С до +55 °С;
- верхня межа відносної вологості повітря 80% при 25 °С і більш низьких температурах без конденсації вологи;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– атмосферний тиск від 86 кПа до 106,7 кПа. [22]

Загальне креслення модуля дискретного виведення зображено на рисунку 3.8.

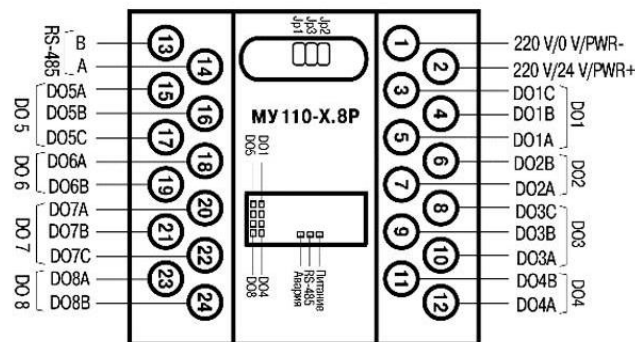


Рисунок 3.8 – Загальне креслення модуля дискретного виведення  
МУ110-8Р

### 3.2. Загальна схема підключення датчиків таВМ до ПЛК

В проекті розроблена принципова електрична конфігураційна схема автоматичного регулювання на базі мікропроцесорного контролера “Modicon TSX Premium” (креслення 3).

Принципова схема системи автоматизації - це схема, що показує зв'язок і взаємодію окремих елементів, пристроїв автоматизації за допомогою умовних позначень, при цьому кожен елемент схеми виконує визначену функцію і не може бути поділений на частини, що мають самостійне функціональне призначення. Таким чином, принципові схеми визначають повний склад елементів системи автоматизації.

Схеми електричні принципові виконуються на стадії «Робоча документація». Розробляють такі схеми електричні:

- 1) схеми електричні принципові живлення;
- 2) схеми електричні принципові сигналізації і блокування;

3) схеми електричні принципові контролю і автоматизації;

4) схеми електричні принципові управління електродвигунами і виконуючими механізмами.

На основі цих схем розробляються: монтажні схеми щитів і пультав, схеми зовнішніх з'єднань, схеми електричні контролю і автоматизації, схеми електричні принципові сигналізації і блокування та ін. Вони використовуються при монтажі і наладці системи автоматизації, а також дають можливості для вивчення принципу дії системи автоматизації. «Схема електрична принципова регулювання рівня», «Схема електрична принципова сигналізації роботи випарної установки»).

При виконанні цих схем використовується розвернуте зображення елементів автоматизації.

Ці схеми розглядаються на стадії проектування «Робоча документація» і служать для проектування живлення засобів контролю і автоматизації, розрахунку витрат електроенергії.

Проектування систем електроживлення здійснюється на основі ВСН 205-84/ММСС СССР "Инструкции по проектированию электроустановок систем автоматизации технологических процессов" та РМ4-4-85 «Системы автоматизации технологических процессов. Проектирование систем электропитания», а також нормативних вимог конкретних виробництв В загальному випадку на кресленнях таких схем повинна бути показана:

1) апаратура вмикання і вимикання джерел живлення і споживачів електроенергії;

2) апаратура контролю напруги:

3) назва споживачів електроенергії;

4) загальні пояснення і примітки;

5) креслення, які відносяться до даної схеми;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

б) перелік апаратури.

Схеми живлення можна суміщати з іншими схемами автоматизації проекту (наприклад сигналізації).

Для відображення стану окремих елементів об'єкта і сповіщення про порушення нормального ходу виробничих процесів на пунктах управління використовують різного роду світлові і звукові сигнали. Схеми електричні принципової сигналізації можна класифікувати таким чином:

I. По характеру (виду) сигналу: світлова, звукова, змішана сигналізації. Світлова сигналізація може виконуватись рівним світлом, мигаючим світлом, горіння ламп неповним розжарюванням.

II. По роду струму: схеми на постійному струмі, схеми на змінному струмі.

III. По призначенню:

1) сигналізація стану - для сигналізації про стан технологічного устаткування («Відкрито»-«Закрито», «Увімкнено»-«Вимкнено»);

2) командна сигналізація – дозволяє передати різні вказівки (накази) з одного пункту керування в іншій за допомогою світлових чи звукових сигналів;

3) сигналізація дії захисту і автоматики;

4) технологічна сигналізація – дає інформацію про стан таких технологічних параметрів, як температура, тиск, витрата, рівень. Буває двох видів:

а) попереджувальна сигналізація (сигналізація про ненормальні, але ще допустимі значення параметрів);

б) аварійна сигналізація (про недопустимі значення параметрів).

IV. По принципу дії:

1) схеми з індивідуальним зняттям звукового сигналу;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



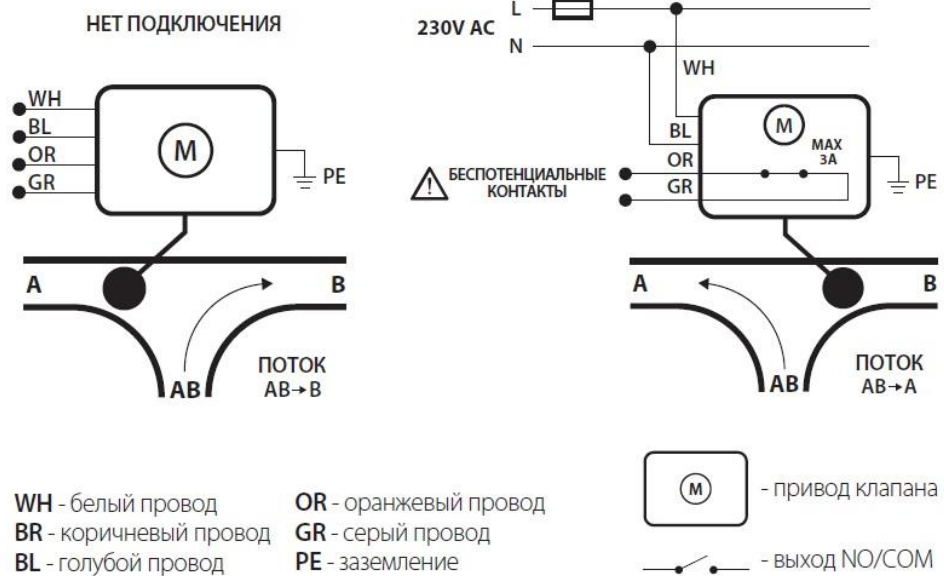


Рисунок 3.10 – Схема підключення триходового клапана Salus PMV31

Схема підключення диференційного манометра A2G-15 зображена на рисунку 3.11.

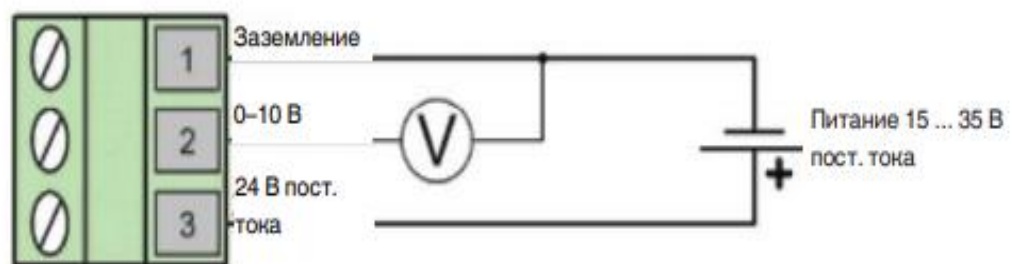


Рисунок 3.11 – Схема підключення диференційного манометра A2G-15

Схема підключення трифазного двигуна АІР 56 В2 зображена на рисунку 3.12.

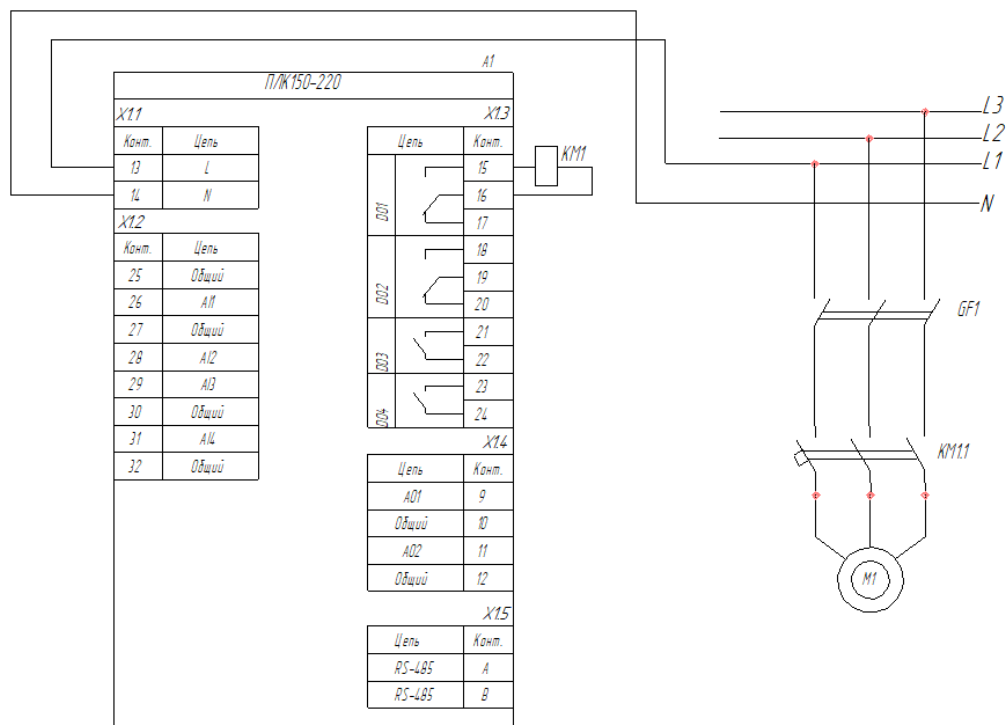


Рисунок 3.12 – Схема підключення трифазного двигуна АІР 56 В2

Схема підключення частотного перетворювача Lenze ESMD751L4TXA і трифазного двигуна АІР 56 В2 зображена на рисунку 3.13.

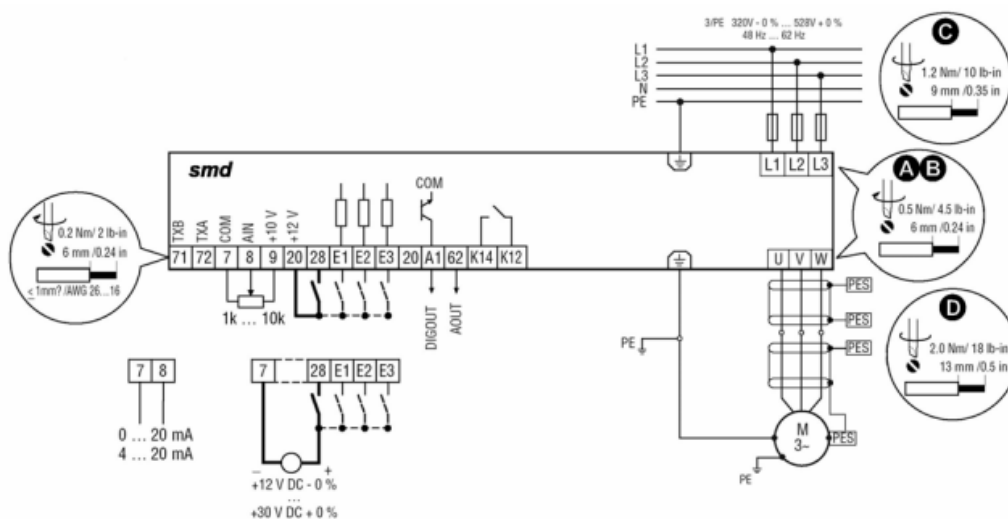


Рисунок 3.13 – Схема підключення частотного перетворювача Lenze ESMD751L4TXA і трифазного двигуна АІР 56 В2

Схема підключення електромагнітного витратоміра ASAMAG зображена на рисунку 3.14.

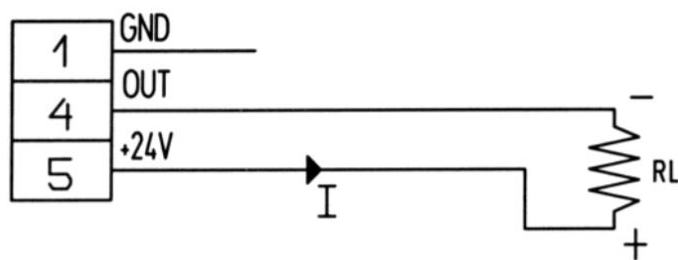


Рисунок 3.14—Схема підключення електромагнітного витратоміра ASAMAG

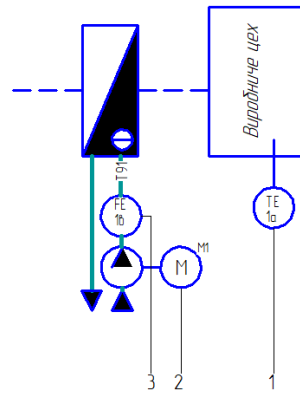
### 3.3. Розширені схеми підключення для окремих контурів

Розглянемо схему підключення контуру для регулювання подачі фреону.

Якщо температура в виробничому приміщенні більша за +23 °С, то вмикається двигун насосу і по трубопроводу подається фреон (охолоджуюча рідина), в систему охолодження, потік якого регулюється витратоміром. Після зниження температури в приміщенні двигун вимикається і припиняється подача фреону.

Для даного контуру використовуються такі технічні засоби: термометр опору ДТС 3015-РТ100.В3.200, електромагнітного витратоміра ASAMAG, електродвигун АИР 56 В2, частотний перетворювач Lenze ESMD751L4TXA та контролер ОВЕН ПЛК 150.

Схема автоматизації регулювання подачі фреону зображена на рисунку 3.15.



	1	2	3
Прилади по місцю	PI b		FT в
Прилади на щиті		SI в	H SB7
ЛІНК	У		
	BA		
	BD		
	AB		
	DB		
	C		
	S		
	R		
I			
T			
A			

Рисунок 3.15– Схема автоматизації регулювання подачі фреону

Графічне зображення технічних засобів показана на рисунку 3.16.

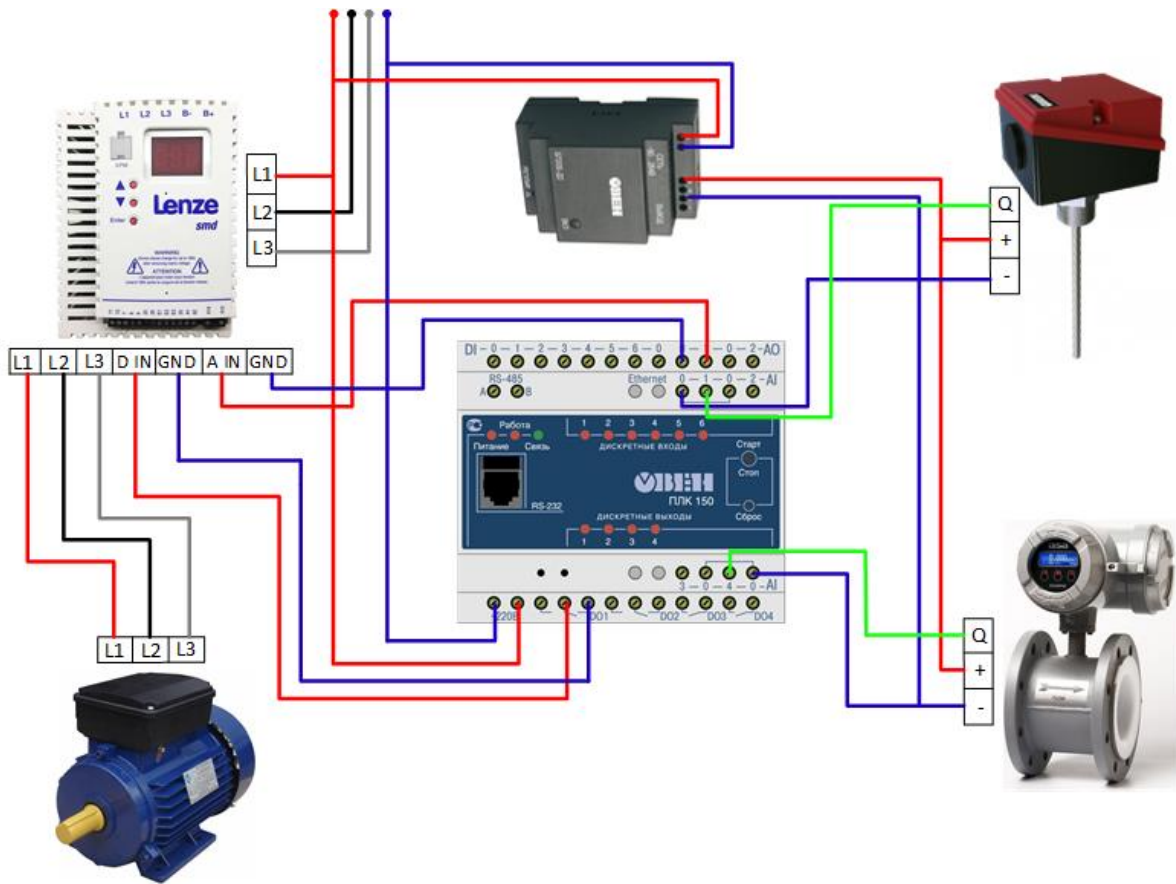


Рисунок 3.16– Графічне зображення технічних засобів

Принципова схема підключення технічних засобів автоматизації зображена на рисунку 3.17.

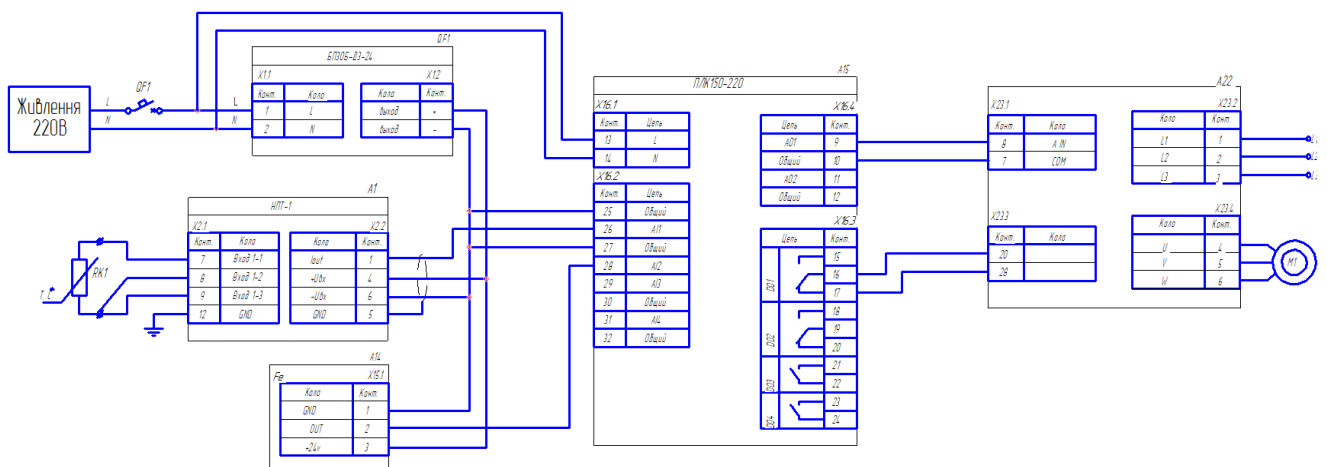


Рисунок 3.17– Принципова схема підключення технічних засобів автоматизації

#### 4. Креслення встановлення технічних засобів

В даній системі автоматизації термометри опору вимірюють та регулюють проходження процесу в системі кондиціонування. Розглянемо встановлення датчика вологості типу KFF.

Основним при монтажу первинних вимірювальних перетворювачів і відбірних пристроїв, засобів автоматизації, являється правильний вибір місця установки і конструктивне рішення вузла обладнання, яке відповідає умовам роботи даного обладнання і експлуатаційним вимогам.

Місця установки приладів та способи монтажу, визначають враховуючи заводські інструкції. Прилади монтують так, щоб забезпечити необхідну точність вимірювань, якщо це вимірювальний прилад, та точність регулювання (виконавчі механізми). Також необхідно передбачити вільний доступ до приладів, для обслуговування їх в процесі експлуатації.

Необхідно при виборі місць установки приладів та засобів автоматизації враховувати класифікацію приміщень і зон щодо вибухопожежної і пожежної небезпеки, категорії виробництва, стану повітряного середовища в приміщенні, класифікацію приміщень у відношенні ураження людей електричним струмом.

Також на кресленні зображено встановлення датчика вологості типу KFF. Ці датчики монтуються на повітрепроводі, за допомогою фланця, який за допомогою 2 гвинтів кріпиться до корпусу повітрепроводу. Датчик виміру температури та датчик вологості повітря, що подається в приміщення, монтується в кінці установки, що забезпечить вимір необхідного параметру. Датчики для вимірювання температури зовнішнього повітря та температури в приміщенні, монтуються на стіну.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Рибаков В.С.</i>					
<i>Керівник</i>		<i>Кл менко О.</i>				<i>54</i>	<i>2</i>
<i>Зав кафедри</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>			<i>НУХТ АК-3-1ск</i>		
<i>Секретар ЕК</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>					

Встановлення датчика типу KFF

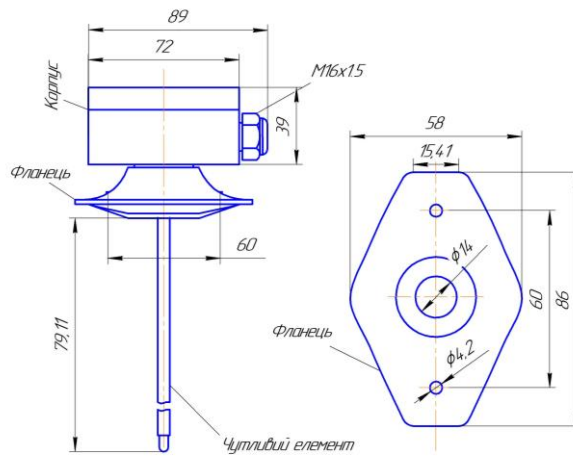


Рисунок 4.1 – зображено встановлення датчика вологості типу KFF

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

## 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК).

Особливе місце при підготовці задачі до рішення на ЕОМ займає розробка чи вибір алгоритму. Поняття алгоритму широко використовується як у математиці, так і в програмуванні. Алгоритм – сукупність правил, однозначно визначаючих процес перетворення вхідних і проміжних даних у результат рішення задачі. [24]

Опис алгоритму являє собою загальну схему рішення задачі. Алгоритм може бути реалізований в ЕОМ, якщо він містить тільки елементарні команди. Такими елементарними, тобто не потребуючими деталізації, можна вважати такі команди або операції:

- початок, кінець;
- список даних;
- введення, виведення;
- обчислювальні операції, реалізовані оператором присвоєння. [25]

Блок-схема алгоритму регулювання системи кондиціонування зображена на рисунку 5.1.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>				
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
<i>Розроб.</i>		<i>Рибаків В.С.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>		
<i>Керівник</i>		<i>Кл менко О. .</i>			56	14			
<i>Зав кафедри</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>			<i>НУХТ АК-3-1ск</i>				
<i>Секретар ЕК</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>							

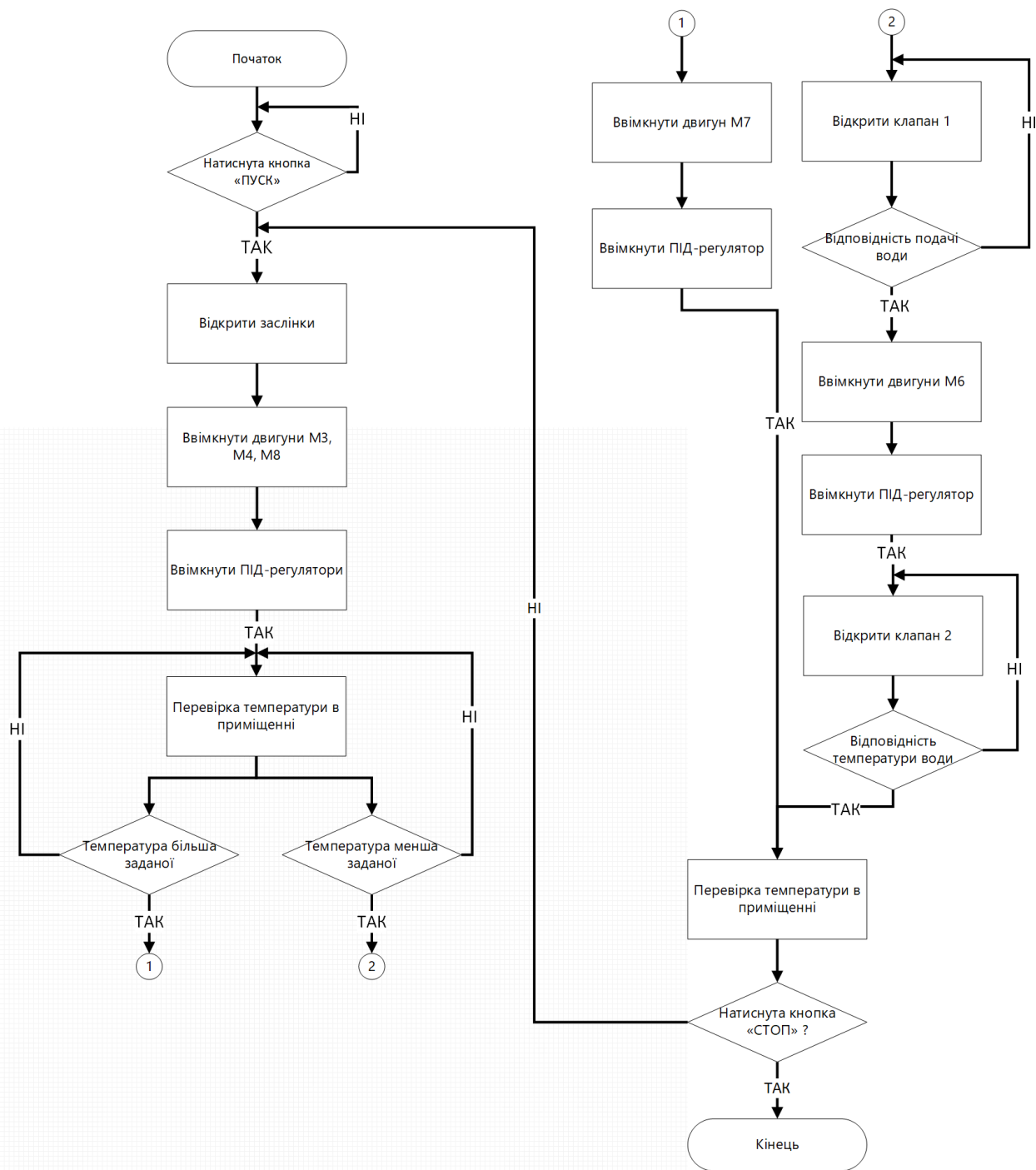


Рисунок 5.1 – Блок-схема алгоритму регулювання системи кондиціонування

Даний процес проходить наступним чином. Після натиснення кнопки «ПУСК», при умові, що кнопка «СТОП» вимкнена, відкриваються заслінки для подачі повітря у систему. Після чого вмикаються двигуни припливного М8 та витяжного М3 вентиляторів і запускається двигун вентилятора в роторному

рекуператорі М4. Для регулювання швидкістю обертання двигунів вмикаються ПІД-регулятори.

Також вимірюється температура повітря в приміщенні та звіряється із заданим значенням.

Якщо температура менша за 18 °С, то відкривається клапан 1 подачі гарячої води в калорифер, вмикається двигун М6 насоса та двигун М5 вентилятора в калорифері і відкривається клапан 2 для спуску води із системи підігріву, при проходженні через калорифер повітря підігрівається, поки температура в приміщенні не підніметься до заданого значення.

Якщо ж температура більша за 23 °С, то вмикається двигун М7 насоса і в систему охолодження подається фреон який зменшує температуру повітря.

При натисканні кнопки «СТОП» система вимикається.

Вибір мова

- LD (Ladder Diagram) – мова релейних схем
- FBD (Function Block Diagram) – мова функціональних блоків
- SFC (Sequential Function Chart) – мова діаграм станів.

У доповнення до FBD підтримується мова програмування CFC (Continuous Function Chart) з довільним розміщенням блоків й проставленням порядку їх виконання.

При підключенні до контролера середовище програмування переходить у режим відлагодження. У ньому є доступним моніторинг/змінювання/фіксація значень змінних, точки зупинки, контроль потоку виконання, гаряче оновлення коду, графічне трасування у реальному часі та інші відлагоджувальні інструменти.

Для програмування контролера в середовищі CODESYS в нього повинна бути вбудована система виконання (Control Runtime System). Вона встановлюється в контролер при його виготовленні. Існує спеціальний інструмент, що дозволяє адаптувати її до різних апаратних і програмних платформ.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У розділі «CODESYS Device Directory» сайту розробника подано перелік понад 500 марок засобів автоматизації (контролерів та інтегрованих систем) від провідних виробників, що підтримуються середовищем CODESYS для програмування. [27]

Особливий інтерес представляє вбудований в CoDeSys інструмент візуалізації, наближається за своїми можливостями до комерційних SCADA системам. У ранніх версіях набір графічних елементів включав прості геометричні фігури і растрові картинки. Їх розміри, положення, текстові підписи, колір і кут можна пов'язувати зі змінними програми.

У версії 2.3 з'явилися стрілочні і стовпчасті індикатори, гістограми і навіть тренди і таблиці тривоги (alarm). Значно вдосконалено і можливості динамічного програмного управління графікою.

Вбудована візуалізація не вимагає ніякої підготовчої роботи. тісний взаємозв'язок візуалізації та системи виконання забезпечує максимальну ефективність, без будь-яких додаткових витрат.

Унікальною властивістю CoDeSys є можливість використовувати готову візуалізацію декількома різними способами:

- безпосередньо в системі програмування;
- на будь-якому РС за допомогою окремого Win32 додатка CoDeSys HMI;
- через Web-броузер в мережах TCP / IP;
- у контролері, оснащеному дисплеєм і хоча б кількома клавішами. [28]

Перелік аналогових та дискретних змінних зазначено в відомості вхідних/вихідних сигналів ПЛК150 та подано в таблиці 4.1, а змінні, які використані для роботи програми подано в таблиці 5.2.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 – Відомість вхідних/вихідних сигналів ПЛК150

Джерело сигналу	Назва змінної	Позначення на СА		Адреса
Вхідні сигнали				
Кнопка «ПУСК»	pusk	SB1	DI1	
Кнопка «СТОП»	stop	SB2	DI2	
Кнопка «АВАРІЯ»	avariya	SB3	DI3	
Кнопка «Ручная М3»	man	SB4	DI4	
Кнопка «Ручная М4»	man1	SB5	DI5	
Кнопка «Ручная М6»	man2	SB6	DI6	
Кнопка «Ручная М7»	man3	SB7	DI7	
Кнопка «Ручная М8»	man4	SB8	DI8	
Диференційний манометр	PDE1	PDE1	AI1	
Диференційний манометр	PDE2	PDE2	AI2	
Диференційний манометр	PDE3	PDE3	AI3	
Диференційний манометр	PDE4	PDE4	AI4	
Термометр опору	TE2	TE2	AI5	
Термометр опору	TE9	TE9	AI6	
Витратомір	FE	FE	AI7	
Двигун	M1	M1	DO1	
Двигун	M2	M2	DO2	
Двигун	M3	M3	AO1	
Двигун	M4	M4	AO2	
Двигун	M5	M5	DO3	
Двигун	M6	M6	AO3	
Двигун	M1	M1	DO1	

Продовження таблиці 5.1

Джерело сигналу	Назва змінної	Позначення на СА		Адреса
Двигун	M7	M7	AO4	
Двигун	M8	M8	AO5	
Клапан	KL1		AO6	
Клапан	KL2		AO7	

Таблиця 5.2 – Змінні, які використані для роботи програми

Змінні		
Назва змінної	Тип змінної	Призначення
pusk	BOOL	Запуск процесу
pid1	PID	Функціональний блок «ПІД-регулятор»
pid2	PID	Функціональний блок «ПІД-регулятор»
pid3	PID	Функціональний блок «ПІД-регулятор»
pid4	PID	Функціональний блок «ПІД-регулятор»
pid5	PID	Функціональний блок «ПІД-регулятор»
y_man	REAL	Ручне налаштування значення швидкості
y_man1	REAL	Ручне налаштування значення швидкості
y_man2	REAL	Ручне налаштування значення швидкості
y_man3	REAL	Ручне налаштування значення швидкості
y_man4	REAL	Ручне налаштування значення швидкості
t1	TP	Функціональний блок «Таймер»
skorost	REAL	Швидкість обертання двигуна
skorost1	REAL	Швидкість обертання двигуна
skorost2	REAL	Швидкість обертання двигуна
skorost3	REAL	Швидкість обертання двигуна
skorost4	REAL	Швидкість обертання двигуна
man	BOOL	Кнопка ручного управління M3

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

man1	BOOL	Кнопка ручного управління М8
man2	BOOL	Кнопка ручного управління М4
man3	BOOL	Кнопка ручного управління М6
man4	BOOL	Кнопка ручного управління М7
M1	BOOL	Вмикання двигуна М1
M2	BOOL	Вмикання двигуна М2
M3	BOOL	Вмикання двигуна М3
M4	BOOL	Вмикання двигуна М4
M5	BOOL	Вмикання двигуна М5
M6	BOOL	Вмикання двигуна М6
M7	BOOL	Вмикання двигуна М7
M8	BOOL	Вмикання двигуна М8
TE2	INT	Термометр опору
TE9	INT	Термометр опору
nasos1	BOOL	Насос 1
nasos2	BOOL	Насос 2
KL1	BOOL	Клапан 1 положення 1
KL12	BOOL	Клапан 1 положення 2
KL2	BOOL	Клапан 2 положення 1
KL22	BOOL	Клапан 2 положення 2
K13	BOOL	Клапан 1,2 візуалізація
FE	BOOL	Витратомір
stop	BOOL	Припинення процесу
avariya	BOOL	Припинення процесу

Опис програми керування для ПЛК

Програма керування системою кондиціонування (рисунок 5.2) має такий вигляд:

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

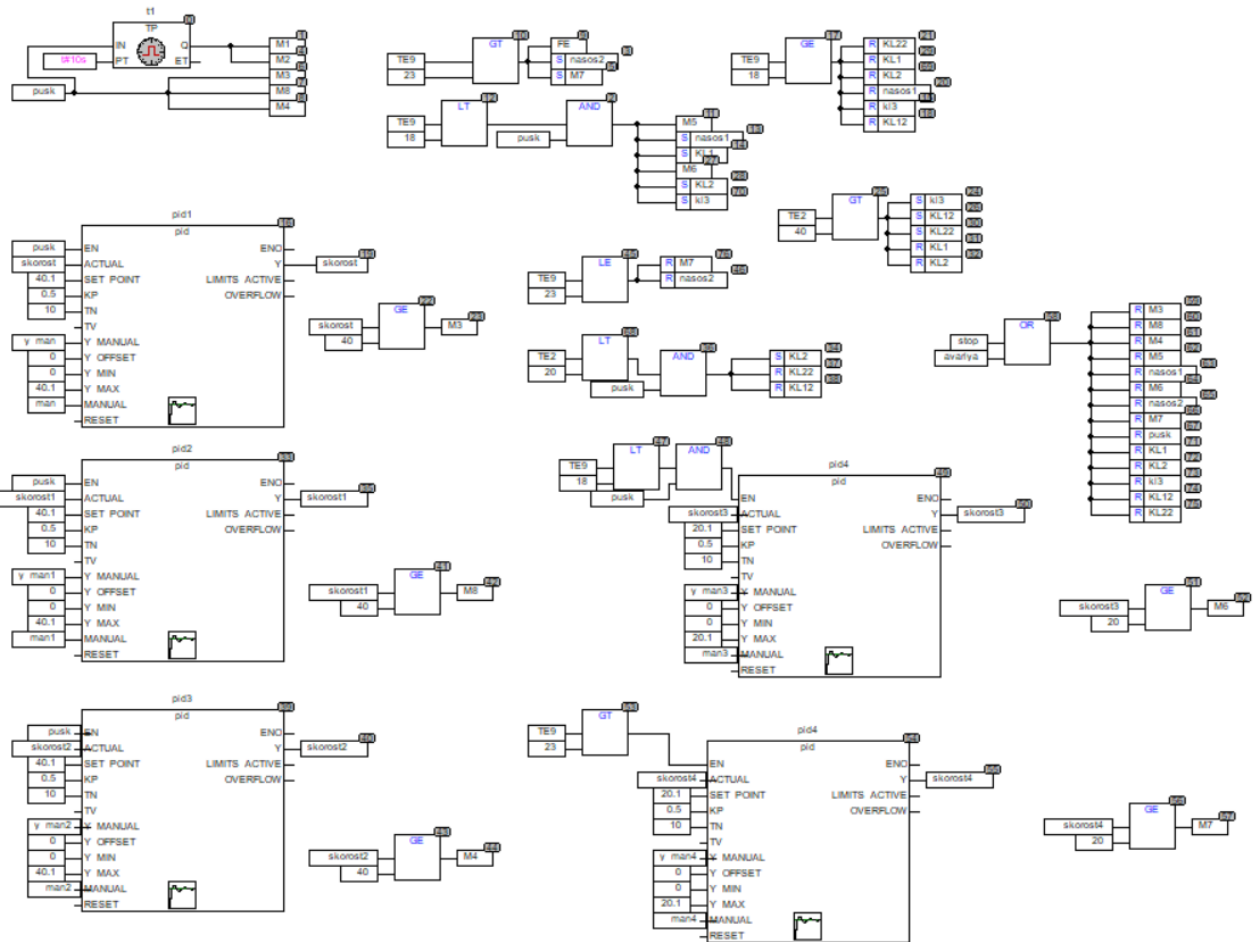


Рисунок 5.2 – Зовнішній вигляд програми

Розберемо програму детальніше. При натисканні кнопки «ПУСК», при умові що кнопка стоп не натиснута, сигнал подається на таймер «ТР» (див. рисунок 5.3), з якого сигнал йде на двигуни М1, М2 які відкривають заслінки для надходження повітря в систему.

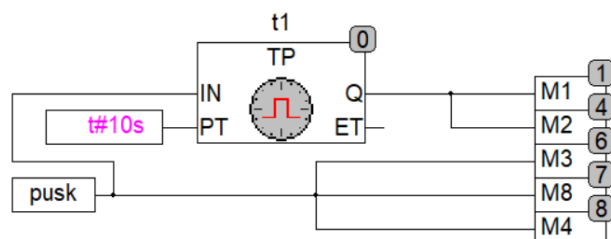


Рисунок 5.3 – Зовнішній вигляд програмної реалізації запуску програми

Також при натисканні кнопки «ПУСК» сигнал подається на ввімкнення двигунів М3, М4, М8. Двигуни М3, М8 запускають припливний та витяжний вентилятори і двигун М4 крутить барабан роторного рекуператора (див. рисунок 4.4). Потім сигнал йде на 3 функціональних блоки «PID» призначених для регулювання швидкості двигунів.

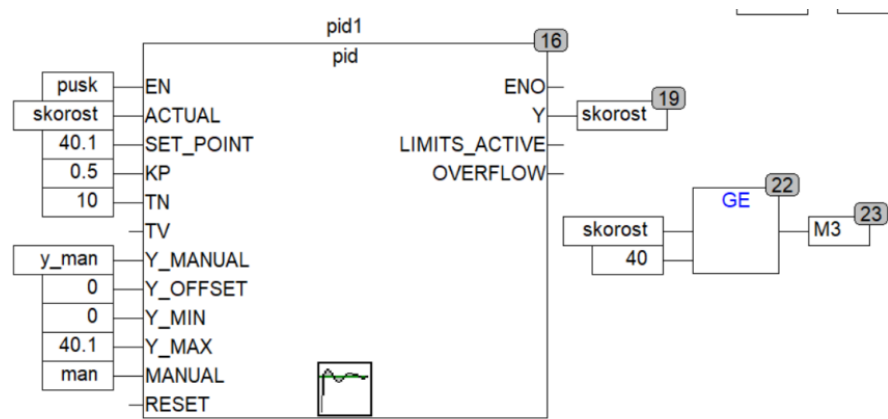


Рисунок 5.4 – Зовнішній вигляд програмної реалізації автоматичного регулювання швидкості двигунів

В «PID» входять такі змінні: skorost – значення в реальному часі, y\_man – введення значення змінної, man – перемикач в ручний режим. Швидкість двигунів синхронізується із значенням заданої швидкості, тому через функціональний блок «GE» швидкість двигуна порівнюється із заданим значенням і при його досяганні двигун, буде притримуватись цього значення.

Також можна перейти у ручний режим регулювання швидкості двигуна за допомогою змінної man, та встановити швидкість за допомогою змінної y\_man.

За допомогою термометра опору «TE9» вимірюється температура в приміщенні. Через функціональний блок «LT» порівнюється значення температури і якщо воно менше 18 °C то сигнал подається на функціональний блок «AND» і при умові, що натиснута кнопка «ПУСК» подається сигнал на двигун М5, М6, вмикається насос 1, відкривається клапан 1 для подачі гарячої води, клапан 2 для зливу води (рисунок 5.5).

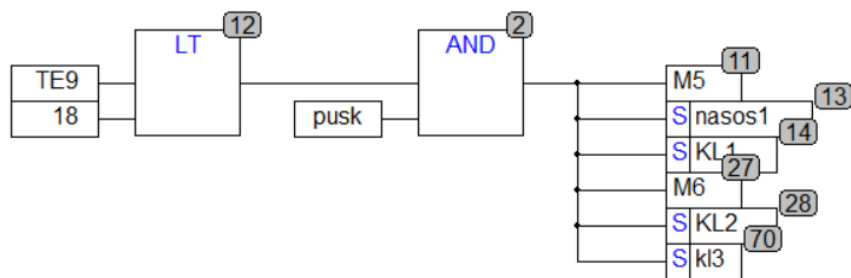


Рисунок 5.5 – Зовнішній вигляд програмної реалізації порівняння температури із заданим значенням

Через функціональний блок «LT» порівнюється значення температури і якщо воно менше 18 °С то сигнал подається на функціональний блок «AND» і при умові, що натиснута кнопка «ПУСК» подається сигнал на ввімкнення функціонального блоку «PID» який призначений для регулювання швидкості двигуна (рисунок 5.6).

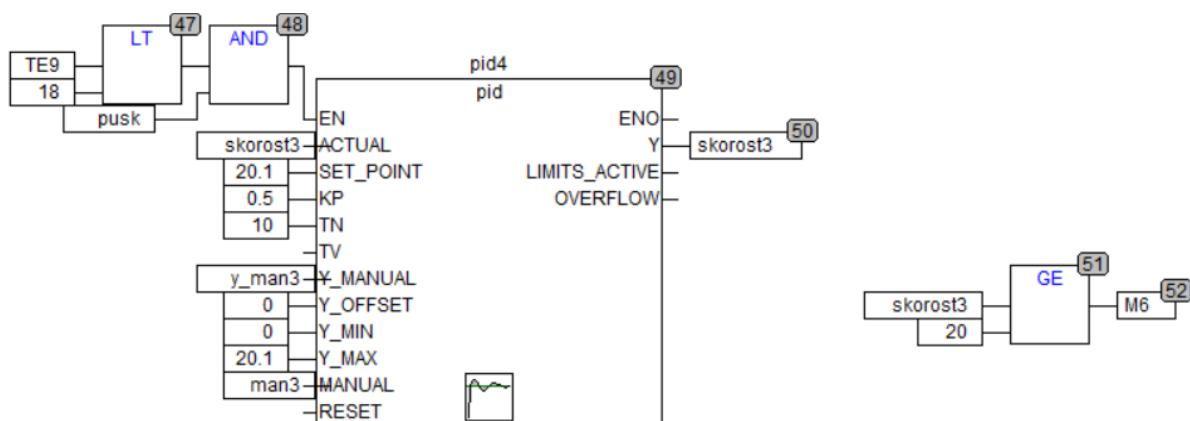


Рисунок 5.6 – Зовнішній вигляд програмної реалізації автоматичного регулювання швидкості двигунів

В «PID» входять такі змінні: skorost3 – значення в реальному часі, y\_man3 – введення значення змінної, man3 – перемикач в ручний режим. Швидкість двигунів синхронізується із значенням заданої швидкості, тому через функціональний блок «GE» швидкість двигуна порівнюється із заданим значенням і при його досягнанні двигун, буде притримуватись цього значення.

Також можна перейти у ручний режим регулювання швидкості двигуна за допомогою змінної  $map$ , та встановити швидкість за допомогою змінної  $u\_map$ .

За допомогою термометра опору «TE2» вимірюється температура в трубопроводі. Через функціональний блок «GT» (див. рисунок 5.7) порівнюється значення температури і якщо воно більше  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  то сигнал подається на ввімкнення режиму 1.2 та 2.2 у клапанах 1,2 і закриваються режими 1.1 та 2.1.

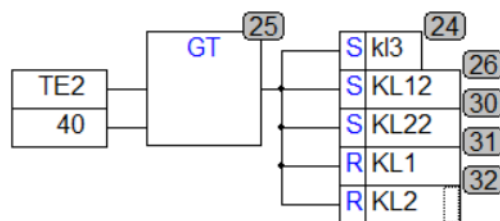


Рисунок 5.7 – Зовнішній вигляд програмної реалізації порівняння температури із заданим значенням

Через функціональний блок «LT» порівнюється значення температури і якщо воно менше  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  то сигнал подається на функціональний блок «AND» (див. рисунок 5.8) і при умові, що натиснута кнопка «ПУСК» подається сигнал на відкриття клапану 2 режим 1 на зливання води та закриття режимів 1.2 та 2.2 на клапанах.

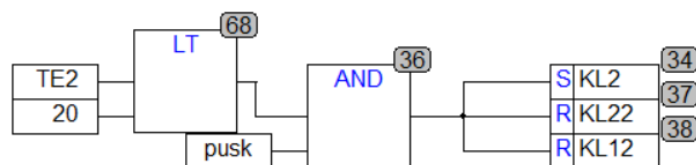


Рисунок 5.8 – Зовнішній вигляд програмної реалізації порівняння температури із заданим значенням

Через функціональний блок «GE» (див. рисунок 4.9) порівнюється значення температури і якщо воно більше  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  то сигнал подається на вимкнення насосу 1 всіх режимів клапанів 1,2.

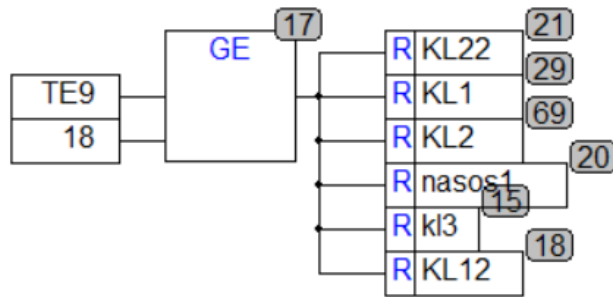


Рисунок 5.9 – Зовнішній вигляд програмної реалізації порівняння температури із заданим значенням

Через функціональний блок «GT» порівнюється значення температури і якщо воно більше 23 °С то сигнал подається на ввімкнення двигуна M7 і насосу 2 які здійснюють подачу фреону при проходженні якого через витратомір він вмикається (див. рисунок 5.10).

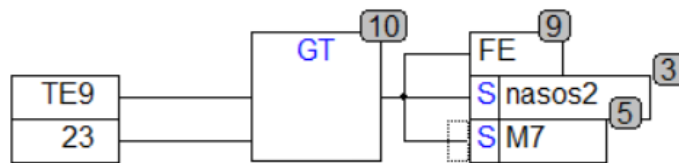


Рисунок 5.10 – Зовнішній вигляд програмної реалізації порівняння температури із заданим значенням

Через функціональний блок «GT» порівнюється значення температури і якщо воно більше 23 °С то сигнал подається на ввімкнення функціонального блоку «PID» який призначений для регулювання швидкості двигуна (див. рисунок 5.11).

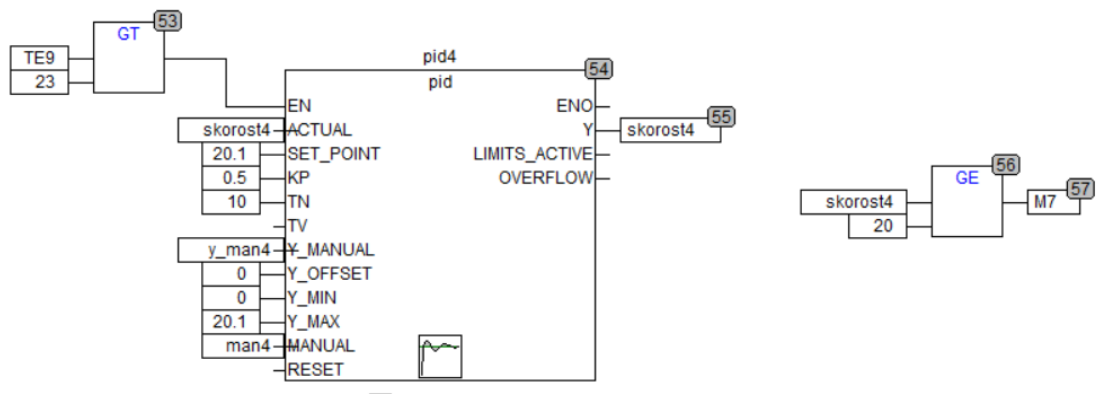


Рисунок 5.11 – Зовнішній вигляд програмної реалізації автоматичного регулювання швидкості двигунів

В «PID» входять такі змінні: skorost4 – значення в реальному часі, y\_man4 – введення значення змінної, man4 – перемикання в ручний режим. Швидкість двигунів синхронізується із значенням заданої швидкості, тому через функціональний блок «GE» швидкість двигуна порівнюється із заданим значенням і при його досяганні двигун, буде притримуватись цього значення. Також можна перейти у ручний режим регулювання швидкості двигуна за допомогою змінної man, та встановити швидкість за допомогою змінної y\_man.

Через функціональний блок «LE» (див. рисунок 5.12) порівнюється значення температури і якщо воно менше 23 °C то сигнал подається на вимкнення двигуна M7 і насосу 2.

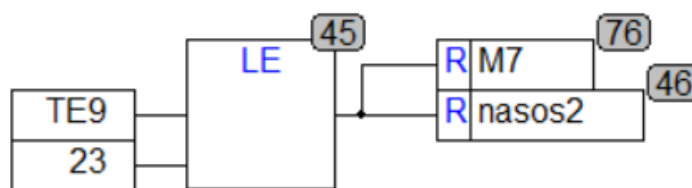


Рисунок 5.12 – Зовнішній вигляд програмної реалізації порівняння температури із заданим значенням

При натисканні кнопки «СТОП» або «АВАРІЯ» сигнал проходить через функціональний блок «OR» (див. рисунок 5.13), при якому може бути натиснута люба з цих кнопок, і сигнал надходить на вимкнення всіх приладів в системі кондиціювання.

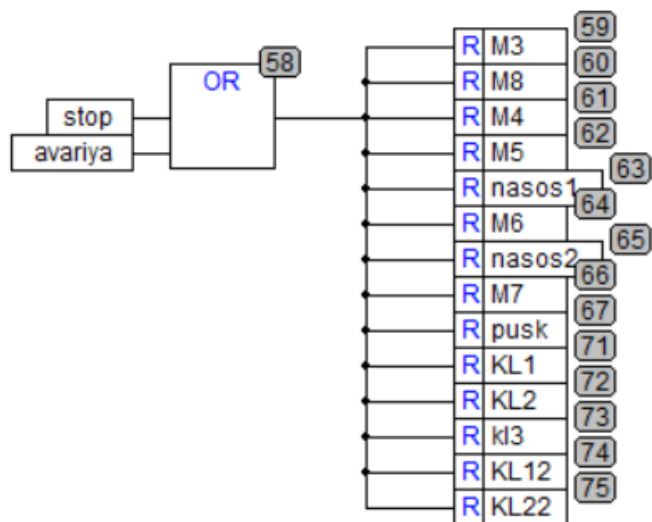


Рисунок 5.13 – Зовнішній вигляд програмної реалізації завершення виконання програми

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## 6. Розробка людино-машинного інтерфейса оператора технолога.

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

Таблиця 6.1 – Відомість вхідних/вихідних сигналів ПЛК150

Джерело сигналу	Назва змінної	Позначення на СА		Адреса
Вхідні сигнали				
Кнопка «ПУСК»	pusk	SB1	DI1	
Кнопка «СТОП»	stop	SB2	DI2	
Кнопка «АВАРІЯ»	avariya	SB3	DI3	
Кнопка «Ручная М3»	man	SB4	DI4	
Кнопка «Ручная М4»	man1	SB5	DI5	
Кнопка «Ручная М6»	man2	SB6	DI6	
Кнопка «Ручная М7»	man3	SB7	DI7	
Кнопка «Ручная М8»	man4	SB8	DI8	
Диференційний манометр	PDE1	PDE1	AI1	
Диференційний манометр	PDE2	PDE2	AI2	
Вхідні сигнали				
Диференційний манометр	PDE3	PDE3	AI3	
Диференційний манометр	PDE4	PDE4	AI4	
Термометр опору	TE2	TE2	AI5	
Термометр опору	TE9	TE9	AI6	
Витратомір	FE	FE	AI7	

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Рибаков В.С.			Літ.	Арк.	Акрушів
Керівник		Кл менко О.				70	16
Зав кафедри		Смітюх Я.В.			<b>НУХТ АК-3-1ск</b>		
Секретар ЕК		Проскурка Є.С.					

Продовження таблиці 6.1

Джерело сигналу	Назва змінної	Позначення на СА		Адреса
Двигун	M4	M4	AO2	
Двигун	M5	M5	DO3	
Двигун	M6	M6	AO3	
Двигун	M1	M1	DO1	
Двигун	M7	M7	AO4	
Двигун	M8	M8	AO5	
Клапан	KL1		AO6	
Клапан	KL2		AO7	

Таблиця 6.2 – Змінні, які використані для роботи програми

Змінні		
Назва змінної	Тип змінної	Призначення
pusk	BOOL	Запуск процесу
pid1	PID	Функціональний блок «ПІД-регулятор»
pid2	PID	Функціональний блок «ПІД-регулятор»
pid3	PID	Функціональний блок «ПІД-регулятор»
pid4	PID	Функціональний блок «ПІД-регулятор»
pid5	PID	Функціональний блок «ПІД-регулятор»
y_man	REAL	Ручне налаштування значення швидкості
y_man1	REAL	Ручне налаштування значення швидкості
y_man2	REAL	Ручне налаштування значення швидкості
y_man3	REAL	Ручне налаштування значення швидкості
y_man4	REAL	Ручне налаштування значення швидкості
t1	TP	Функціональний блок «Таймер»
skorost	REAL	Швидкість обертання двигуна

Продовження таблиці 6.2

Змінні		
Назва змінної	Тип змінної	Призначення
skorost1	REAL	Швидкість обертання двигуна
skorost2	REAL	Швидкість обертання двигуна
skorost3	REAL	Швидкість обертання двигуна
skorost4	REAL	Швидкість обертання двигуна
man	BOOL	Кнопка ручного управління М3
man1	BOOL	Кнопка ручного управління М8
man2	BOOL	Кнопка ручного управління М4
man3	BOOL	Кнопка ручного управління М6
man4	BOOL	Кнопка ручного управління М7
M1	BOOL	Вмикання двигуна М1
M2	BOOL	Вмикання двигуна М2
M3	BOOL	Вмикання двигуна М3
M4	BOOL	Вмикання двигуна М4
M5	BOOL	Вмикання двигуна М5
M6	BOOL	Вмикання двигуна М6
M7	BOOL	Вмикання двигуна М7
M8	BOOL	Вмикання двигуна М8
TE2	INT	Термометр опору
TE9	INT	Термометр опору
nasos1	BOOL	Насос 1
nasos2	BOOL	Насос 2
KL1	BOOL	Клапан 1 положення 1
KL12	BOOL	Клапан 1 положення 2
KL2	BOOL	Клапан 2 положення 1
KL22	BOOL	Клапан 2 положення 2

Продовження таблиці 6.2

Змінні		
Назва змінної	Тип змінної	Призначення
K13	BOOL	Клапан 1,2 візуалізація
FE	BOOL	Витратомір
stop	BOOL	Припинення процесу
avariya	BOOL	Припинення процесу

## 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Щоб візуалізувати прикладні завдання, спостерігати і змінювати дані програмованого в CoDeSys контролера, не потрібні ніякі додаткові інструменти. Система програмування містить вбудований редактор візуалізації. Паралельно розробці програми користувач може створювати форми візуалізації безпосередньо в CoDeSys.

Візуалізація призначена для графічного представлення об'єкта управління і безпосередньо пов'язана з створеної в CoDeSys програмою контролера. Редактор візуалізації CoDeSys надає набір готових графічних елементів, які можуть бути пов'язані відповідним чином з змінними проекту. У Online режимі подання елементів на екрані змінюється в залежності від значень змінних.

У Online режимі подання елементів на екрані змінюється в залежності від значень змінних. [30]

Візуалізація роботи програми зображено на рисунку 6.1

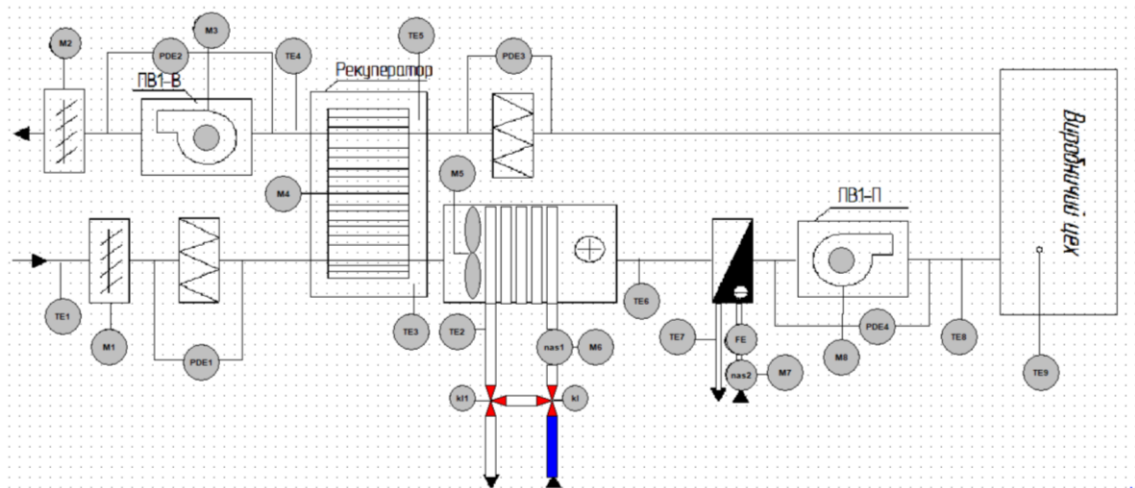


Рисунок 6.1 – Візуалізація роботи програми

На візуалізації видно: двигуни M1, M2, для відкриття заслінок, що працюють 10сек, які позначаємо кружком сірого кольору, а при його ввімкненні колір змінюється на зелений (див. рисунок 6.2). Для цього використано кружечок з зміною кольору, меню конфігурації зображено на рисунку 6.3.

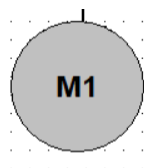


Рисунок 6.2 – Зовнішній вигляд індикатора роботи двигуна

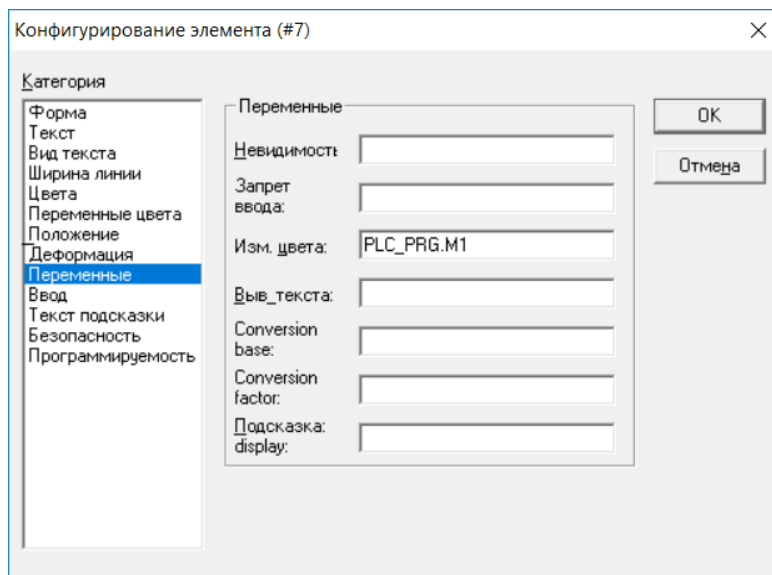


Рисунок 6.3 – Меню конфігурації індикатора роботи двигуна

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Двигуни М3, М4, М8, для запуску вентиляторів, позначаємо кружками сірого кольору, а при його ввімкненні колір змінюється на зелений (див. рисунок 6.4), меню конфігурації зображено на рисунку 6.5.

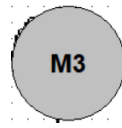


Рисунок 6.4 – Зовнішній вигляд індикатора роботи двигуна

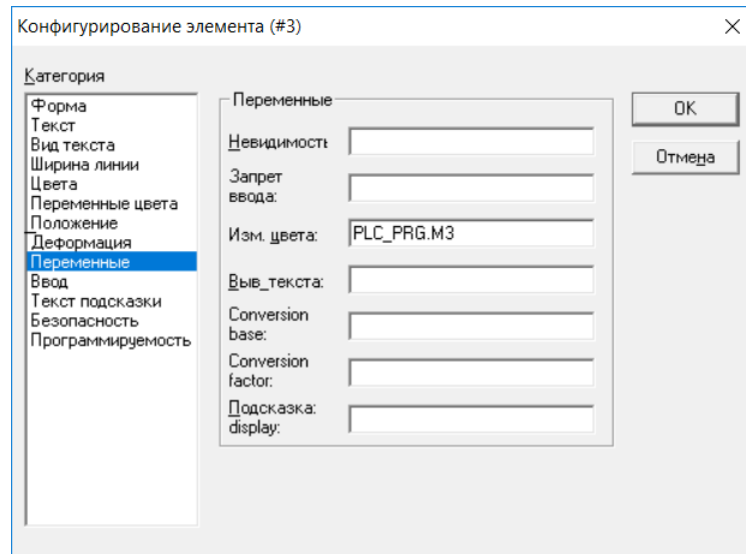


Рисунок 6.5 – Меню конфігурації індикатора роботи двигуна

Диференційні манометри PDE1, PDE2, PDE3, PDE4 позначаємо кружками сірого кольору (див. рисунок 6.6), коли вони працюють колір змінюється на зелений.



Рисунок 6.6 – Зовнішній вигляд індикатора роботи диференційного манометра

Меню конфігурації диференційного манометра зображено на рисунку 6.7.

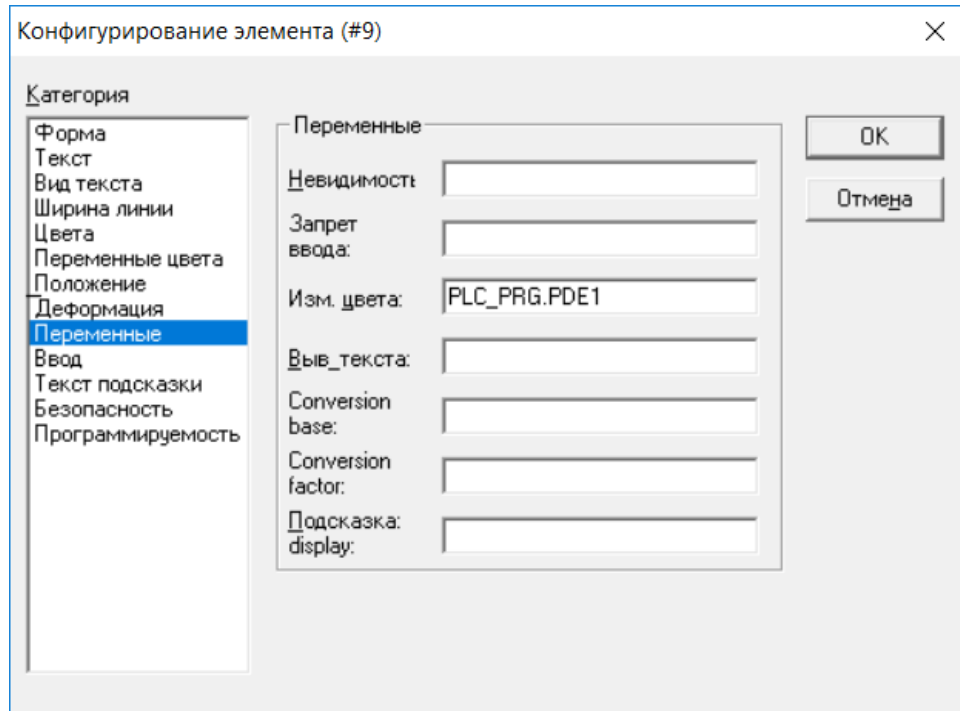


Рисунок 6.7 – Меню конфігурації індикатора роботи диференційного манометра

Двигун M5 призначений для запуску вентилятора, позначаємо кружком сірого кольору, він обертає лопасті самого вентилятора, які позначені двома овалами сірого кольору і при їх ввімкненні колір кружка та лопастей змінюється на зелений (див. рисунок 6.8).

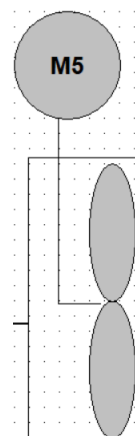


Рисунок 6.8 – Зовнішній вигляд індикатора роботи вентилятора

Меню конфігурації вентилятора зображено на рисунку 6.9.

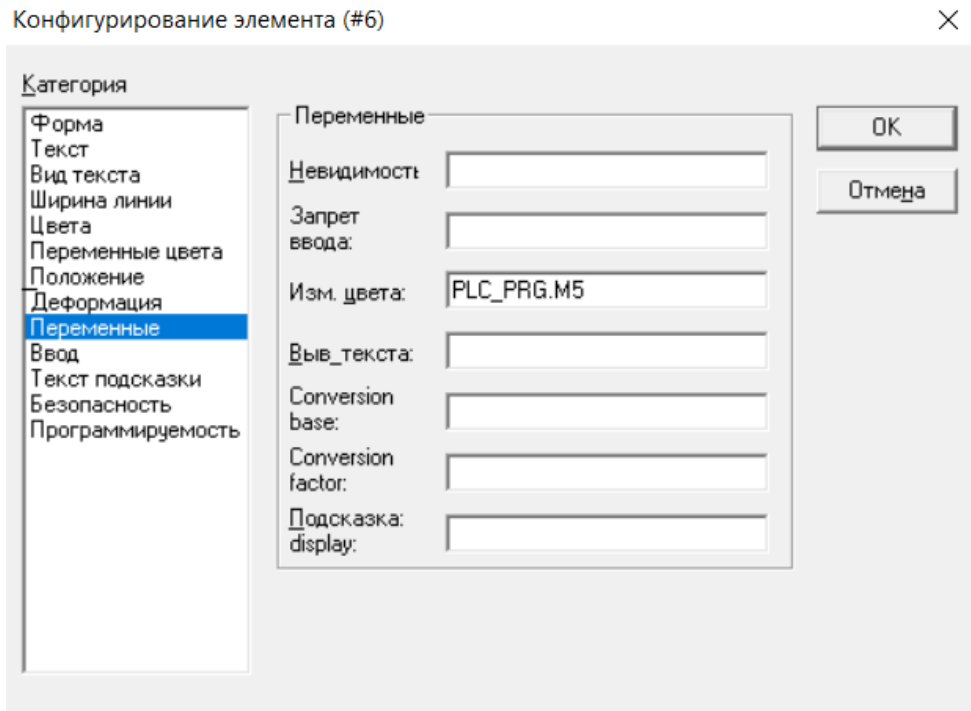


Рисунок 6.9 – Меню конфігурації індикатора роботи вентилятора

Триходові клапани позначені, як три з'єднаних трикутники червоного кольору і виконавчі механізми позначені кружками сірого кольору (див. рисунок 6.10), при ввімкненні яких колір змінюється на зелений.

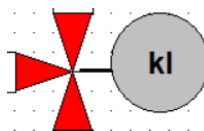


Рисунок 6.10 – Зовнішній вигляд індикатора роботи триходового клапану

Меню конфігурації триходового клапану зображено на рисунку 6.11

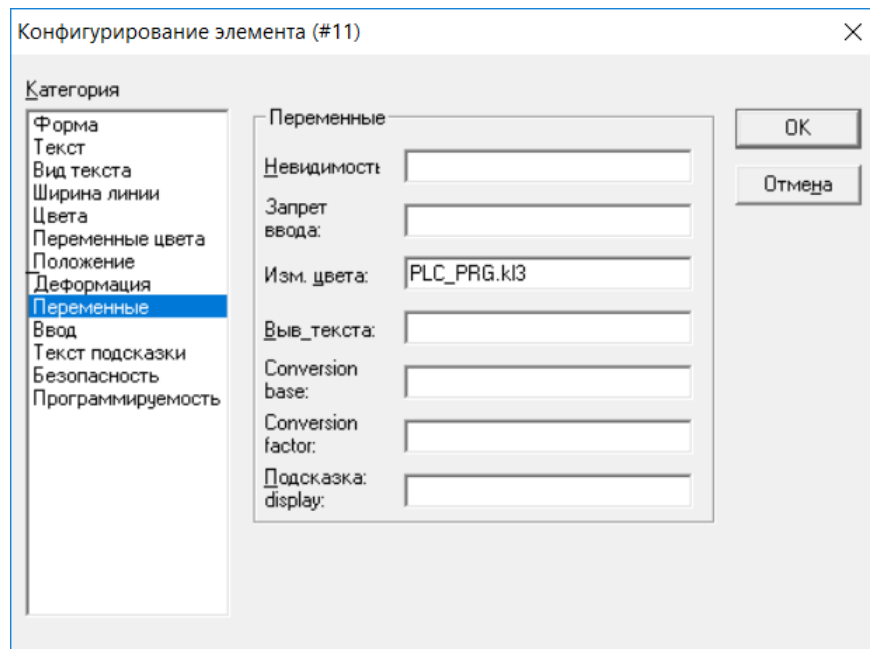


Рисунок 6.11 – Меню конфігурації індикатора роботи триходового клапану

Відкриваючи клапан вода рухається по трубопроводу який зображено у вигляді з'єднаних прямокутників білого кольору, при протіканні води через них колір трубопроводів змінюється на синій (див. рисунок 6.12).

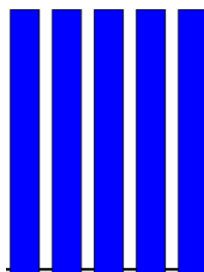


Рисунок 6.12 – Зовнішній вигляд індикатора роботи трубопроводу

Двигуни М6, М7 для запуску насосів, двигуни і насоси позначаємо кружками сірого кольору (див. рисунок 6.13), при їх ввімкненні колір змінюється на зелений.



Рисунок 6.13 – Зовнішній вигляд індикатора роботи насоса

Меню конфігурації насоса зображено на рисунку 6.14.

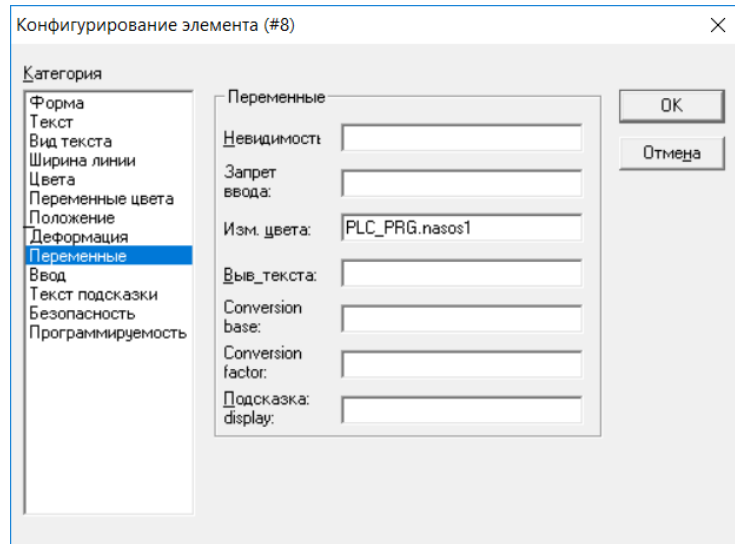


Рисунок 6.14 – Меню конфігурації індикатора роботи насоса

Термометри опору TE2, TE9 позначаються кружками сірого кольору, коли вони працюють колір змінюється на зелений (див. рисунок 6.15), які вимірюють температуру води в трубопроводі та повітря в приміщенні.

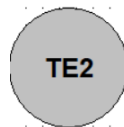


Рисунок 6.15 – Зовнішній вигляд індикатора роботи термометра опору

Меню конфігурації термометра опору зображено на рисунку 6.16.

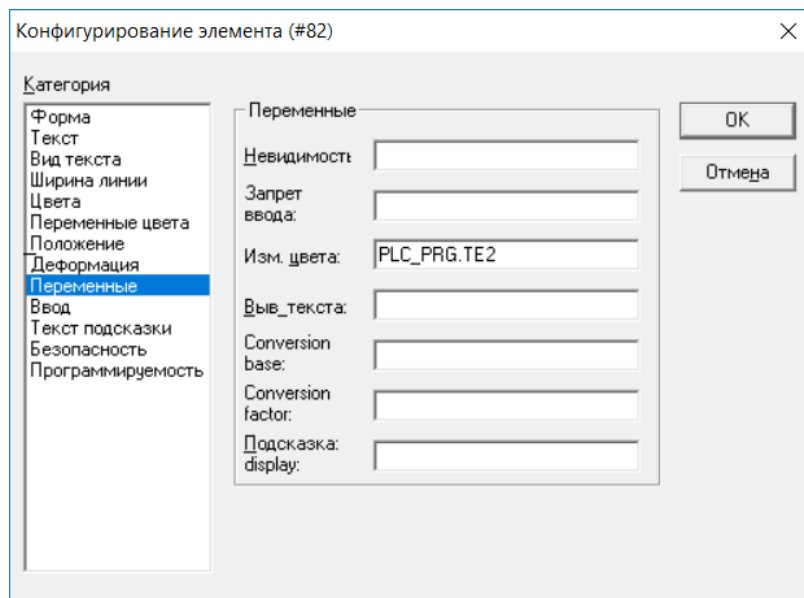


Рисунок 6.16 – Меню конфігурації індикатора роботи термометра опору

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Для управління процесом та індикацією певних показників використовується «Панель оператора» виконана з прямокутника жовтого кольору, яка зображена на рисунку 6.17

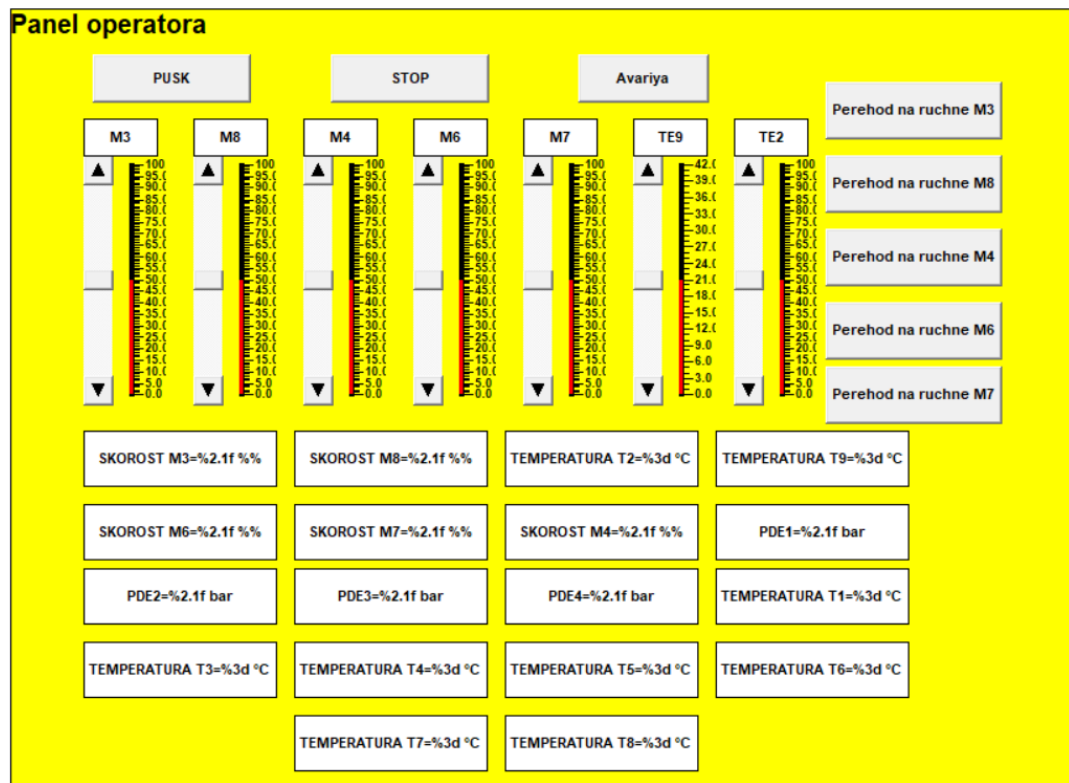


Рисунок 6.17 – Зовнішній вигляд панелі оператора

Кнопки ПУСК, СТОП, АВАРІЯ розташовані на панелі оператора, які позначені прямокутниками сірого кольору, при натисканні яких подається сигнал на ввімкнення/вимкнення системи кондиціонування (див. рисунок 6.18).



Рисунок 6.18 – Зовнішній вигляд кнопки «ПУСК», «СТОП» і «АВАРІЯ»

Меню конфігурації кнопки зображено на рисунку 6.19

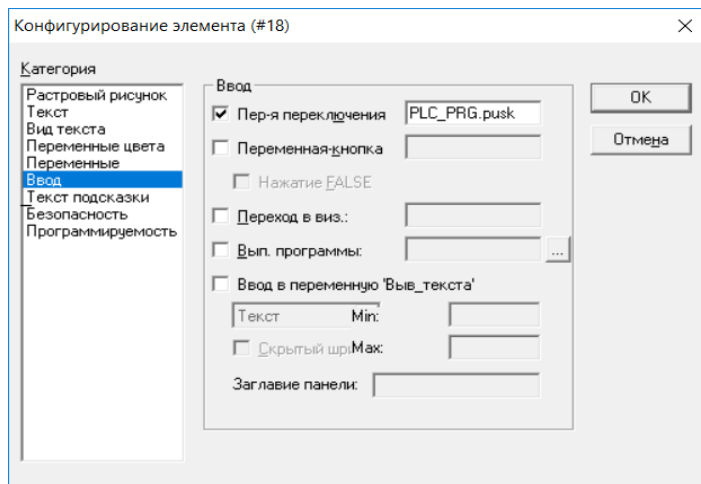


Рисунок 6.19 – Меню конфігурації кнопки

Значення із термометрів опору показується в градусах Цельсія (°C) на панелі оператора в прямокутниках білого кольору (див. рисунок 6.20), а меню налаштування індикатора зображено на рисунку 6.21.

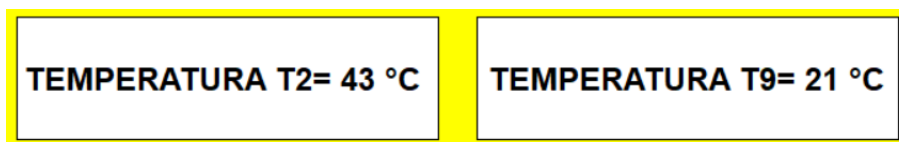


Рисунок 6.20 – Зовнішній вигляд індикації температури

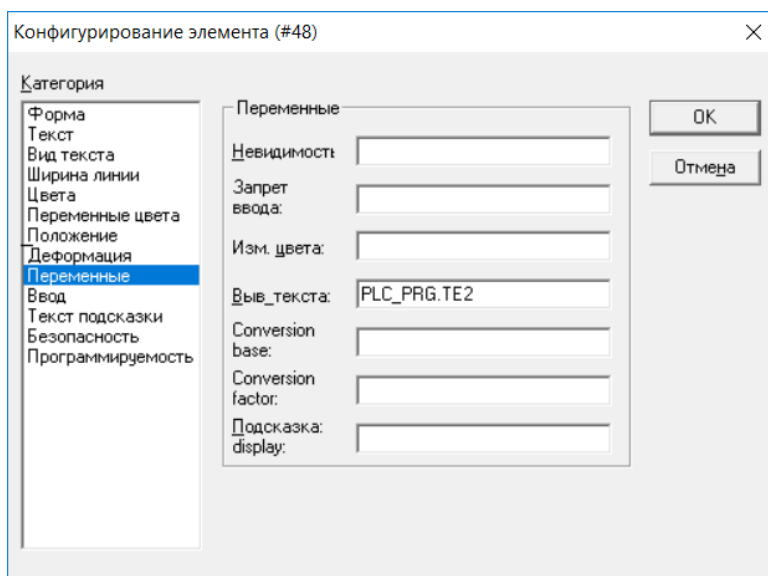


Рисунок 6.21 – Меню конфігурації індикатора температури

Регулювати температуру на візуалізації можна за допомогою повзунків, які розташовані на панелі оператора. В ручну можна задавати температуру,

регулювання відбувається по шкалі збоку від повзунків (див. рисунок 6.22), меню конфігурації елементів зображено на рисунках 6.23 та 6.24.

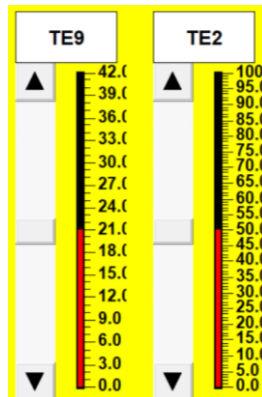


Рисунок 6.22 – Зовнішній вигляд повзунка та шкали для регулювання температури

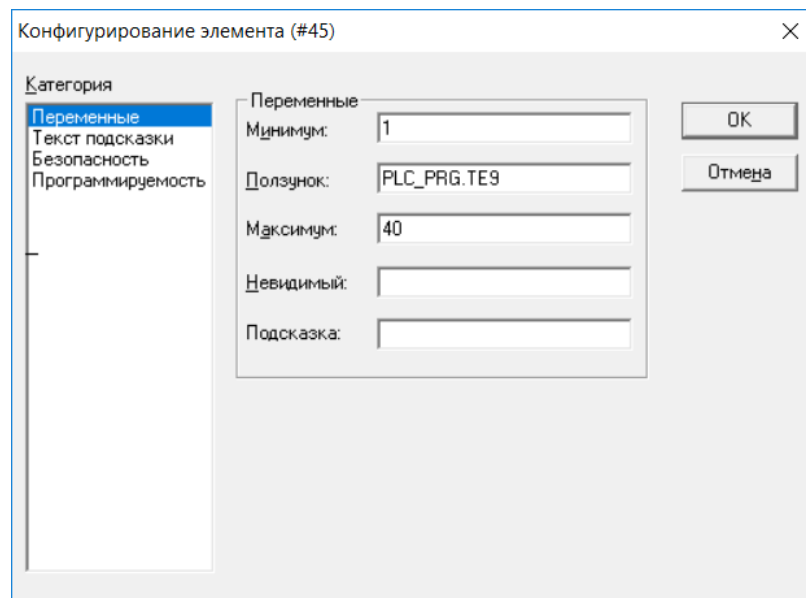


Рисунок 6.23 – Меню конфігурації повзунка

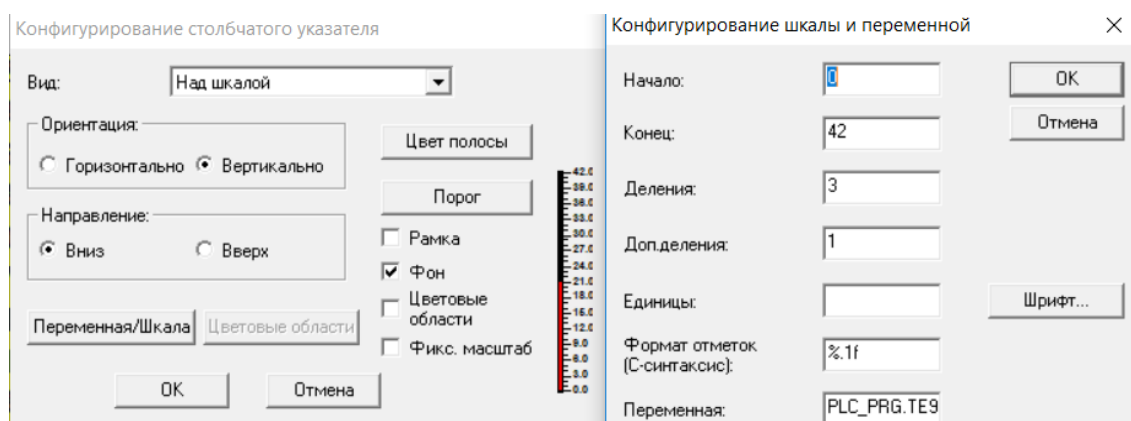


Рисунок 6.24 – Меню конфігурації шкали

Диференційні манометри вимірюють різницю тисків і значення показується в барах на панелі оператора у прямокутниках білого кольору (див. рисунок 5.25), а меню налаштування індикатора зображено на рисунку 5.26.

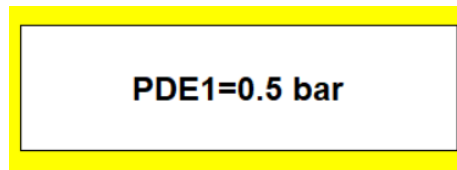


Рисунок 6.25 – Зовнішній вигляд індикації різниці тисків

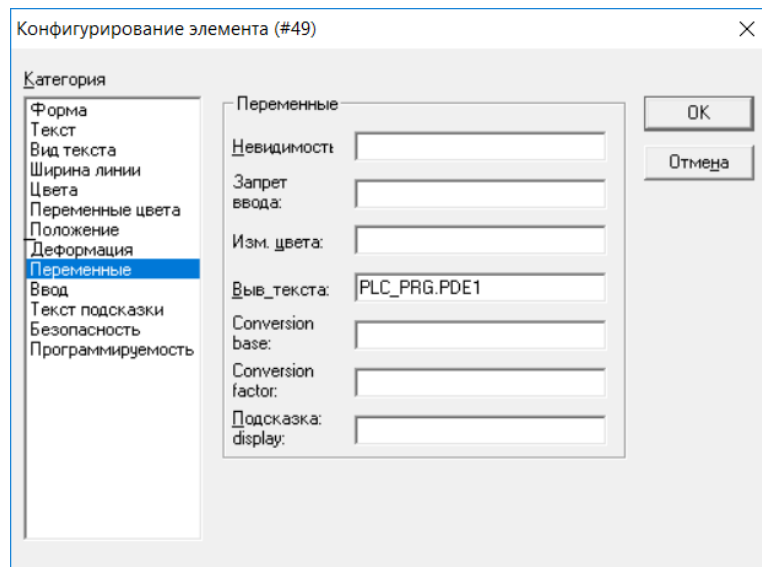


Рисунок 6.26 – Меню конфігурації індикатору різниці тисків

Швидкість двигунів показується на панелі оператора прямокутниками білого кольору зі знаком "%" (див рисунок 6.27). Кнопки переходу на ручне управління швидкістю двигунів (див. рисунок 6.29), розташовані на панелі оператора, що показуються прямокутниками сірого кольору при натисненні яких замикаються контакти і можна в ручну за допомогою повзунків (див. рисунок 6.31) регулювати швидкість обертання двигунів, а їх меню налаштування зображено на рисунках 6.28, 6.30, 6.32 та 6.33.

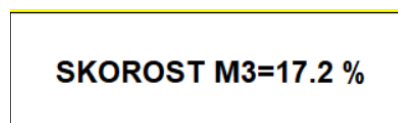


Рисунок 6.27 – Зовнішній вигляд індикації швидкості обертання двигуна

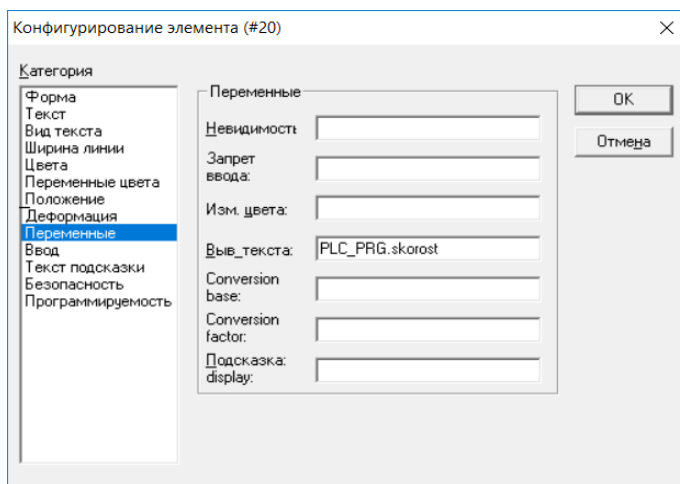


Рисунок 6.28 – Меню конфігурації індикатору швидкості обертання двигуна

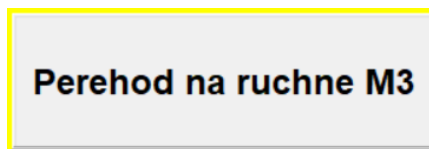


Рисунок 6.29 – Зовнішній вигляд кнопки переходу на ручне управління

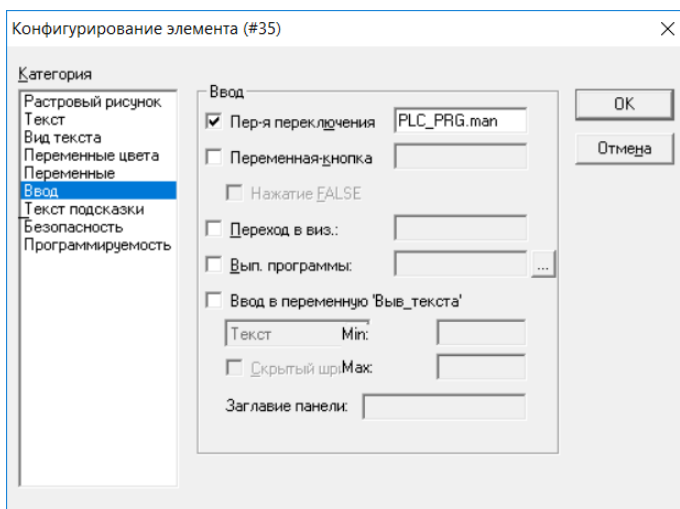


Рисунок 6.30 – Меню конфігурації кнопки

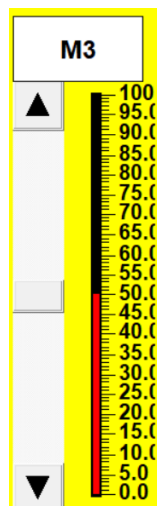


Рисунок 6.31 – Зовнішній вигляд повзунка та шкали для регулювання швидкості обертання двигуна

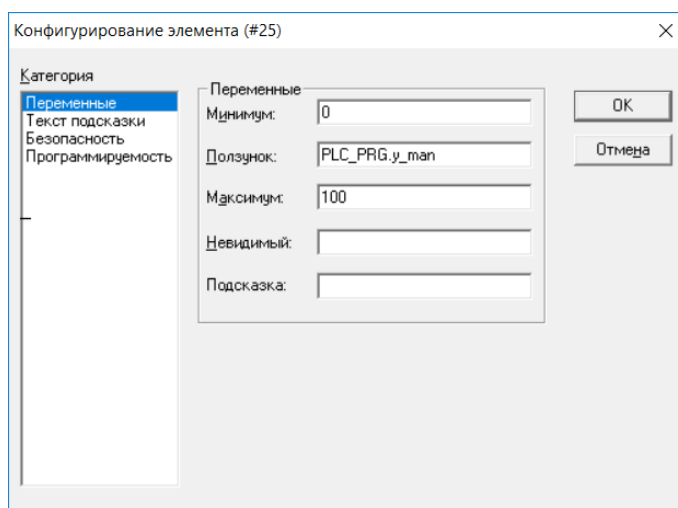


Рисунок 6.32 – Меню конфігурації повзунка

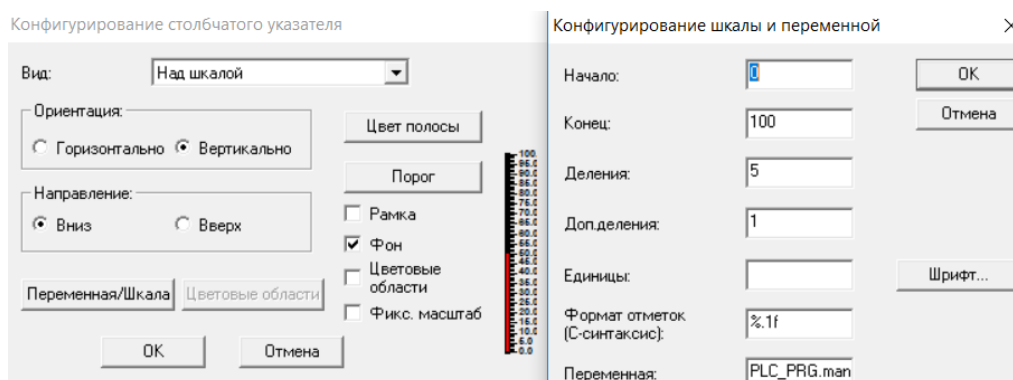


Рисунок 6.33 – Меню конфігурації шкали

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## Висновки

Розроблений проект системи керування кондиціонування повітря в умовах ТОВ ПП «Еконія» направлений на вдосконалення існуючих рішень.

Внаслідок вдосконалення системи керування кондиціонування повітря було підвищено рівень автоматизації за рахунок встановлення мікропроцесорного контролера ОВЕН ПЛК 150 для автоматичної обробки сигналів та керування системою кондиціонування повітря по розробленій програмі. Створено програмне забезпечення для комфортної та швидкої роботи системи при мінімальному втручанні оператора. Використання сучасних технологічних засобів значно збільшує швидкість та якість протікання процесу, що є необхідним для підприємства. Для зручності на персональний комп'ютер за яким працює оператор встановлено режим візуалізації, яка показує роботу системи кондиціонування.

Вдосконалена система керування кондиціонування повітря відповідає вимогам якості, надійності та сучасності.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

## Список використаної літератури

1. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К. : Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.
2. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Архангельська К.С., Власенко Л.О.— К.: НУХТ, 2014. —274 с.
3. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навчальний посібник / В.Г. Трегуб. — К. : Видавництво Ліра-К, 2014. — 344 с.
4. Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: навчальний посібник / В. Г. Трегуб.— К.: НУХТ, 2006 – 139 с.
5. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій [Текст]: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с.
6. Системний аналіз складних систем управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. – К., НУХТ, 2013. – 276 с.
7. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.1 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2004. – 184 с.
8. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.2 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2005. – 115 с.
9. Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, О.П. Лобок, А.П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2007.–160 с.
10. Автоматизоване управління технологічними процесами. Конспект лекцій до вивчення дисципліни для студентів спеціальності 6.08040 „Інформаційні управляючі системи та технології” напряму підготовки 0804 “Комп'ютерні науки” ден. та заоч. форм навчання/ Уклад.: І.В.Ельперін, С.М.Швед – К: НУХТ, 2007. – 71 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Луцька Н.М. Оптимальні та робасні системи керування технологічними об'єктами : монографія / Н.М.Луцька, А.П.Ладанюк. – К. : Видавництво Ліра-К, 2015. – 288 с.
12. Ельперін І.В. Промислові контролери [Текст]: навчальний посібник / І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2003. – 320 с.
13. Пупена О.М. Контролери та їх програмне забезпечення. Курс лекцій для студ. напр. 6.50202 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" денної та заочної форм навчання. Частина 3. / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2011. – 48 с.
14. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах [Текст]: навчальний посібник / А.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. – К.: Вид-во «Ліра-К», 2011. – 552 с.
15. Пупена О.М. Програмування промислових контролерів у середовищі UNITY PRO [Текст]: Навч. посібник / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: Видавництво Ліра – К, 2013. – 376 с.
16. Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології: курс лекцій для студ. напрямку 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання. / О.М. Пупена. – К.: НУХТ, 2011. – 67 с.
17. Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування) : монографія / А.П.Ладанюк, Заєць Н.А., Л.О.Власенко. – К. : Видавництво Ліра-К, 2016. – 312 с.
18. Трегуб В.Г. Автоматизація об'єктів періодичної дії: підручник / В.Г. Трегуб. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2017. – 136 с.
19. Інноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об'єктами агропромислового комплексу [Текст]: монографія / А.П. Ладанюк, В.М. Решетюк, В.Д. Кишенько, Я.В. Смітюх. – Київ: Центр учбової літератури, 2014. – 280 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

20. Innovative energy-saving technologies in biotechnological objects control / A. Chochowski, I. Chernyshenko, V. Kozyrskyi, V. Kyshenko, A. Ladaniuk, V. Lysenko, V. Reshetiuk, I. Smitiukh, V. Shtepa, V. Shcherbatiuk. - K.: Tsentr Uchbovovii Literatury, 2014.- 240 p.
21. Сучасні методи автоматизації технологічних об'єктів [Текст] : монографія / А.П. Ладанюк, О.А. Ладанюк, Р.О. Бойко, В.В. Іващук, Д.О. Кроніковський, Д.А. Шумигай. – К.: Інтер Логістик Україна, 2015. – 408 с.
22. Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування) [Текст]: монографія / А.П. Ладанюк, Н.А Заєць, Л.О. Власенко. - К.: Видавництво Ліра-К, 2016. – 312с.
23. Методи сучасної теорії управління [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Н.М. Луцька, В.В. Іващук.– К.: НУХТ, 2010. – 196 с.
24. Системний аналіз складних систем управління [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. - К.: НУХТ, 2013. – 274 с.
25. Системний аналіз складних систем управління. Практикум. [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2014. – 157 с. (№37.49 - 02.07.2014)
26. Методи сучасної теорії управління [Текст] : підручник / А.П. Ладанюк Н.М. Луцька, В.Д. Кишенько, Л.О. Власенко, В.В. Іващук. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 368 с.
27. Ладанюк А.П. Методологія наукових досліджень [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко, В.Д. Кишенько. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 352 с.
28. Пупена О. М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro [Текст]: навчальний посібник / О. М. Пупена, І. В. Ельперін. — Київ : Ліра-К, 2015. — 376 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

29. Сценарний підхід при автоматизації технологічних процесів [Текст]: монографія / Я.В. Смітюх, А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Б.М. Гончаренко . – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019. – 173 с. – ISBN: 978-613-9-87035-6
30. Оптимізація процесів переробки сільськогосподарської сировини [Текст]: монографія / В.О. Мірошник В.О., М.А. Гачковська, В.Д.Кишенько, О.В. Грабовська.– К.:ЦП “Компринт”, 2019.– 479 с.
31. Кишенько В. Д. Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації [Текст]: конспект лекцій для студ. спец. 6.092500 "Автоматизовані системи управління технологічними процесами", 6.092500 "Комп'ютерно- інтегровані процеси та виробництва" напряму 0925 ден. та заоч. форм навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2007. — 102 с.
32. Кишенько В. Д. Інтелектуальні системи [Текст]: конспект лекцій для студ. спец. 6.092500 "Автоматизовані системи управління технологічними", 6.092500 "Комп'ютерно-інтегровані процеси та виробництва" напряму 0925 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" ден. та заоч. форм навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2008. — 133 с.
33. Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи. Практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник / В. Д. Кишенько, Ю. О. Самойленко, Я. В. Смітюх. – Київ : НУХТ, 2017. — 67 с.
34. Кишенько В.Д. Моделювання систем [Електронний ресурс]: конспект лекцій для студ. освіт. ступ. "Магістр" спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" спеціал. "Автоматизація та інтелектуальні системи керування технологічними комплексами" ден. форми навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2016. — 205 с.
35. Романов М.С. Синергетичні основи сталого інноваційного розвитку харчової промисловості [Текст]: концептуальний підхід, наукове видання / М.С. Романов. – К.: НУХТ, 2019. – 71 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		