

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

**Факультет** Автоматизації і комп'ютерних систем

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

управління ім. проф. А.П. Ладанюка

**«До захисту в ЕК»**

Декан факультету

\_\_\_\_\_ Андрій ФОРСЮК

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«12» червня 2025 р.

**«До захисту допущено»**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Ярослав СМІТЮХ

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«12» червня 2025 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

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

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

на тему: Розробка системи автоматизації процесу дистиляції на спиртовому заводі

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

\_\_\_\_\_ ПІНЧУК Глеб Леонідович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ КИРИЧУК Сергій Андрійович

(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 \_\_\_\_\_

Микола КОСТИКОВ

(ім'я та прізвище)

(підпис)

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

Здобувач \_\_\_\_\_

(підпис)

Київ – 2025 р.

# Національний університет харчових технологій

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

ім. проф. А.П. Ладанюка

Освітній ступінь «Бакалавр»

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

зав. кафедри АКТСУ

ім. проф. А.П. Ладанюка

Ярослав СМІТЮХ

«28» квітня 2025 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Пінчук Глеб Леонідович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка системи автоматизації процесу дистиляції на спиртовому заводі

керівник роботи ст. викл. КИРИЧУК Сергій Андрійович

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

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

2. Строк подання здобувачем роботи «12» червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи

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

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

Вступ. 1. Опис об'єкта автоматизації. 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації. 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації. 2. Система автоматизації. 2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО). 2.2. Схема автоматизації. 2.3. Специфікація засобів автоматизації. 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення.

3.1. Проєктне компонування промислового логічного контролера (ПЛК). 3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру. 4. Креслення встановлення технічного засобу. 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК). 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога. 6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI. 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.

5. Перелік графічного матеріалу

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

3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 28 квітня 2025 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач Глеб ПІНЧУК

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник роботи Сергій КИРИЧУК

\_\_\_\_\_ (підпис)

## Анотація

В кваліфікаційній роботі приводиться опис розробки системи автоматизації процесу виготовлення спирту сирцю в брагоперегінному апараті.

Система автоматизації процесу виготовлення спирту сирцю розроблялася з використанням промислового логічного контролера М340 від виробника Schneider Electric. Детально розглянуто принципи монтажу технічного засобу автоматизації – датчик температури Endress+Hauser Omnigrad M TR15.

Дисплейна мнемосхема для автоматизованого робочого місця оператора розроблена використанням програмного забезпечення Vijeo Citect 7.20.

Розроблене програмне забезпечення для автоматизованої роботи логічного контролера з використанням програмного забезпечення Unity Pro XL.

В кваліфікаційній роботі також наведено налаштування ПІ-регулятора для процесу регулювання температури дистиляції в бражній колоні допомогою комп'ютерного моделювання.

**Ключові слова:** спирт, дистиляція, автоматизація, М340, Endress+Hauser Omnigrad M TR15, Unity Pro XL.

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

## Annotation

This qualification work presents the development of an automation system for the process of producing raw alcohol (spirits) using a distillation column.

The automation system for the raw alcohol production process was developed using the M340 programmable logic controller (PLC) from Schneider Electric. The principles of installation of the automation hardware component — the Endress+Hauser Omnigrad M TR15 temperature sensor — are described in detail.

A display mimic diagram for the operator's automated workstation was developed using Vijeo Citect 7.20 software.

The control software for the automated operation of the logic controller was developed using Unity Pro XL software.

The qualification work also presents the tuning of the PI-controller for the temperature control process in the distillation column, performed using computer simulation.

**Keywords:** alcohol, distillation, automation, M340, Endress+Hauser Omnigrad M TR15, Unity Pro XL.

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

## Зміст

<b>Вступ</b> .....	7
<b>Розділ 1.</b> Опис об'єкта автоматизації.....	8
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.....	8
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.....	15
<b>Розділ 2.</b> Система автоматизації.....	21
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО).....	21
2.2. Схема автоматизації.....	38
2.3. Специфікація засобів автоматизації.....	40
<b>Розділ 3.</b> Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення.....	41
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК).....	41
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	50
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру.....	51
<b>Розділ 4.</b> Креслення встановлення технічних засобів.....	54
<b>Розділ 5.</b> Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК).....	57
<b>Розділ 6.</b> Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога.....	68
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	68
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	71
<b>Висновки</b> .....	73
<b>Список використаної літератури</b> .....	74

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

## Вступ

Для теми дистиляція спирту у виробництві я обрав автоматизацію брого перегонного апарату, він відповідає за створення спирту сирцю. Виробництво цього спирту є одним з основних етапів у технологічному процесі отримання чистого спирту ректифікату, або для використання на інших хімічних виробництвах. Від якості спирту-сирцю значною мірою залежить кінцевий результат. Я обрав для процесу дистиляції саме брагоперегінний апарат, який працює за принципом розділення компонентів збродженої браги за температурою кипіння, де спиртові пари відокремлюються від води та домішок.

Одноколонні брагоперегінні установки є поширеними в невеликих та середніх виробництвах завдяки їхній конструктивній простоті, енергоефективності та достатній продуктивності. Проте для стабільного та якісного процесу необхідно точно контролювати температурні, тискові та витратні параметри. Похибки в регулюванні призводять до зниження концентрації спирту, втрат сировини та перевитрати енергії.

У зв'язку з цим автоматизація технологічного процесу набуває особливого значення. Сучасні автоматизовані системи управління дозволяють безперервно моніторити ключові показники, оперативно регулювати подачу пари, охолоджувальної води, браги та інші параметри. Це знижує вплив людського чинника, підвищує точність і повторюваність процесу, сприяє зменшенню витрат та стабілізації якості спирту-сирцю.

Актуальність теми зумовлена потребою впровадження сучасних технічних рішень у традиційні галузі харчової промисловості. Автоматизація брагоперегінного апарата є важливим кроком до підвищення ефективності та економічності спиртового виробництва, що повністю відповідає вимогам сучасного ринку та екологічним стандартам.

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

## Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації

### 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації

Одноколонний брагоперегінний апарат – це промислове обладнання для відділення етилового спирту з бражного (зернового) затору методом дистиляції. Він призначений для безперервного очищення забраженого розчину: під час випаровування браги утворюються пари, збагачені спиртом, які після конденсації утворюють сирець спирту необхідної міцності. Отриманий продукт називають сирим спиртом (не менше 88–90% об.) – основу для подальшого очищення і виробництва харчового спирту. Таким чином, призначення апарата – ефективно виділення етилового спирту з браги, виведення домішок і забезпечення стабільної якості спирту-сирцю.

Брагоперегінний апарат складається зі сталеві вертикальної колони, де відбувається дистиляція, та допоміжних теплообмінників – дефлегматора і холодильника. **Колона** поділена на два функціональних відсіки: нижню – бражну (зону випарювання), де з браги паром відділяється спирт, і верхню – спиртову (зону укріплення), де пари додатково насичуються за рахунок повторного кип'ятіння на тарілках. Циліндрична колона містить декілька (зазвичай 14–16) тарілок з отворами, через які пар піднімається вгору, а брага омиває їх зверху, що забезпечує ефективний теплообмін.

**Дефлегматор** – трубчастий теплообмінник, у якому згортаються найтяжчі фракції парів; через його трубки безперервно проходить нагріта брага, а над ними надходять пари спирту з верхньої частини колони. Це дозволяє частково охолодити пари і повернути конденсат (ректифікат) назад у колонну.

					Кваліфікаційна робота		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Пінчук Г. Л.			Розробка системи автоматизації процесу дистиляції на спиртовому заводі		
Керівник		Киричук С. А.				8	9
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-1	
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.					

**Холодильник-конденсатор** – також трубчастий, де надлишкові пароподібні пари остаточно охолоджуються холодною водою і переходять у рідину. У більшості конструкцій половина холодильника – оболонково-трубчастого типу, інша – гвинтовий змієвик у водяному баку, що підвищує ефективність конденсації. Крім того, апарат оснащений насосами (для подачі браги), регуляторами потоку барди (відпрацьованого залишку) та контрольно-вимірювальними приладами для забезпечення стабільної роботи.



Рис. 1.1. Зовнішній вигляд брагоперегонного апарата

Одноколонна конструкція має низку переваг порівняно з іншими типами дистиляційного обладнання:

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

**Висока продуктивність та безперервна робота.** Колонні апарати розраховані на безперервний режим, що дозволяє стабільно подавати брагу зверху і виділяти спирт із постійною швидкістю. Такі апарати відомі високою ефективністю фракційного розділення: у колоні одночасно здійснюються багаторазові переперегонки пари, що підвищує чистоту і міцність кінцевого продукту.

**Висока міцність спирту.** Завдяки багаторазовому контактному процесу пари з рідиною колонний апарат дає значно вищу міцність спирту за один перегін, ніж традиційні кубові (самогонні) апарати. Це означає більше товарного спирту з одиниці сировини і менші витрати на повторну переробку.

**Краща якість продукту.** Ефективне осадження летких домішок (сухопарні, головні фракції) гарантує, що отриманий спирт-сирець містить менше побічних сполук. Колонна схема забезпечує поступове виділення домішок на тарілках, що знижує потрапляння небажаних фракцій у кінцевий продукт.

**Простота конструкції та експлуатації.** Порівняно з багатоколонними ректифікаційними системами, одноколонний апарат має менше елементів і клапанів. Це робить його дешевшим у виготовленні та легшим у технічному обслуговуванні. Одноколонну установку простіше змонтувати і інтегрувати на малих і середніх спиртових заводах.

Сучасні технології спиртового виробництва вимагають високого рівня автоматизації для забезпечення ефективності і якості. Повне впровадження систем АСУ ТП (автоматизованих систем управління технологічним процесом) на спиртових заводах дозволяє значно підвищити продуктивність і стабільність виробництва. Завдяки автоматичному регулюванню параметрів (температури, тиску, витрати пари тощо) зменшуються втрати тепла та електроенергії – за сучасними оцінками це може дати економію до 20–25% електроенергії і до 5–10% теплової.

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

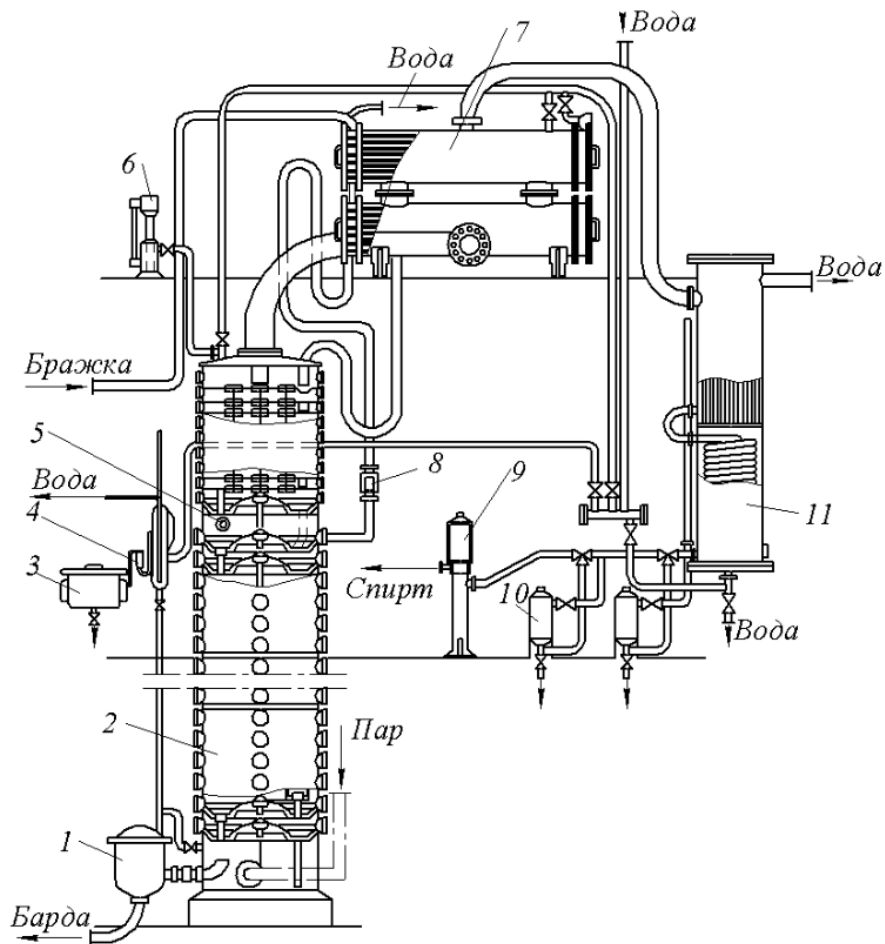


Рис 1.2. Схема брагоперегонного апарата

**1. Поплавковий бардорегулятор** — автоматичний регулятор рівня, що забезпечує безперервне відведення відпрацьованої барди (спитої бражки) з нижньої частини колони. Поплавковий механізм підтримує оптимальний рівень рідини в колоні та запобігає її переповненню, відводячи барду до збірника.

**2. Бражна колона** — вертикальний апарат, в якому відбувається випаровування етилового спирту з бражки та часткова його ректифікація. У нижній (бражній) секції колони бражка підігрівається введеним паром і віддає спирт у парову фазу, а у верхній (спиртовій) секції спиртові пари контактують із флегмою, що стікає з дефлегматора, та збагачуються етиловим спиртом. Таким чином основна колона забезпечує розділення браги на спиртосодержаючі пари і відпрацьовану барду.

**3. Збірник конденсату (пробного холодильника)** — резервуар для збору конденсованої рідини, що утворюється в пробному холодильнику. Приймає конденсат пари відпрацьованої барди після її охолодження, запобігаючи втратам

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

спирту з бардою та дозволяючи контролювати склад відконденсованих залишків.

**4. Пробний холодильник** — невеликий теплообмінник (конденсатор), що відбирає та конденсує невелику частину парів відпрацьованої барди для аналізу. Використовується для контролю вмісту спирту у вихідній барді (щоб переконатися, що втрати спирту з бардою не перевищують допустимий рівень, ~0,015% об.).

**5. Термометр** — вимірювальний прилад, встановлений у верхній частині бражної колони для контролю температурного режиму процесу. Дозволяє оператору відстежувати температуру на верхніх тарілках колони, що важливо для стабільної роботи перегонки та досягнення потрібної якості спиртових парів.

**6. Гідравлічний затвор (запобіжник)** — пристрій безпеки у вигляді водяного затвора, що запобігає утворенню вакууму всередині колони. У випадку падіння тиску в апараті гідрозатвор пропускає повітря (або пару), стабілізуючи тиск і захищаючи колону від деформації чи зворотного засмокування рідини.

**7. Дефлегматор** — ректифікаційний теплообмінник у верхній частині колони, де частина спиртових парів конденсується і повертається назад у колону у вигляді флегми (рідини для зрошення тарілок). Дефлегматор також підігріває вхідну бражку, пропускаючи її через свої трубки та нагріваючи теплом конденсації спиртових парів. Таким чином він підвищує ефективність використання тепла і забезпечує повторне зрошення колони флегмою для підвищення концентрації спирту в парах.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

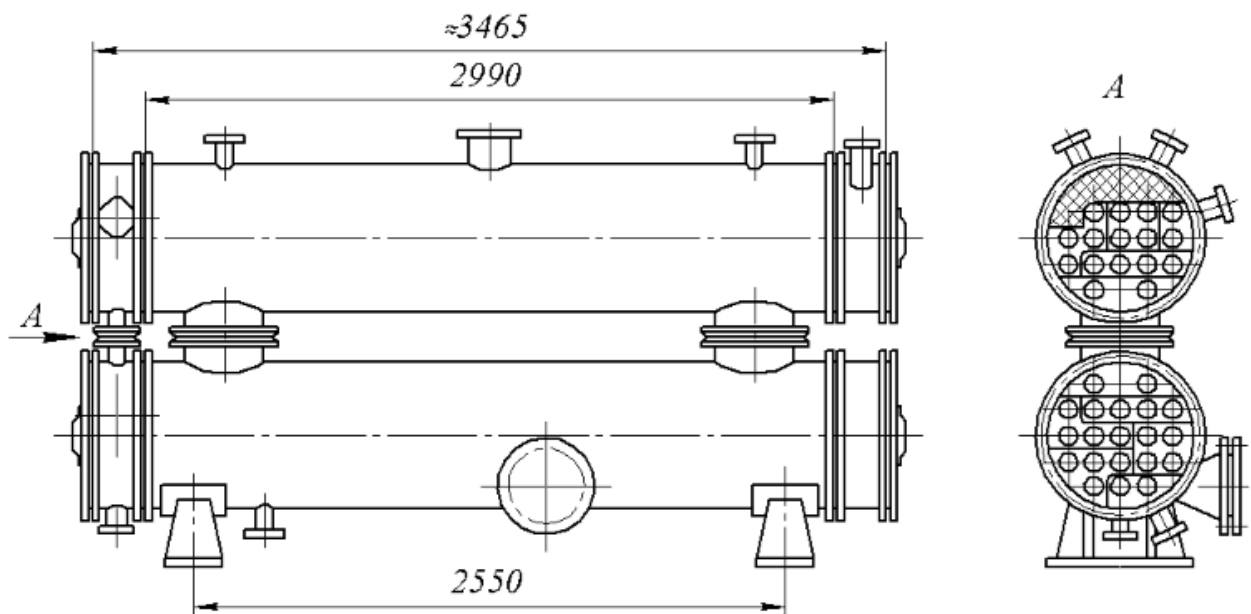


Рис 1.3. Схема дефлегматора

**8. Оглядовий ліхтар** (на лінії бражки) — оглядовий скляний вузол (діоптр) у трубопроводі подачі бражки до колони. Через цей прозорий елемент брага надходить на колону, що дає можливість візуально контролювати безперервність і стан потоку (наприклад, відсутність надмірного піноутворення) при вході бражки в апарат.

**9. Оглядовий ліхтар** (на виході спирту-сирцю) — оглядове скляне вікно на вихідній лінії сирцю, через яке можна спостерігати за потоком і якістю конденсованого спирту-сирцю. Дозволяє оператору бачити безперервність струменя продукту та вчасно помітити можливі домішки чи зміни прозорості дистилляту на виході конденсатора.

**10. Фільтр** — фільтруючий елемент у лінії відводу спирту-сирцю, який очищує конденований спирт від механічних домішок перед його направленням у збірники або на подальшу переробку. Забезпечує додаткове очищення сирцю після конденсації, покращуючи якість продукту та захищаючи обладнання (оглядові ліхтарі, ємності) від можливого засмічення.

**11. Холодильник спирту-сирцю (конденсатор)** — основний охолоджувач-конденсатор, де спиртові пари, що піднялися з колони та не були сконденсовані в дефлегматорі, повністю перетворюються на рідкий спирт-сирець. Цей апарат забезпечений двома зонами теплообміну: у верхній частині відбувається конденсація парів (виділяється тепло конденсації), а у нижній частині зі змійовиками спирт-сирець охолоджується до потрібної температури циркуляційною водою. Така конструкція гарантує ефективне конденсавання етанолу та відведення тепла, після чого охолоджений спирт-сирець направляється до приймальних ємностей.

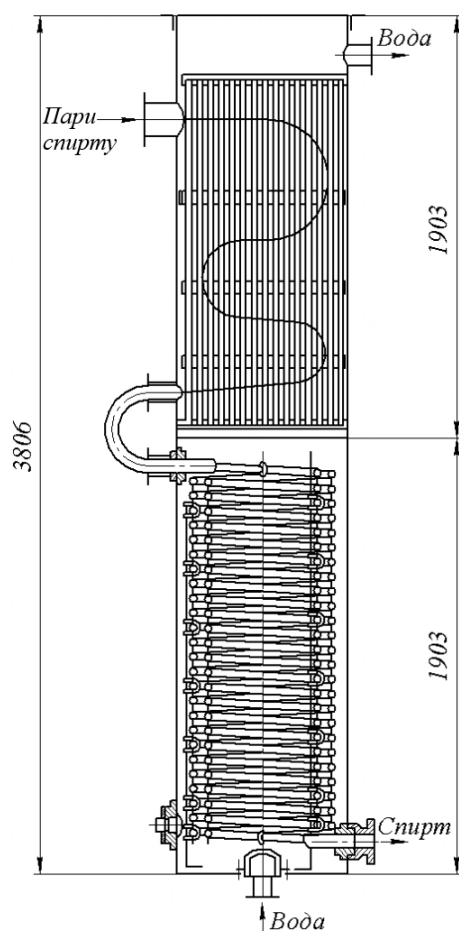


Рис 1.4. Схема холодильника

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

## 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації

№	Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Припустиме значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії	Додаткові умови
1	2	3	4	5	6	7	
1	Бражна частина колони	Питома витрата пари на розігрів бражки	16-22 кг	Управління	Показання, Сигналізація,	АРМ Оператора	
		Питома витрата пари	18-22 кг	Управління	показання, історія, сигналізація	АРМ Оператора	
		Температура підігрітої бражки на виході з дефлегматора	80-90 °С	Регулювання	Стабілізація	Вплив клапан подачі гарячої пари	
		Температура вверху колони	92-94 °С	Управління	Показання, Сигналізація	АРМ Оператора	
		Температура внизу колони	103-105 °С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі гарячої пари	
		Тиск внизу колони	12-18 кПа	Управління	показання, історія, сигналізація	АРМ Оператора	
		Тиск вверху колони	3-5 кПа	Управління	показання, історія	АРМ Оператора	
2	Спиртова частина колони	Температура вверху колони	78.5-79°С	Регулювання	Стабілізація	Вплив клапан подачі гарячої пари	

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

		Температура внизу колони	82-84°C	Управління	Показання, Сигналізація	АРМ Оператора	
		Питома витрата пари	6-10 кг	Управління	Показання, Сигналізація, стан	АРМ Оператора	
		Тиск внизу колони	12-18 кПа	Управління	показання, сигналізація	АРМ Оператора	
		Тиск вверху колони	3-5 кПа	Управління	показання, історія, сигналізація	АРМ Оператора	
3	Холодильник спирту	Температура спирту після холодильника	~20 °С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі холодної пари	
		Витрата холодної води	16-33 кг	Управління	показання, історія, сигналізація, стан	АРМ Оператора	

Таблиця 1.1 завдання на систему автоматизації

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



### Вимір температури

Датчик — це резистивний датчик температури (RTD), призначений для точних вимірювань температур у складних промислових умовах, таких як високі тиски й температури. Використовується в хімічній та енергетичній промисловостях. Складається із зонда із захисною термогільзою з нержавіючої сталі або спеціального сплаву, корпусу з перетворювачем сигналу (4...20 мА, HART®, PROFIBUS-PA®). Вимірювальний елемент — платиновий чутливий резистор Pt100, що забезпечує високу точність у діапазоні від -200 до 600°C. Монтується зварним або фланцевим з'єднанням, має клас захисту IP65–IP67. Датчик забезпечує надійність, точність і довговічність у складних експлуатаційних умовах.

Рис. 2.1. Вид датчика температури E+H Omnicard M TR15

### Властивості:

#### 1. Тип

Термометр опору (RTD)

#### 2. Вимірювальний елемент

Pt100, клас точності А або В (IEC 60751)

Доступний також у 2-, 3- або 4-провідному виконанні

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Пінчук Г.Л.			<i>Розробка системи автоматизації процесу дистиляції на спиртовому заводі</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Киричук С.А.					17	24
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			<i>НУХТ АК-4-1</i>			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

### 3. Діапазон вимірювання

Від  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+600\text{ }^{\circ}\text{C}$  (залежно від версії)

### 4. Корпус і матеріал

Матеріал занурювальної частини: нержавіюча сталь 316L або інші сплави (опціонально)

Матеріал захисної термогільзи: 1.4571 (AISI 316Ti) або Inconel® 600

Корпус головки: алюміній (порошкове покриття) або нержавіюча сталь

### 5. З'єднання з процесом

Різьбове, фланцеве, або зварне (DIN, ANSI, JIS)

### 6. Захисна гільза

Знімна або інтегрована

Товщина стінки та довжина гільзи залежить від замовлення

### 7. Довжина вставки (диплому)

Стандарт: від 50 мм до 1000 мм (інші довжини — за запитом)

### 8. Точність

Клас А:  $\pm(0.15 + 0.002*t)\text{ }^{\circ}\text{C}$

Клас В:  $\pm(0.30 + 0.005*t)\text{ }^{\circ}\text{C}$

### 9. Час відгуку

$t_{0.5} \approx 18\text{ с}$  (з захисною гільзою)

$t_{0.9} \approx 55\text{ с}$

### 10. Електричне з'єднання

Клемна коробка або вбудований перетворювач (4...20 мА, HART, PROFIBUS PA/DP, FOUNDATION Fieldbus)

11. Вихідний сигнал (для моделей з перетворювачем)

4...20 мА

HART®

PROFIBUS® PA

FOUNDATION™ Fieldbus

### 12. Клас захисту

IP65, IP66, IP67 (залежно від конфігурації)

### 13. Температура навколишнього середовища

Від  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$  (залежить від електроніки)

### 14. Експлуатаційний тиск

До 40 бар (залежно від термогільзи)

### 15. Сертифікація та відповідність

ATEX, IECEx, CSA, NEPSI (опціонально — для вибухозахищених зон)

Відповідає IEC 60751, NAMUR NE21/NE43, SIL (опція)

### 16. Монтаж

Вертикальний або горизонтальний

Підходить для важких умов (вібрації, агресивні середовища)

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

## Принцип вимірювання температури:

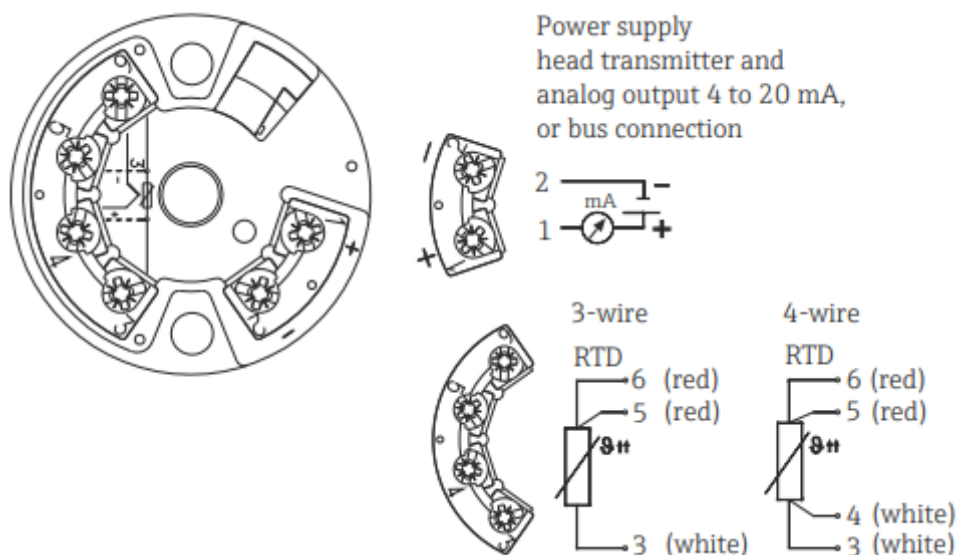


Рис. 2.2 Схема підключення E+H Omnicard M TR15

Термометр опоры з вимірювальним елементом Pt100 працює на основі властивості платини змінювати свій електричний опір залежно від температури. Стандартний опір елемента Pt100 при температурі 0 °C становить 100 Ом. У міру підвищення температури опір лінійно зростає, що дозволяє точно визначати температуру середовища, у якому знаходиться сенсор. Зміна опоры вимірюється за допомогою відповідного перетворювача та передається у вигляді аналогового сигналу. Датчики Pt100 доступні у кількох виконаннях: 2-, 3- та 4-провідному. Дводротове підключення є найпростішим, але воно має більшу похибку через опір з'єднувальних проводів. Тридротове підключення компенсує вплив довжини кабелю і є найбільш поширеним у промисловості. Чотиридротова схема забезпечує найвищу точність вимірювання, повністю нівелюючи вплив лінійного опоры. Згідно зі стандартом ІЕС 60751, елементи Pt100 випускаються з класами точності А та В. Клас А має меншу похибку ( $\pm 0,15 \text{ }^\circ\text{C} + 0,002 \times t$ ), ніж клас В ( $\pm 0,30 \text{ }^\circ\text{C} + 0,005 \times t$ ), де  $t$  — температура в  $^\circ\text{C}$ . Термометри опоры Pt100 застосовуються для точного вимірювання температури в діапазоні від  $-200 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $+600 \text{ }^\circ\text{C}$  у таких галузях, як харчова, хімічна промисловість, машинобудування та системи автоматизації.

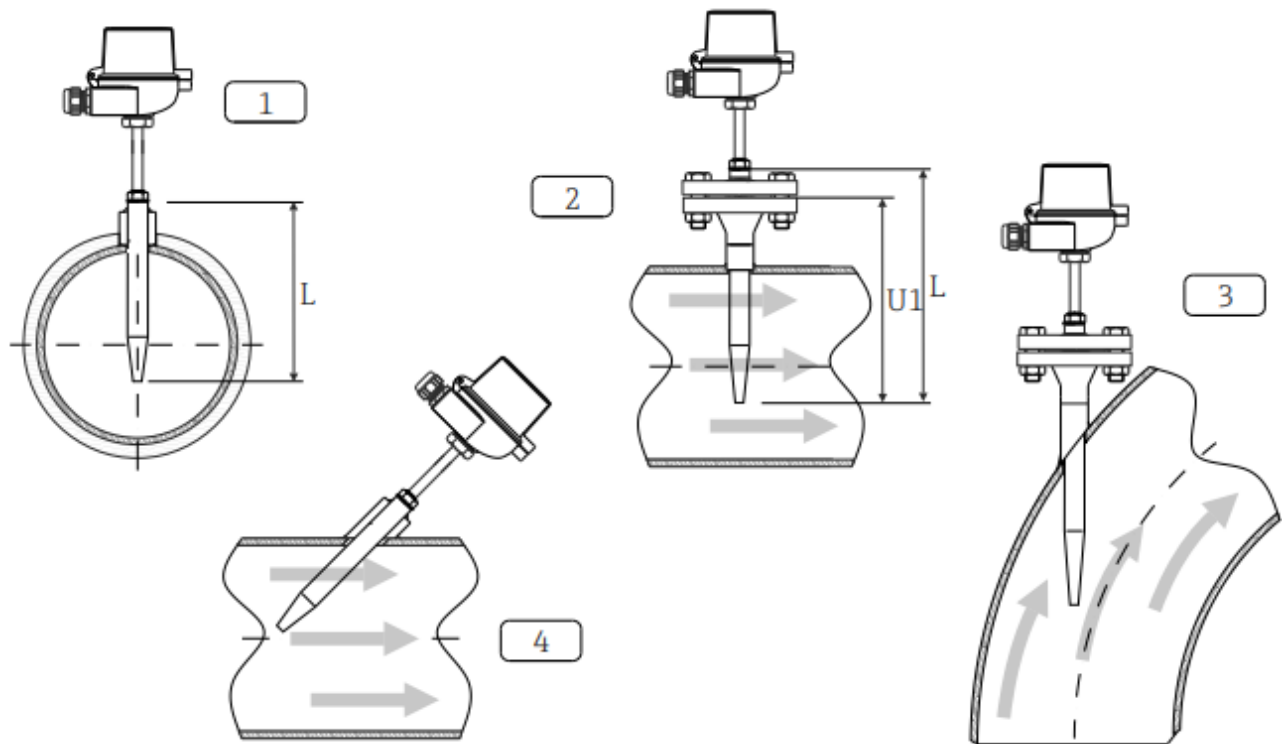
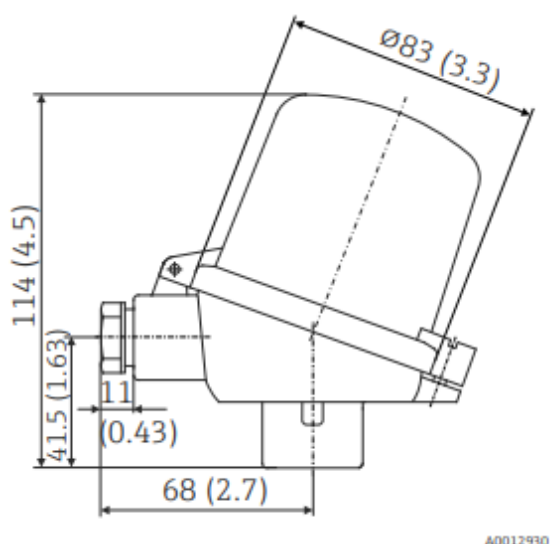


Рис. 2.3. Спосіб монтажу датчика температури E+H Omnicrad M TR15.



A0012930

- Protection class: IP65
- Max. temperature: -40 to +120 °C (-40 to +248 °F)
- Material: polyamide (PA), antistatic  
Seals: silicone
- Threaded cable entry: M20x1.5
- Protection armature connection: M24x1.5
- Head and cap color: black
- Weight: 135 g (4.8 oz)
- Types of protection for use in hazardous locations: Intrinsic Safety (G Ex ia)
- Ground terminal: only internal via auxiliary clamp

Рис. 2.4. Конструктивне виконання з'єднувальної головки датчика

## Вимір витрати Proline Prowirl 73



Рис. 2.5 Вид датчика витрати Proline Prowirl 73

**Proline Prowirl 73** — це вихровий витратомір від Endress+Hauser, призначений для точного вимірювання об'ємної або масової витрати газів, рідин і пари. Датчик має цільнозварену конструкцію без ущільнень, вбудовані сенсори температури та тиску (у multivariable-версії), підтримує інтерфейси HART, PROFIBUS, Fieldbus і має високу точність (до  $\pm 1\%$ ) та повторюваність. Корпус — з нержавіючої сталі, клас захисту IP66/67, підходить для вибухонебезпечних зон.

### Властивості

#### 1. Тип вимірювань:

Вихровий витратомір (Vortex)

#### 2. Середовище:

Газ (природний газ, повітря, CO<sub>2</sub>, технічні гази)

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

**3. Номінальні діаметри (DN):**

DN 15...DN 300

**4. Тиск (макс.):**

до 100 бар (виконання з високим тиском)

**5. Температурний діапазон газу:**

-200 °C ... +400 °C

**6. Температура навколишнього середовища:**

-40 °C ... +60 °C

**7. Клас захисту корпусу:**

IP66/67, NEMA 4X

**8. Живлення:**

14...30 В DC (двопровідна схема)

**9. Вихідний сигнал:**

4-20мА, імпульс. , PROFIBUS PA, FOUNDATION Fieldbus

**10. Точність для газів:**

±1,0 % від виміряного значення (при Re > 20000)

**11. Повторюваність (gas):**

±0,25 %

**12. Матеріал трубопроводу:**

Нержавіюча сталь 1.4404 / 316L, CF3M

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

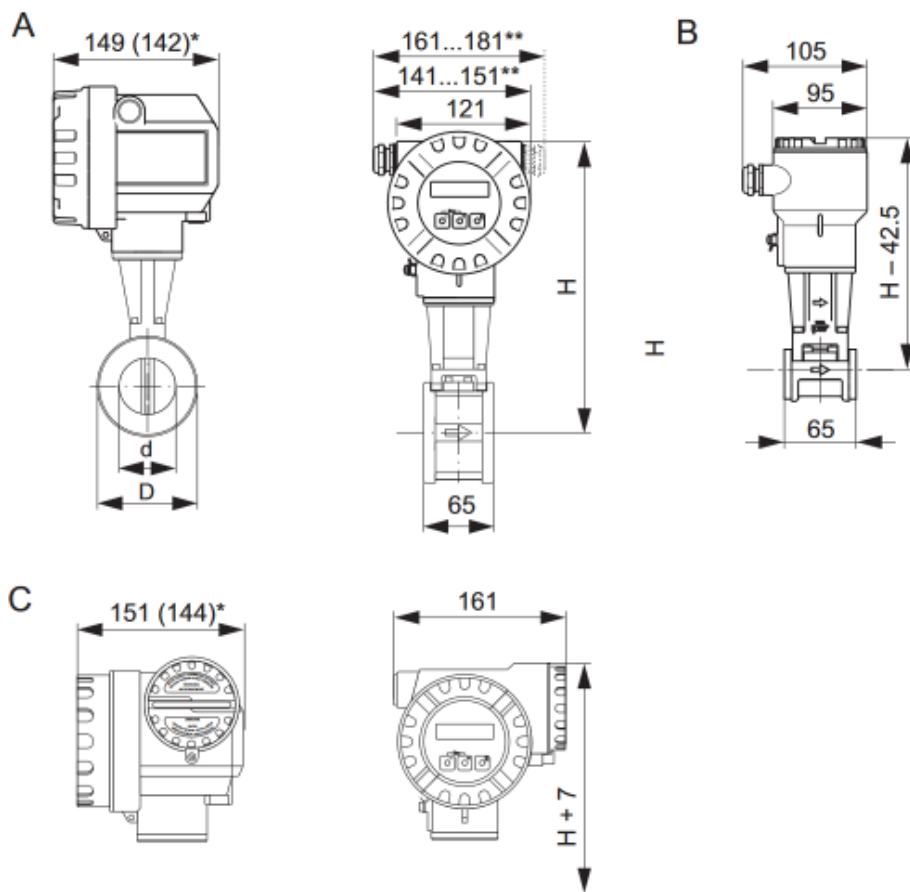


Рис. 2.6 Конструктивне виконання датчика Proline Prowirl 73

### Принцип вимірювання витрат:

**Принцип роботи витратоміра Proline Prowirl 73** базується на **вихровому ефекті Кармана**: коли газ проходить повз встановлену в потоці обтічну перешкоду (сліп), за нею виникають періодичні вихори. Частота утворення цих вихорів пропорційна швидкості потоку. Сенсор фіксує ці коливання та перетворює їх у електричний сигнал, який система обробки конвертує у витрату газу (об'ємну або масову). У багатопараметровій версії також одночасно вимірюється температура та тиск для точного обчислення масової витрати.

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

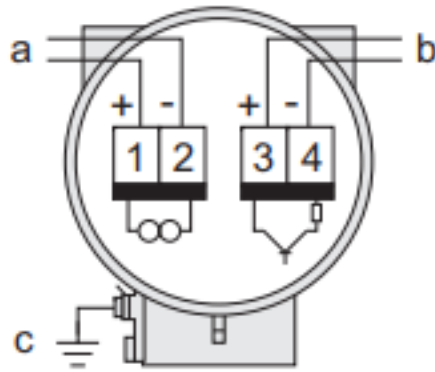


Рис. 2.7 Схема підключення датчика Proline Prowirl 73

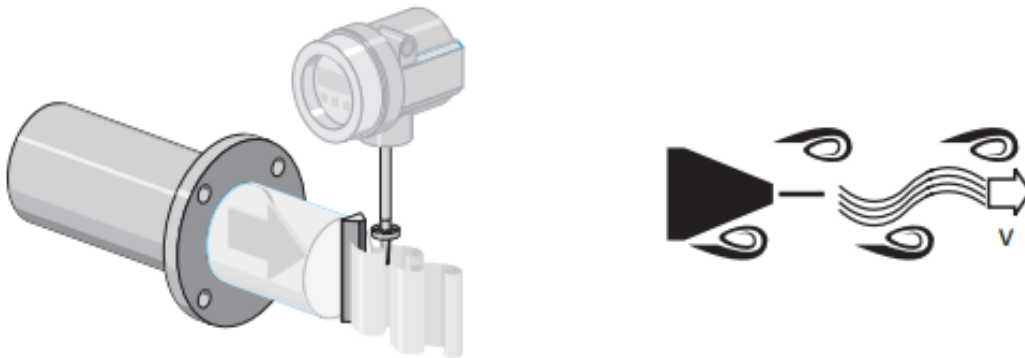


Рис. 2.8 Принцип роботи вихрового датчика Proline Prowirl 73

Завдяки відсутності рухомих механічних частин та чутливих до зносу компонентів, витратоміри Prowirl 73 відзначаються високою надійністю та стабільністю навіть при вимірюванні пари, агресивних газів або рідин із включеннями. Пристрій також дає можливість здійснювати пряме вимірювання температури середовища за допомогою інтегрованого температурного датчика та у версіях multivariable — вимірювати тиск.

Таким чином, витратомір Proline Prowirl 73 дає змогу здійснювати точне, довготривале і стабільне вимірювання витрати у широкому діапазоні технологічних процесів.

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

## Вимір тиску Cerabar S PMP75



Рис. 2.9 Вид датчика тиску Cerabar S PMP75

Для автоматизованого контролю та регулювання тиску у брагоперегінному апараті застосовується промисловий датчик тиску Cerabar S PMP75 виробництва компанії Endress+Hauser. Цей датчик призначений для точного вимірювання абсолютного та надлишкового тиску газів, парів та рідин у складних технологічних умовах. Його використання дозволяє забезпечити стабільність технологічного процесу, зокрема при регулюванні тиску пари у бражній колоні та дефлегматорі.

Cerabar S PMP75 має тензорезистивний вимірювальний елемент з металевою мембраною, що забезпечує високу точність вимірювання. Датчик підтримує вимірювання у діапазоні до 700 бар, з максимальною температурою процесу до +200 °C (з охолоджувальним елементом), що робить його придатним для роботи в умовах підвищених температур, характерних для парових систем брагоперегінних апаратів.

Точність вимірювання складає до  $\pm 0,1$  % від повної шкали, що гарантує високу якість контролю параметрів процесу. Довготривала стабільність датчика

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

становить  $\pm 0,15$  %/рік, що дозволяє знизити потребу у частій калібровці та обслуговуванні.

Датчик оснащено універсальними інтерфейсами для інтеграції у систему автоматизованого керування: аналоговий вихід 4...20 мА з HART-протоколом, PROFIBUS PA, FOUNDATION Fieldbus. Корпус пристрою має ступінь захисту IP66/IP68, що забезпечує надійну експлуатацію у важких умовах — підвищена вологість, пилоутворення, можливі конденсаційні явища.

Мембрана та елементи, що контактують із середовищем, можуть виготовлятися з різних матеріалів (нержавіюча сталь 316L, Hastelloy C276, тантал), що дозволяє застосовувати Cerabar S PMP75 навіть у хімічно агресивних умовах.

Окрім цього, датчик має сертифікацію для застосування у вибухонебезпечних зонах (ATEX, FM, CSA, IECEx), що є важливим при використанні у спиртовому виробництві, де можливе утворення горючих парів.

Завдяки своїм технічним характеристикам та універсальності Cerabar S PMP75 є ефективним і надійним рішенням для контролю тиску у системі автоматизованого виробництва спирту-сирцю на брагоперегінному апараті.

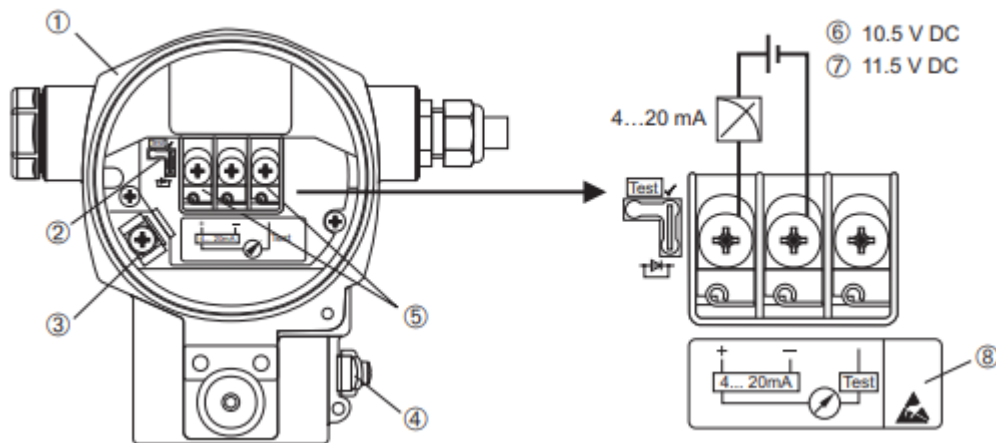


Рис. 2.10 Схема підключення датчика Cerabar S PMP75

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

## 1. Призначення

Вимірювання абсолютного та надлишкового тиску газів, парів, рідин

## 2. Тип сенсора

Металева мембрана, тензорезистивний вимірювальний елемент

## 3. Діапазон тиску (стандартний)

Від  $-1 \dots +40$  бар до  $-1 \dots +700$  бар (залежно від конфігурації)

## 4. Перевантажувальна здатність

До  $4 \times$  діапазону

## 5. Максимальна температура процесу

До  $200 \text{ }^\circ\text{C}$  (з радіатором охолодження)

## 6. Температура навколишнього середовища

$-40 \text{ }^\circ\text{C} \dots +85 \text{ }^\circ\text{C}$

## 7. Температура зберігання

$-40 \dots +85 \text{ }^\circ\text{C}$

## 8. Точність (повна шкала)

$\leq \pm 0,1 \%$  (опціонально  $\pm 0,05 \%$ )

## 9. Вихідні сигнали

4–20 мА, HART, PROFIBUS PA, FOUNDATION Fieldbus

## 10. Живлення

12...42 В DC (стандарт), Ех: 12...30 В DC

## 11. Матеріали мембрани

316L (1.4435), Hastelloy C276, тантал, золото/кераміка (залежно від моделі)

## 12. Матеріал корпусу

316L, 1.4301, алюміній з порошковим покриттям

## 13. Ступінь захисту

IP66 / IP68 / NEMA 4X

## 14. Вимірювані середовища

Пари, газу, рідини, в'язкі, агресивні та абразивні середовища

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

## Електропневматичні перетворювачі

### ControlAir Type 500X



Рис. 2.11 Вид електропневматичний перетворювач ControlAir Type 500X

Для забезпечення точного регулювання положення пневматичних виконавчих механізмів у складі системи автоматизації брагоперегінного апарату застосовується електропневматичний перетворювач (I/P Transducer) ControlAir Type 500X. Цей пристрій призначений для перетворення стандартного електричного сигналу 4...20 мА у пропорційний пневматичний тиск, що подається на мембранний або поршневий пневмопривід регулюючого клапана.

ControlAir Type 500X забезпечує високу точність та швидкість реагування, що дає змогу підтримувати стабільний режим роботи парових та рідинних контурів у брагоперегінному апараті. Завдяки широкому вибору діапазонів вихідного тиску (від 0,03...0,2 бар до 0,2...8,6 бар) перетворювач може бути адаптований під різні типи регулюючої арматури.

Основні характеристики пристрою включають точність регулювання  $\pm 0,15\%$  від повної шкали та відмінну повторюваність, що дозволяє забезпечити надійне керування навіть у динамічних процесах. Максимальний вхідний тиск

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

становить до 17 бар, що дозволяє використовувати пристрій у високонапірних пневмосистемах.

Корпус перетворювача має клас захисту IP65, що гарантує безпечну експлуатацію у вологих та запилених виробничих умовах. Температурний діапазон експлуатації становить від  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+71\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що робить пристрій придатним для використання у широкому спектрі промислових застосувань, включаючи виробництво спирту.

ControlAir Type 500X сумісний з системами автоматизації, що використовують стандартний аналоговий сигнал 4...20 мА, і легко інтегрується у контури автоматичного регулювання витрати пари, що є особливо актуальним для забезпечення стабільного теплового режиму бражної колони та дефлегматора брагоперегінного апарата.

Завдяки високій точності, стабільності та надійності в роботі, електропневматичний перетворювач ControlAir Type 500X є важливим елементом сучасної автоматизованої системи керування брагоперегінним апаратом та забезпечує ефективну взаємодію між електронною системою управління і пневматичними регулюючими органами.

## 1. Тип

Електропневматичний перетворювач (I/P Transducer)

## 2. Функція

Перетворення електричного сигналу у пропорційний пневматичний тиск

## 3. Вхідний електричний сигнал

4–20 мА DC

## 4. Вихідний пневматичний тиск стандартні діапазони:

0,03–0,2 бар

0,07–1,0 бар

0,14–2,0 бар

0,2–8,6 бар

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

**5. Максимальний вхідний тиск (живлення повітрям)**

до 17 бар

**6. Точність регулювання**

±0,15 % від повної шкали

**7. Повторюваність**

±0,05 % від повної шкали

**8. Лінійність**

±0,10 % від повної шкали

**9. Температурна стабільність**

±0,15 % на 55 °C

**10. Час відгуку**

<10 мс (типове значення)

**11. Пропускна здатність повітря**

до 85 л/хв (3 SCFM) при 1,4 бар ΔP

**12. Споживання повітря (у стані спокою)**

приблизно 2,4 л/хв (0,085 SCFM) при 1,4 бар ΔP

**13. Діапазон температур експлуатації**

від -40 °C до +71 °C

**14. Матеріал корпусу**

Литий алюміній з порошковим покриттям

**15. Ступінь захисту корпусу**

IP65 (з відповідним герметичним з'єднанням)

**16. Варіанти монтажу**

Монтаж на стіну, трубопровід, панель або безпосередньо на виконавчий механізм

**18. Варіанти електричного підключення**

1/2" NPT (електроввід), клемний блок

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

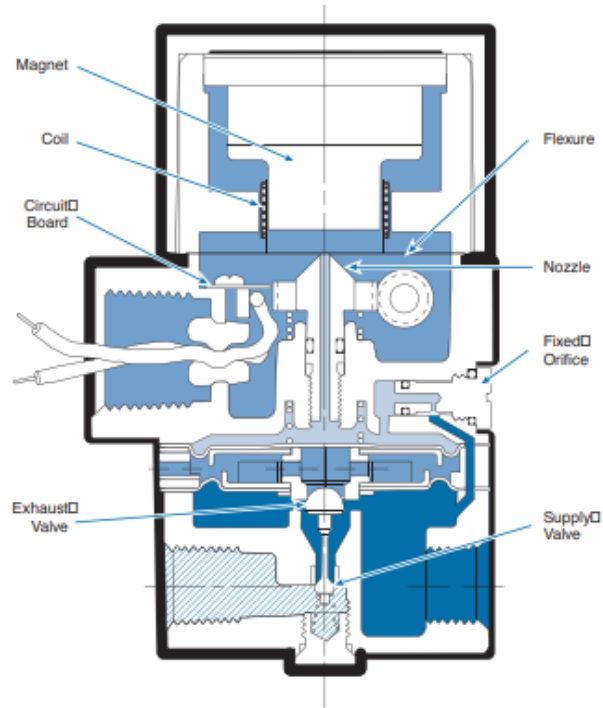


Рис. 2.12 Внутрішня складова датчика ControlAir Type 500X

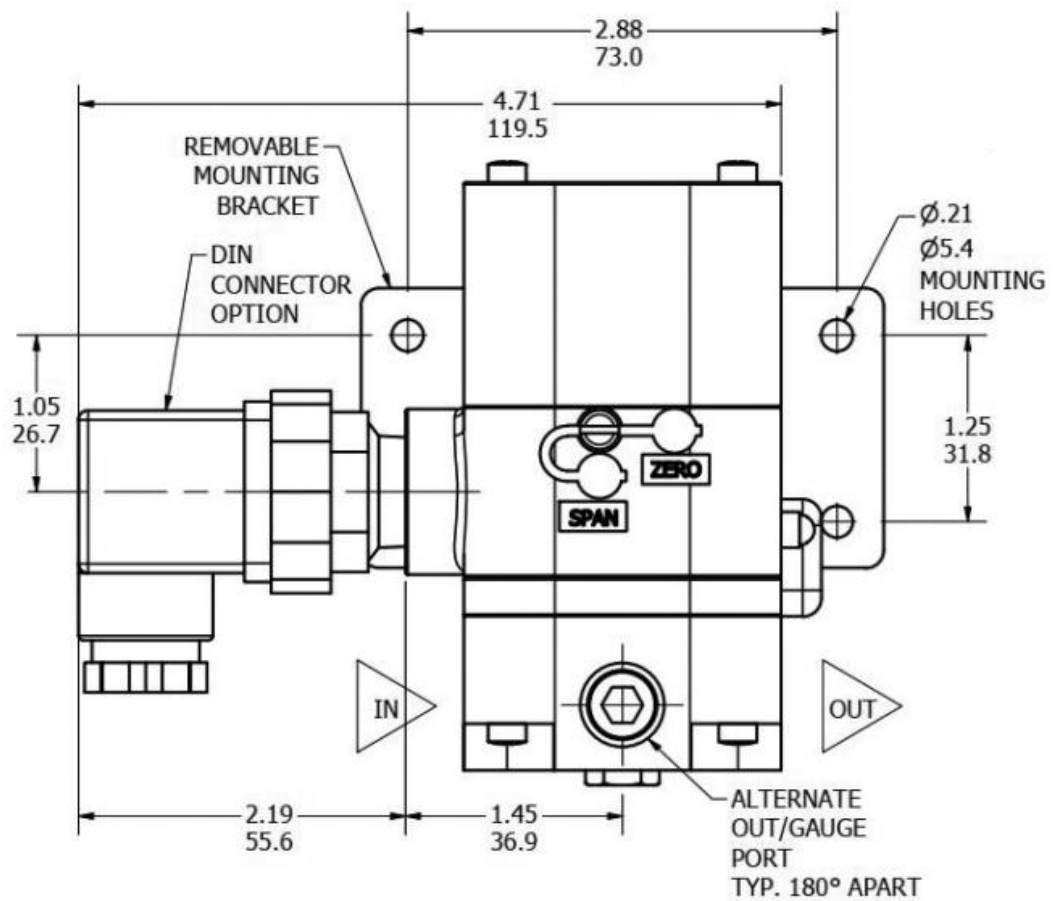


Рис. 2.13 розміри перетворювача ControlAir Type 500X

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

31

**Пневматичні клапани**  
**PNEUMATIC CONTROL VALVES PV403 DN 15**



Рис. 2.14 Вид пневматичного клапана PV403 DN 15

**Опис пневматичного регулюючого клапана PV403 DN 15**

Для автоматизованого регулювання потоків пари, газів та рідин у брагоперегінному апараті використовується пневматичний регулюючий клапан PV403 серії DN 15, виробництва Valsteam ADCA. Це триходовий клапан типу globe з лінійною характеристикою регулювання, призначений для змішування потоків або їх розділення (diverting), що забезпечує гнучкість використання у різних технологічних схемах.

Клапан обладнаний пневматичним мембранним мульти-пружинним приводом серії РА (наприклад, РА205 або РА280), що керується за допомогою електропневматичного перетворювача або пневматичного контролера зі стандартним аналоговим сигналом керування 0,2–1 бар, 0,4–1,2 бар або 0,4–2 бар.

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

Конструкція клапана забезпечує високу стійкість до температури та тиску. Максимальна робоча температура для стандартного виконання становить до 220 °С (з PTFE/GR ущільненням), або до 400 °С при використанні графітового ущільнення. Максимальний робочий тиск — 25 бар при температурах до 50 °С та 17,2 бар при температурі 300 °С. Завдяки цьому клапан придатний для роботи з насиченою або перегрітою парою, що є актуальним для процесу ректифікації у брагоперегінному апараті.

Ущільнення штока виконується за допомогою PTFE/GR V-кілець або графітових ущільнень, з опціональною можливістю встановлення хвилястої сильфонної ущільнювальної системи (bellows sealed) для забезпечення повної герметичності. Корпус клапана виготовляється зі сталі S355JR або нержавіючої сталі AISI 316, що забезпечує високу корозійну стійкість.

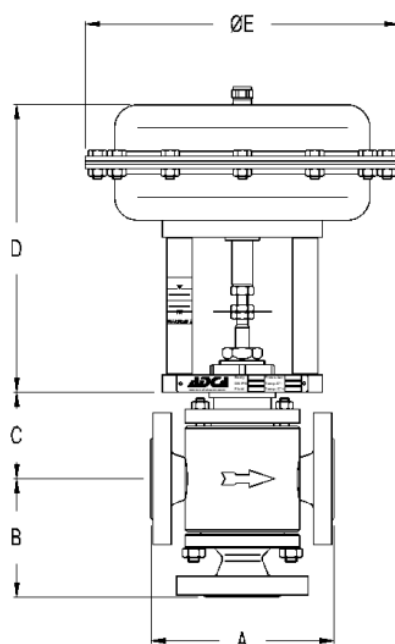
#### **Основні характеристики клапана PV403 DN 15:**

- 1. Kvs (пропускна здатність):** 4 м<sup>3</sup>/год;
- 2. Хід штока:** 20 мм;
- 3. Максимально допустимий перепад тиску:** до 50 бар (залежить від приводу та сигналу);
- 4. Тип приводу:** PA205, PA280, PA340, PA435;
- 5. Тип дії:** прямий (air-to-close) або зворотний (air-to-open);
- 6. Приєднання:** фланцеве EN 1092-1 PN40 або ASME B16.5 Class 150/300; різьбові з'єднання — за запитом.

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

Клапан PV403 може додатково комплектуватися позиціонером, фільтром-регулятором повітря, датчиком положення або ручним дублюючим маховиком для ручного керування у разі аварійної ситуації.

Завдяки своїм характеристикам, високій надійності та універсальності застосування, пневматичний регулюючий клапан PV403 DN 15 ефективно використовується у складі автоматизованої системи керування брагоперегінним апаратом для забезпечення точного регулювання подачі пари, охолоджувальної води чи інших технологічних середовищ



DIMENSIONS (mm)						
SIZE	A PN 40	A CLASS 150	A CLASS 300	B	C - BONNET	
					STANDARD PACKING	BELLOWS SEALED
1/2" - DN 15	150	184	190	100	75	267
3/4" - DN 20	150	184	194	103	75	267
1" - DN 25	160	184	197	103	75	267
1 1/4" - DN 32	180	-	-	110	83	285
1 1/2" - DN 40	200	222	235	110	96	285
2" - DN 50	230	254	267	130	100	298

Рис. 2.15 розміри пневматичного клапана PV403 DN 15

## Соленоїдний клапан

### Burkert Type 5404



Рис. 2.16 Вид соленоїдного клапана Burkert Type 5404

Клапан Burkert Type 5404 — це 2/2-ходовий поршневий електромагнітний клапан, призначений для керування потоками пари, гарячої води, газів або інших рідин під тиском.

Принцип дії клапана базується на використанні керуючої сервокамери, що дозволяє ефективно відкривати або закривати основний прохід клапана при мінімальних витратах електроенергії.

У закритому стані пружина та тиск у сервокамері утримують поршень клапана у положенні "закрито". При подачі електричного сигналу на котушку клапана відкривається пілотний канал, через який тиск із сервокамери знижується. У результаті, під дією робочого тиску знизу, поршень піднімається, і клапан відкривається, забезпечуючи прохід потоку.

При знятті електричного сигналу пілотний канал закривається, сервокамера знову наповнюється тиском, і поршень під дією пружини опускається, закриваючи прохід.

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

Завдяки такому механізму клапан Burkert 5404 забезпечує надійне ON/OFF керування потоками при високих температурах і тисках з мінімальним споживанням електроенергії

- 1. Тип клапана:** 2/2-ходовий поршневий клапан, сервопідсилений (servo-assisted piston valve)
- 2. Тип керування:** електромагнітне ON/OFF
- 3. Тип середовища:** пара, гаряча вода, рідини, гази
- 4. Матеріал корпусу:** латунь, нержавіюча сталь, чавун (залежно від модифікації)
- 5. Діаметр умовного проходу (DN):** DN 10...DN 50
- 6. Робочий тиск:** до 25 бар (залежно від версії)
- 7. Робоча температура середовища:**  
рідини — до +180 °C  
пара — до +185 °C
- 8. Температура навколишнього середовища:** до +55 °C
- 9. Робоче положення:** будь-яке
- 10. Тип ущільнення:** PTFE (тефлон), FKM (Viton), NBR (Nitrile) — залежно від середовища
- 11. Матеріал поршня:** нержавіюча сталь
- 12. Керування:** пілотний соленоїд (24 В DC, 230 В AC або інші варіанти)
- 13. Споживана потужність соленоїда:**  $\approx$  10–20 Вт (залежно від версії)

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

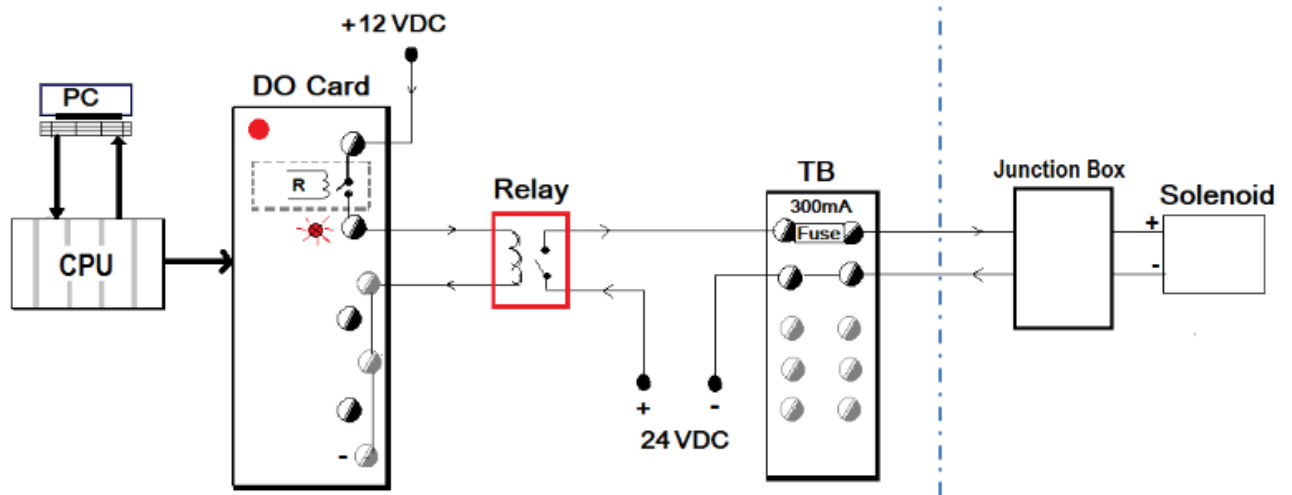


Рис. 2.17 Схема підключення соленоїдного клапана Burkert Type 5404

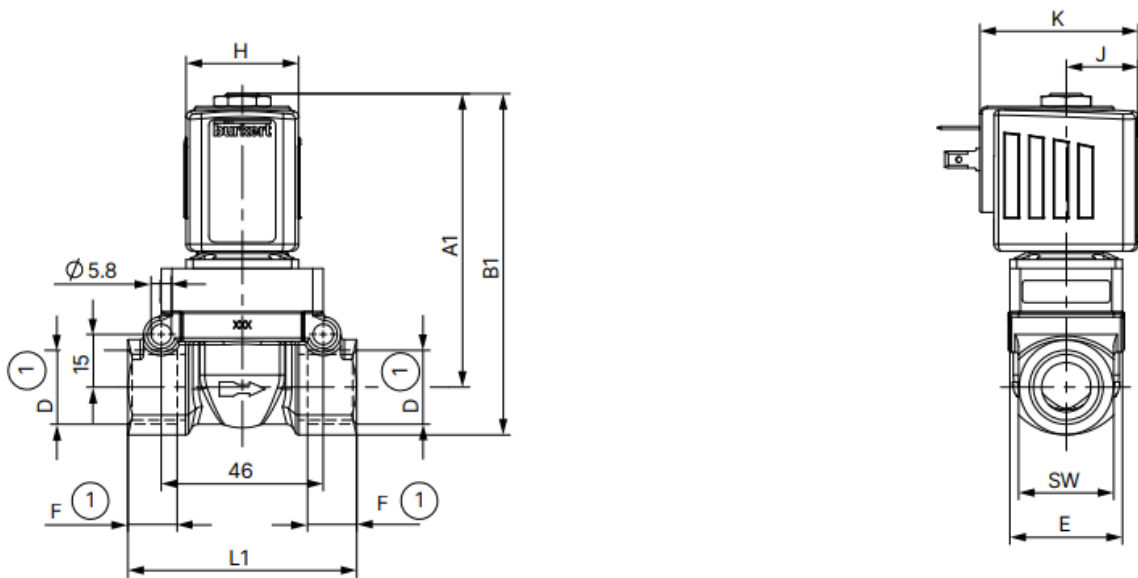


Рис. 2.18 Розміри соленоїдного клапана Burkert Type 5404

## 2.2. Схема автоматизації

На функціональній схемі автоматизації процесу виробництва спирту сирцю відображено: регулювання температури нагрівання бражки перед дистиляцією; підтримка температури дистиляції в бражній колоні; підтримка температури зміцнення спиту в спиртовій колоні; регулювання температури при охолодженні парів спирту сирцю в холодильнику; вимір витрати бражки на процес дистиляції.

Температура процесу нагрівання бражки, процесу дистиляції в бражній колоні, зміцнення спирто-водяних парів, та охолодження в холодильнику вимірюється датчиками E+H Omnigrad M TR15 (поз. 2б, 4б, 7б, 9б, 11б, 14б), уніфіковані електричні сигнали 4-20 мА від них надходять до модуля аналогових входів ВМХ АМІ 0810 ПЛК М340. Температура регулюється пневматичними клапанами PV403 DN 15 (поз. 2д, 4д, 9д, 14д) подачі пари та холодної води, які приводяться в дію електропневматичними перетворювачами ControlAir Type 500X (поз. 2г, 4г, 9г, 14г), що отримують уніфікований електричний сигнал 4-20 мА від модуля аналогових виходів ВМХ АМО 0802 ПЛК М340. Модуль аналогових виходів ВМХ АМО 0802 утворює уніфікований електричний сигнал 4-20 мА в залежності від функціонування алгоритму регулювання, що прописаний в програмі ПЛК М340.

Тиск в бражній та спиртових колонах вимірюється датчиком Cerabar S RMP 75 (поз. 5а, 7а, 10а, 12а), уніфікований електричний сигнал 4-20 мА від нього надходить до модуля аналогових входів ВМХ АМІ 0810 ПЛК М340.

Дані з процесу зчитуються та використовуються в підрахунку пі регулятора для регулювання подачі гарячої пари. Модуль аналогових виходів ВМХ АМО 0802 утворює уніфікований електричний сигнал 4-20 мА в залежності від функціонування алгоритму регулювання, що прописаний в програмі ПЛК М340.

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

Кількість подачі яблучного сидру, тиражного лікеру та рідких дріжджів вимірюється витратомірами Proline Prowirl 73 (поз. 1б, 3б, 8б, 13б), уніфіковані електричні сигнали 4-20 мА від них надходять до модуля аналогових входів ВМХ АМІ 0810 ПЛК М340. Витрата регулюється пневматичними клапанами PV403 DN 15 (поз. 1д) подачі пари та холодної води, які приводяться в дію електропневматичними перетворювачами ControlAir Type 500X (поз. 1г), що отримують уніфікований електричний сигнал 4-20 мА від модуля аналогових виходів ВМХ АМО 0802 ПЛК М340. Модуль аналогових виходів ВМХ АМО 0802 утворює уніфікований електричний сигнал 4-20 мА в залежності від функціонування алгоритму регулювання, що прописаний в програмі ПЛК М340.

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

## 2.3. Специфікація засобів автоматизації

№ п/п	№ поз. за схемою	Місце встановлення	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, Марка	Кіль.	Виробник
1	16,3б, 8б, 13б	по місцю	Вихровий витратомір Тиск середовища: до 100 бар Температура середовища: до +240 °С	Proline Prowirl 73	4	Endress + Hauser
2	5а, 7а, 10а,12а	по місцю	Тензометричний датчик тиску Діапазон вимірювання: від 0–100 мбар до 0–40 бар Точність: до ±0,2%	Cerabar S PMP 75	4	Endress + Hauser
3	2б, 4б, 7б, 9б, 11б,14б	по місцю	Резистивний термометр (Pt100) Діапазон вимірювання: –200...+600 °С	RTD Omnigrad M TR 15	6	Endress + Hauser
4	1г, 2г, 4г, 9г, 14г	на щиті	Електропневматичний перетворювач Вхідний сигнал: 4...20 мА Вихідний тиск: 0,2–8,7 бар Точність: ±0,15% від повної шкали	ControlAir Type 500X	5	Control Air
5	1в, 2в, 4в, 9в, 14в	по місцю	Клапан регулюючий з мембранним виконавчим механізмом.	PV403 DN 15	5	ADCA Trol
6	2д, 5в, 12в,	по місцю	Соленоїдний клапан електромагнітне ON/OFF Температура середовища: до +180 °С	Burkert Type 5404	3	Burkert

Таблиця 2.1 Специфікація засобів автоматизації

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

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

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

Система автоматизації процесу виробництва ігристого сидру побудована на ПЛК М340 від компанії Schneider Electric.

У складі системи автоматизації брагоперегінного апарата застосовується програмований логічний контролер **Modicon M340** виробництва компанії **Schneider Electric**. Цей контролер виконує функції автоматичного керування усіма основними технологічними процесами установки, забезпечуючи збір, обробку та передачу інформації, а також формування керуючих впливів на виконавчі механізми.

Modicon M340 є середньою за продуктивністю модульною платформою автоматизації, яка характеризується високою надійністю та широкими функціональними можливостями. В основі контролера використано продуктивний процесорний модуль **BMX P34**, що забезпечує швидке опрацювання логічних і математичних операцій та має великий об'єм пам'яті для програм користувача (до 4 Мб). Контролер підтримує різні промислові протоколи зв'язку, серед яких Modbus, Ethernet, CANopen, Profibus DP (через шлюз), що дає змогу інтегрувати його у сучасні автоматизовані системи керування.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Пінчук Г.Л.</i>			<i>Розробка системи автоматизації процесу дистиляції на спиртовому заводі</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Киричук С.А.</i>					41	13
<i>Зав. каф.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>				<i>НУХТ АК-4-1</i>		
<i>Секр. ЕК</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>						

До складу периферії контролера входять модулі аналогових і дискретних входів та виходів. Аналогові сигнали **4...20 мА** від первинних перетворювачів температури, тиску, витрати та рівня надходять до модуля аналогових входів **BMX AMI 0810**, а формовані контролером аналогові сигнали для керування електропневматичними перетворювачами і регулюючими клапанами передаються через модуль аналогових виходів **BMX AMO 0802**. Імпульсні сигнали з витратомірів надходять до модуля дискретних входів **BMX DDI 1602**, а управління насосами і виконавчими механізмами з дискретним керуванням здійснюється за допомогою модуля дискретних виходів **BMX DDO 1602**. Програмування ПЛК здійснюється у середовищі **EcoStruxure Control Expert** (раніше **Unity Pro**), яке забезпечує розробку структурованих програм з використанням мови програмування FBD (Function Block Diagram), LD (Ladder Diagram) або ST (Structured Text). Алгоритми автоматичного регулювання реалізовані з використанням ПД-регуляторів, що забезпечують точне підтримання температури, тиску, витрати та рівня відповідно до заданих у системі параметрів.

ПЛК Modicon M340 у даній системі автоматизації виконує такі основні функції: опитування датчиків температури, тиску, витрати та рівня; формування сигналів керування пневматичними регулюючими клапанами; керування насосами за рівнем та витратою; формування аварійної сигналізації та ведення архіву подій; взаємодія з операторським інтерфейсом SCADA для моніторингу стану системи та введення налаштувань.

Використання контролера **Modicon M340** дозволяє забезпечити гнучке та надійне управління технологічним процесом брагоперегінного апарата, підвищити енергоефективність виробництва, знизити вплив людського чинника та забезпечити стабільну якість кінцевого продукту.

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

Модулі для ПЛК М340 представлено в таблиці 3.1 та їх компонування наведено на рис. 3.1.

Модулі входу/виходу		Примітка
Найменування	Кількість	
BMX P34 2020	1	Процесор
BMX CPS 2000	1	Блок живлення
BMX AMI 0810	2	8 аналогових входів
BMX AMO 0802	1	8 аналогових виходів
BMX DDO 1602	1	16 дискретних виходів

Таблиця 3.1 Модулі для ПЛК М340

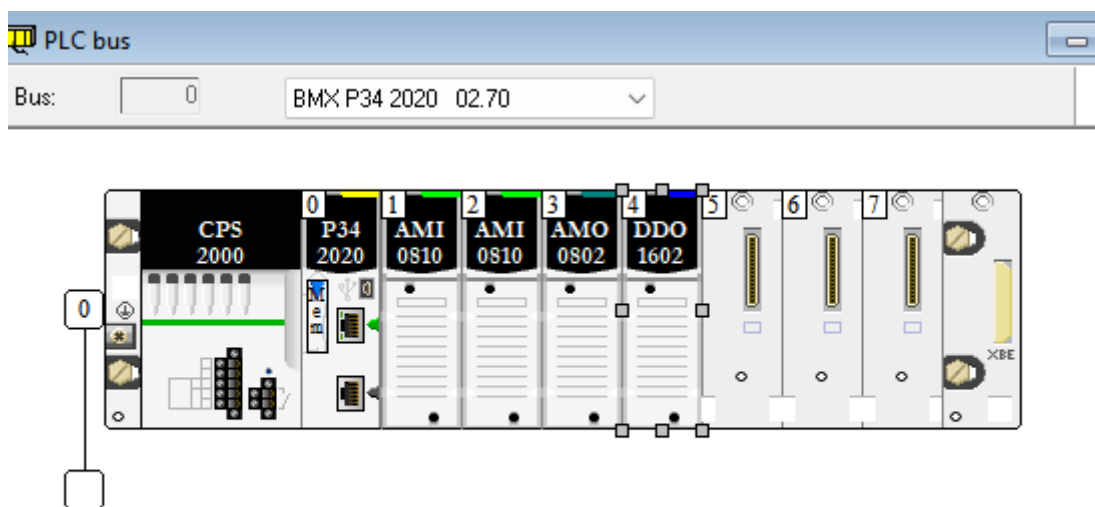


Рис. 3.1 – Конфігурація Modicon M340

## Опис процесорного модуля ВМХ Р34 2020



Рис. 3.2 – процесорний модуль ВМХ Р34 2020

Центральним елементом обчислювальної частини системи автоматизації брагоперегінного апарата є **процесорний модуль ВМХ Р34 2020** виробництва Schneider Electric. Даний модуль виконує всі обчислювальні функції системи: обробляє вхідні сигнали, реалізує алгоритми автоматичного керування, формує вихідні сигнали на виконавчі механізми та забезпечує взаємодію із системою SCADA.

Процесорний модуль обладнано продуктивним процесором з часом виконання логічної інструкції до **0,08 мкс** та забезпечує до **4 Мб** пам'яті для програм користувача і **2 Мб** для даних. ВМХ Р34 2020 підтримує основні промислові протоколи зв'язку: **Ethernet, Modbus TCP**, а також розширюється для роботи з **Profibus DP** або **CANopen**. Програмування модуля здійснюється в середовищі **EcoStruxure Control Expert (Unity Pro)** із застосуванням графічних мов (FBD, LD) та мов високого рівня (ST). Завдяки високій швидкодії та гнучкості конфігурації, процесорний модуль дозволяє ефективно реалізовувати складні алгоритми керування технологічним процесом виробництва спирту-сирцю.

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

## Опис модуля живлення BMX CPS 2000



Рис. 3.3 – Модуль живлення BMX CPS 2000

Для забезпечення стабільного живлення процесорного модуля та периферійних модулів ПЛК Modicon M340 у системі автоматизації брагоперегінного апарата використовується **модуль живлення BMX CPS 2000**.

Цей модуль приймає стандартне промислове джерело постійного струму **24 В DC** та забезпечує внутрішню стабілізовану напругу для шини ПЛК, на якій розміщуються усі модулі системи. BMX CPS 2000 обладнаний вбудованими системами захисту від короткого замикання та перевантаження, що підвищує загальну надійність і безвідмовність роботи всієї автоматизованої системи. Завдяки використанню даного модуля, забезпечується стійке функціонування ПЛК навіть у складних умовах експлуатації.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

## Опис модуля аналогових входів ВМХ АМІ 0810

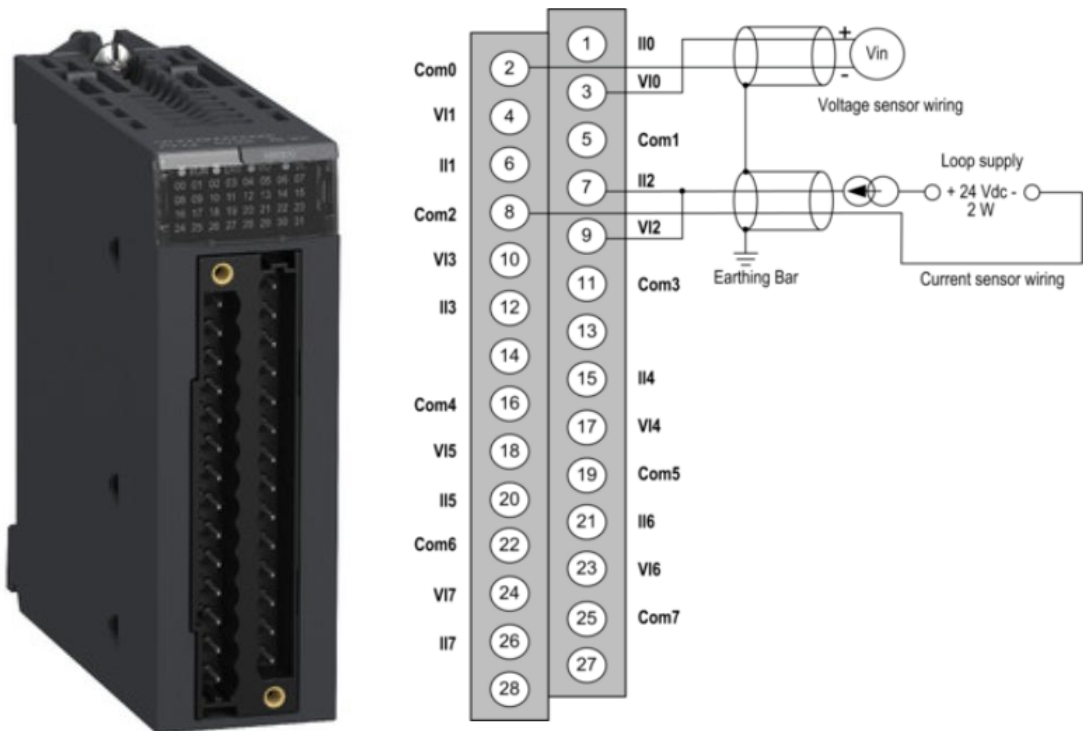


Рис. 3.4 – модуль аналогових входів ВМХ АМІ 0810

Збір аналогових сигналів від первинних вимірювальних перетворювачів у системі автоматизації брагоперегінного апарата здійснюється за допомогою модуля аналогових входів ВМХ АМІ 0810.

Цей модуль підтримує **8 незалежних аналогових входів** з діапазоном прийому сигналів **4–20 мА**, що дозволяє підключати датчики температури, тиску, витрати та рівня, які використовуються в процесі автоматизованого керування брагоперегінним апаратом.

ВМХ АМІ 0810 забезпечує **12-бітове перетворення** аналогового сигналу у цифрову форму з високою точністю і швидкістю опитування. Дані, що зчитуються модулем, надходять у процесорний модуль, де обробляються згідно з алгоритмами автоматичного регулювання. Таким чином, модуль ВМХ АМІ 0810 є ключовим елементом для забезпечення точного моніторингу стану технологічного процесу.

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

## Опис модуля аналогових виходів ВМХ АМО 0802

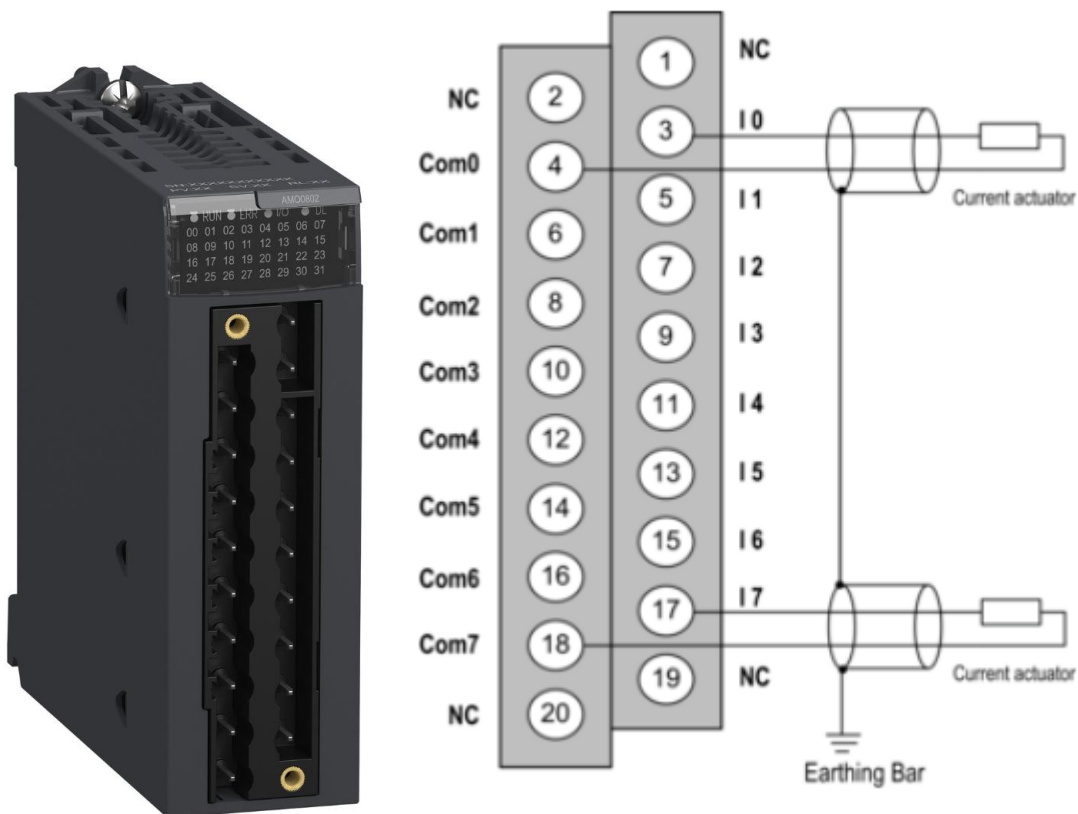


Рис. 3.5 – модуль аналогових виходів ВМХ АМО 0802

Для формування аналогових керуючих сигналів у системі автоматизації брагоперегінного апарата застосовується **модуль аналогових виходів ВМХ АМО 0802**.

Цей модуль має **8 аналогових виходи** з діапазоном **4–20 мА**, що відповідає промислового стандарту і дозволяє здійснювати керування електропневматичними перетворювачами, регулюючими клапанами та іншими виконавчими механізмами.

ВМХ АМО 0802 забезпечує високу точність і стабільність формування вихідного сигналу, що дозволяє здійснювати ефективне регулювання витрати пари, охолоджувальної води, браги та інших технологічних потоків у брагоперегінному апараті. Завдяки використанню даного модуля, система автоматизації має можливість динамічно управляти всіма основними контурами технологічного процесу.

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

## Опис модуля дискретних виходів BMX DDO 1602

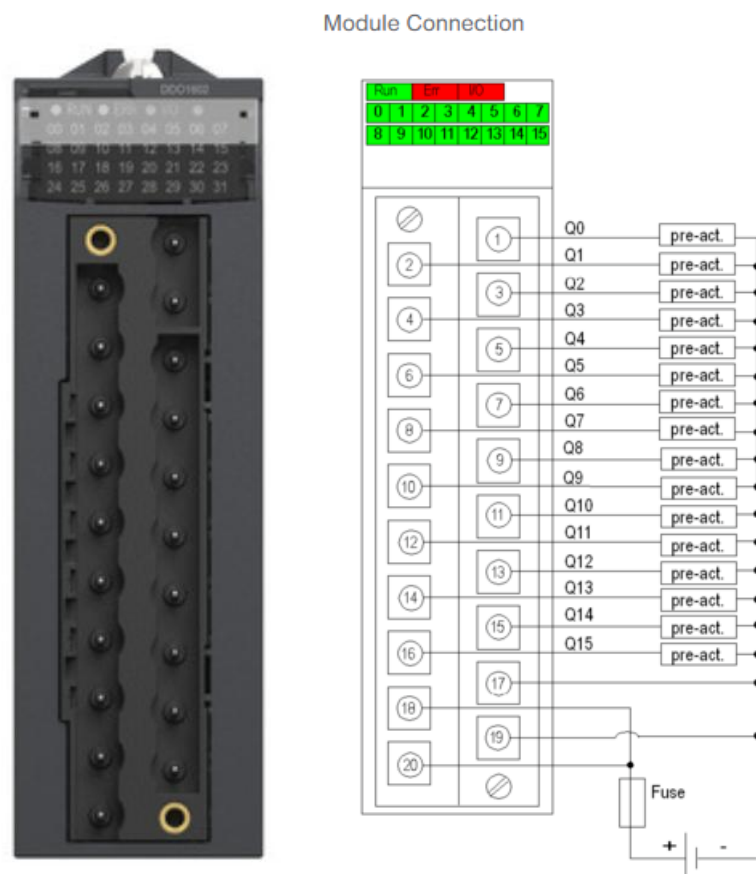


Рис. 3.6 – модуль дискретних виходів BMX DDO 1602

У складі системи автоматизації брагоперегінного апарата для керування виконавчими механізмами за допомогою дискретних сигналів застосовується модуль дискретних виходів BMX DDO 1602, що є частиною платформи програмованого логічного контролера Modicon M340 виробництва Schneider Electric.

Модуль BMX DDO 1602 має 16 дискретних вихідних каналів типу транзисторний вихід (sourcing) для комутації постійної напруги 24 В DC. Кожен вихід модуля здатний комутувати навантаження з максимальним струмом 0,5 А на канал. Заг. струм для всієї групи виходів обмежено до 8 А.

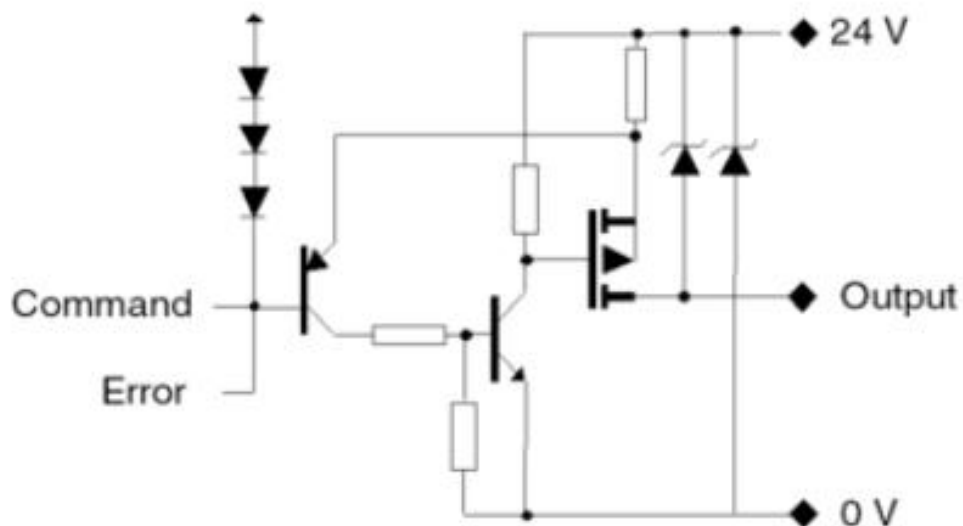
- Модуль використовується для формування дискретних сигналів керування на такі пристрої, як:
- соленоїдні клапани (наприклад, Burkert Type 5404);
- електромагнітні пускачі насосів;

- проміжні реле;
- сигнальні лампи та іншу апаратуру, з сигналом ВКЛ/ВИКЛ.

Кожен вихід модуля керується програмно у ПЛК та дозволяє задавати стани логічного рівня 1 (активний) або логічного рівня 0 (неактивний) відповідно до алгоритму автоматичного керування процесом.

Модуль має вбудовані системи захисту від короткого замикання та перевантаження по струму на кожен вихід, що забезпечує високу надійність експлуатації. Також передбачено контроль справності каналів із діагностикою та подачею повідомлень у програмне середовище ПЛК.

Модуль BMX DDO 1602 встановлюється у загальній стійці (базовому шасі) ПЛК Modicon M340 та обмінюється даними з процесорним модулем через внутрішню шину контролера. Завдяки цьому забезпечується швидка реакція системи на дискретні сигнали керування, що є критично важливим для надійної та безпечної роботи автоматизованої системи брагоперегінного апарата



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

Принципова електрична схема автоматичного регулювання включає наступні компоненти:

- QF1-QF3 – вимикачі з захистом по струму;
- БЖ1-БЖ2 – блоки живлення напругою 24 В постійного струму.

В принциповій електричній схемі автоматичного регулювання застосовувалася наступна нумерація провідників:

- 800-807 – провідники з змінним струмом;
- 900-903 – провідники з змінним струмом;
- 0800-0805 – пневматичні лінії живлення;
- 0200-0204 – пневматичні лінії регулювання;
- 100-119 – провідники з вимірювальними сигналами;
- 200-207 – провідники з сигналами управління та регулювання.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

### 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру

#### Контур регулювання температури в бражній колоні

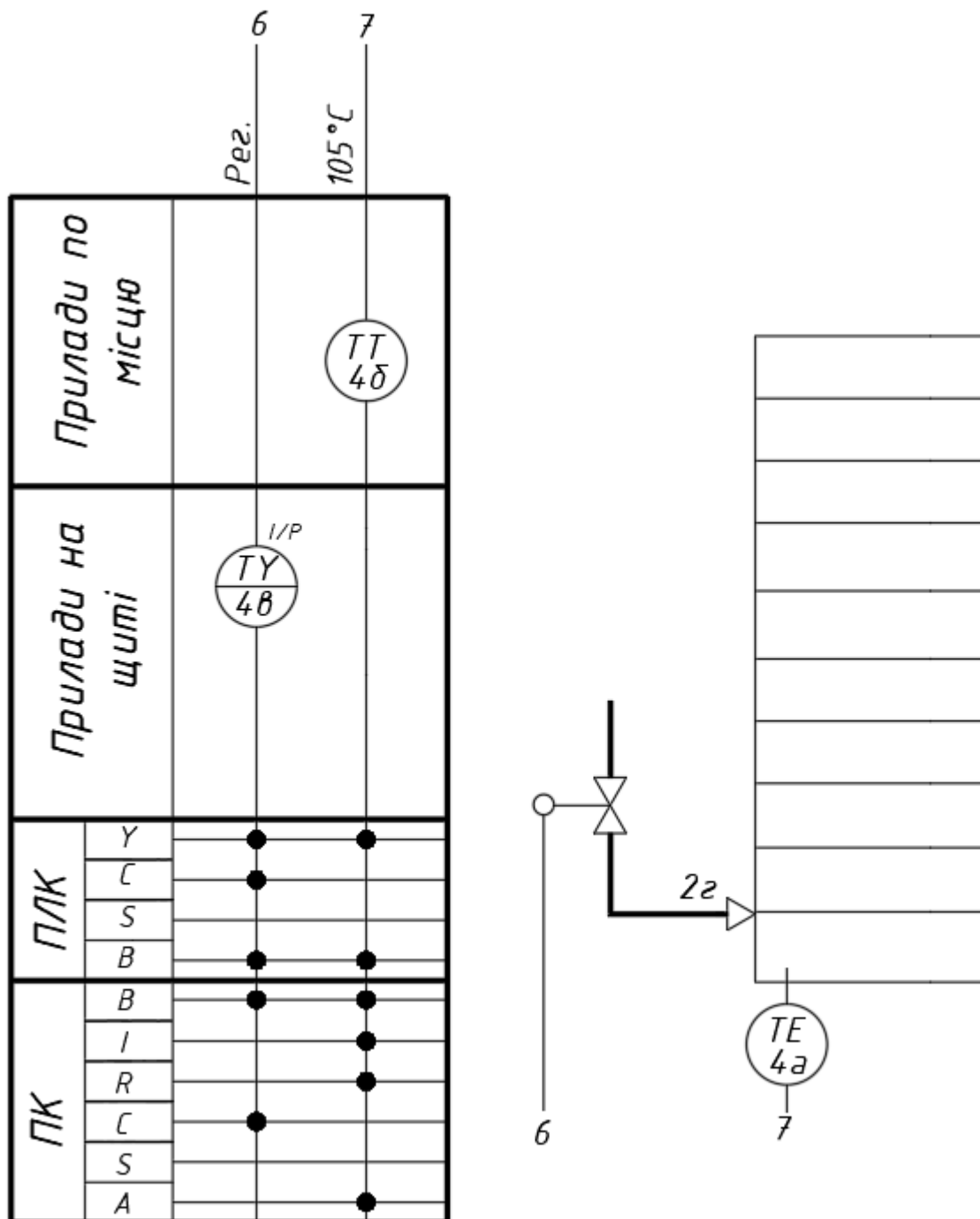


Рис. 3.7 – Схема автоматизації контуру регулювання температури у брагоперегонній колоні

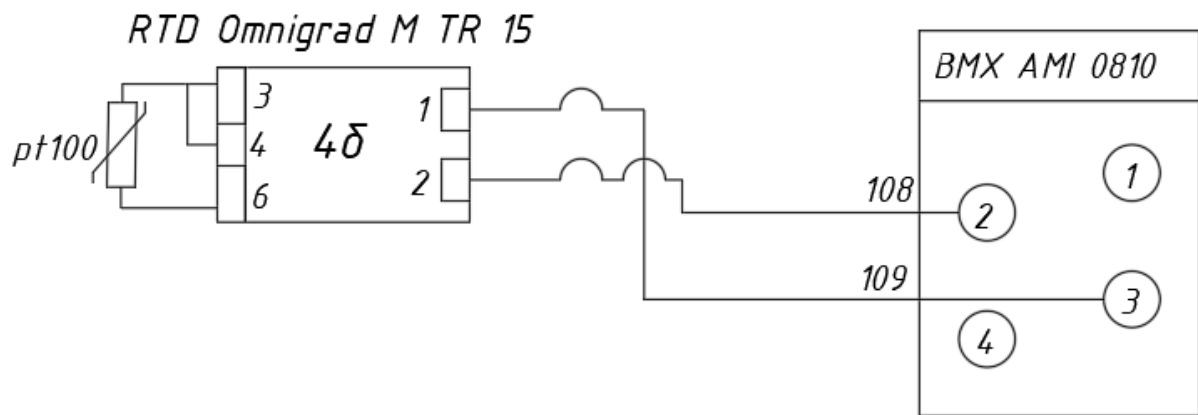


Рис. 3.8 – Схема підключення термометра опору до аналогового модуля ПЛК

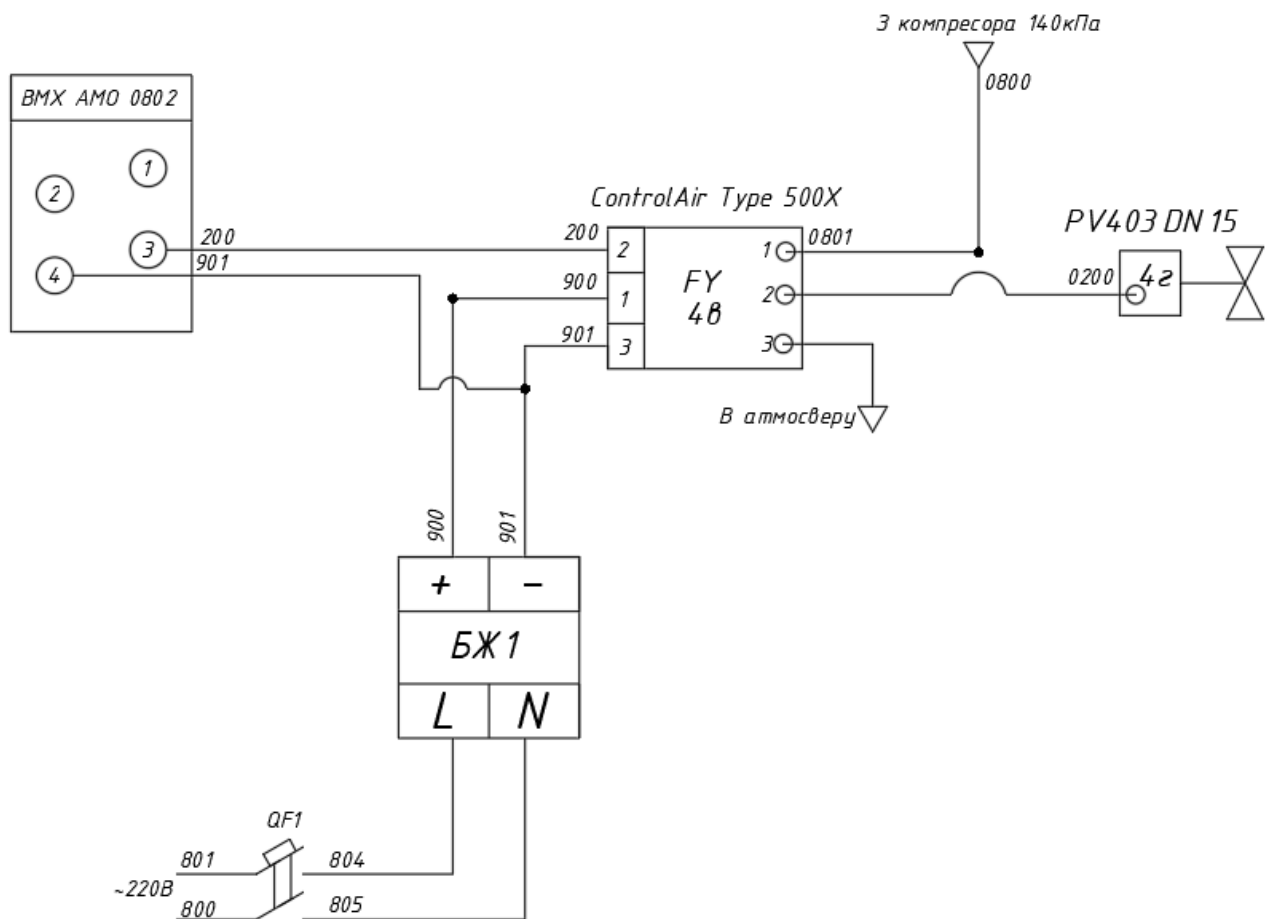


Рис. 3.9 – Схема підключення електропнеumo перетворювача до аналого модуля ПЛК

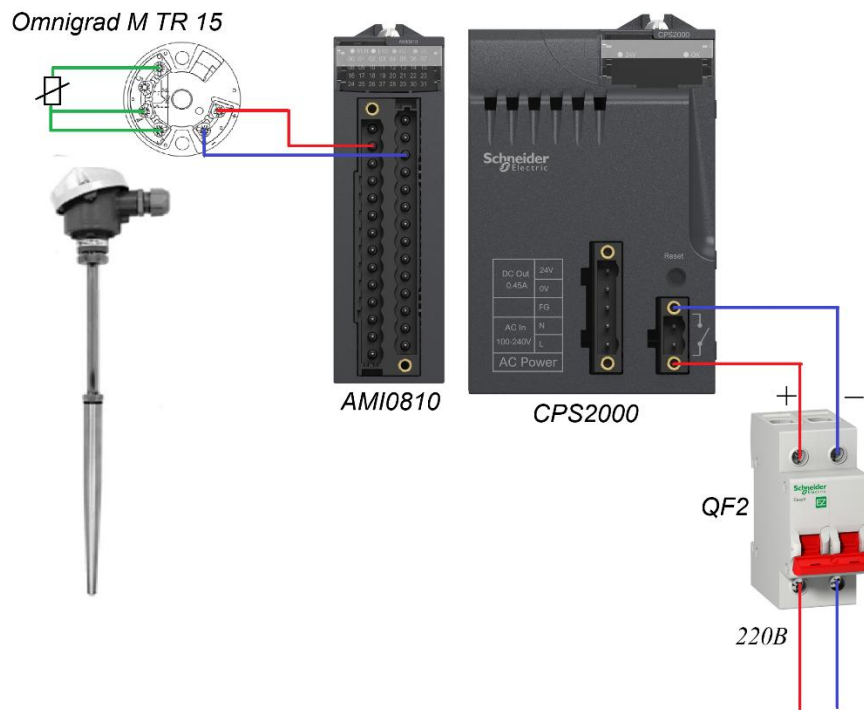


Рис. 3.10 – Графічна схема підключення термометра опору до модуля аналогових входів ВМХ АМІ 0810

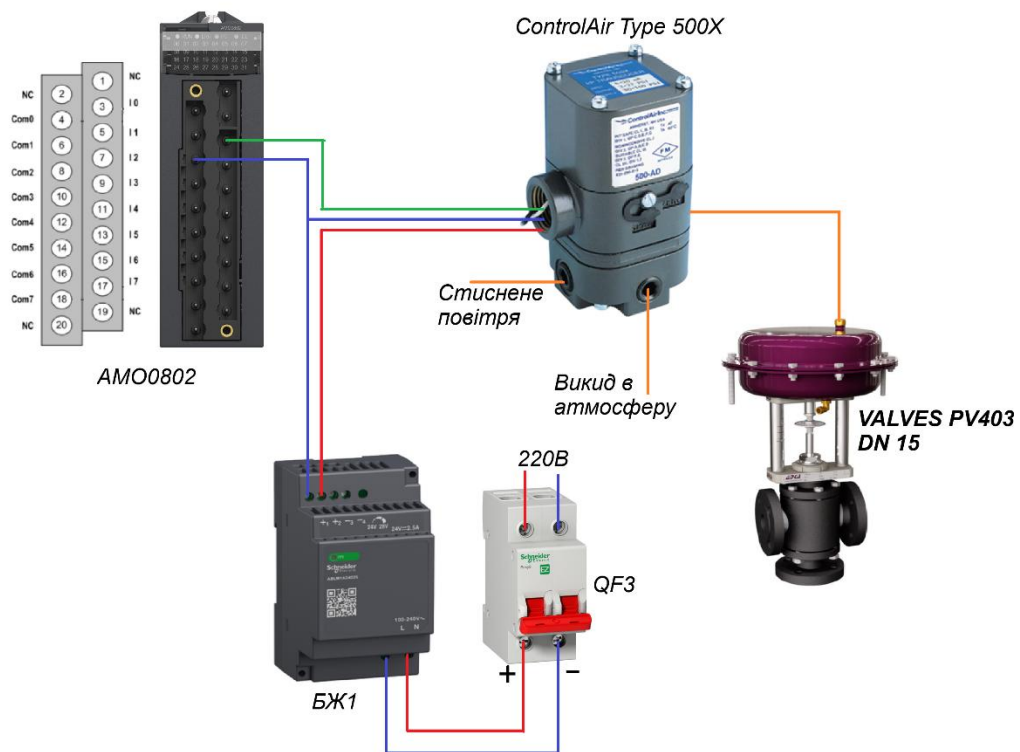


Рис. 3.11 – Графічна схема підключення електропневно перетворювача та клапана до модуля аналогових виходів ВМХ АМО 0802

## Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів



Правильне встановлення термометра опору, наприклад Pt100, передбачає дотримання кількох важливих вимог. Передусім необхідно вибрати місце монтажу, яке забезпечує стабільний тепловий контакт із процесним середовищем, уникаючи зон з поганою циркуляцією або турбулентними потоками. Для забезпечення точності вимірювання рекомендовано занурювати чутливий елемент на глибину не менше 8–10 діаметрів захисної гільзи, зазвичай понад 50 мм, щоб мінімізувати вплив температури стінок обладнання.

При встановленні у трубопроводах термометр слід монтувати під кутом 45° або горизонтально, щоб запобігти накопиченню конденсату у зоні вимірювання. У резервуарах допускається вертикальний або кутовий монтаж. Для захисту чутливого елемента і можливості його заміни без демонтажу технологічної лінії

рекомендується використовувати захисну термогільзу відповідного матеріалу.

При підключенні датчика необхідно застосовувати екранований кабель для зменшення електромагнітних завад та обирати відповідну схему підключення: 2-, 3- або 4-провідну, залежно від вимог до точності вимірювання. Слід уникати встановлення датчика у зонах сильних вібрацій, поблизу джерел електромагнітного поля або у місцях із значними термічними градієнтами. Дотримання цих рекомендацій забезпечує надійну та точну роботу термометра опору у складі системи автоматизації технологічного процесу.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Пінчук Г.Л.			<b>Розробка системи автоматизації процесу дистиляції на спиртовому заводі</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Киричук С.А.					54	3
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			<b>НУХТ АК-4-1</b>			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

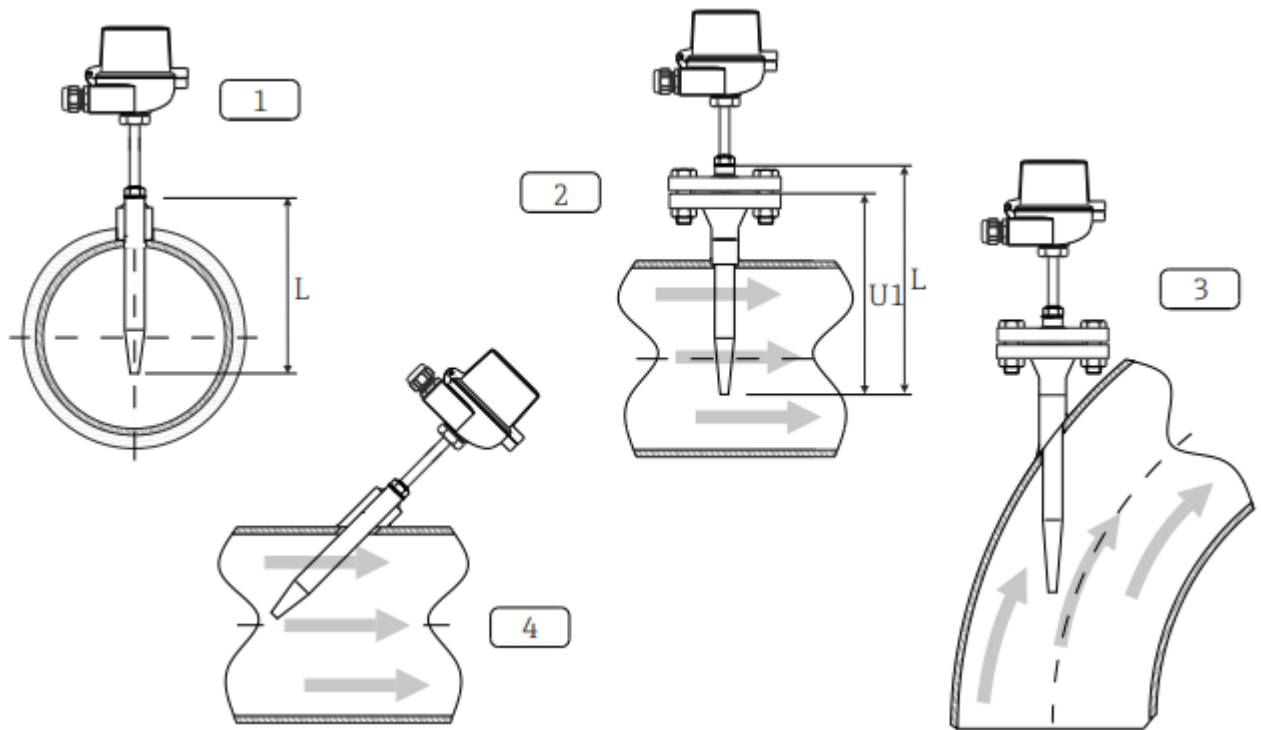


Рис. 4.1 – Схема правильного встановлення RTD Omnigrad M TR 15

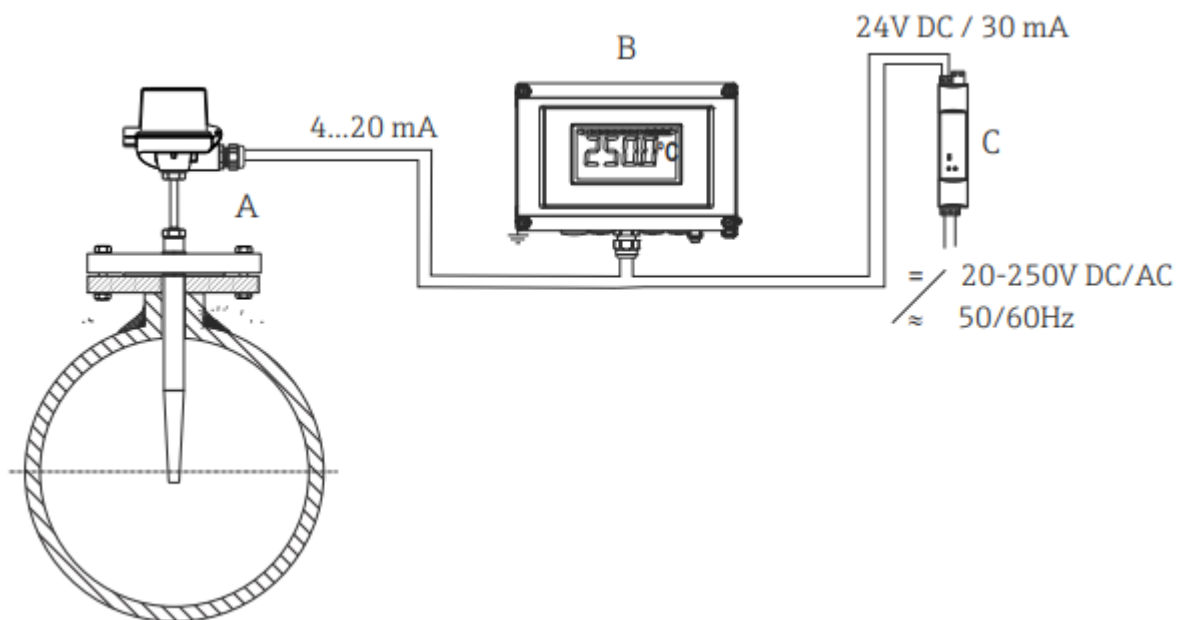


Рис. 4.2 – Принцип роботи RTD Omnigrad M TR 15

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

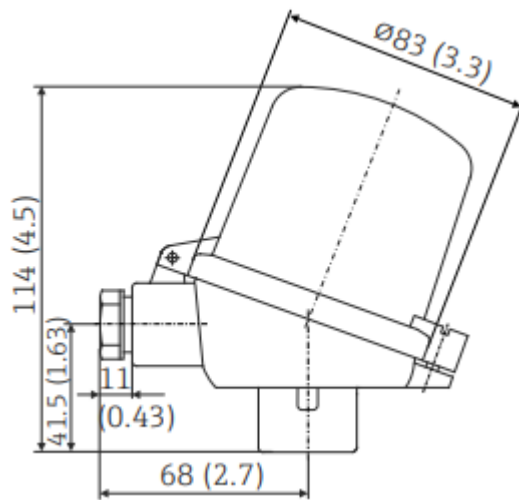


Рис. 4.3 – Креслення датчику RTD Omnigrad M TR 15

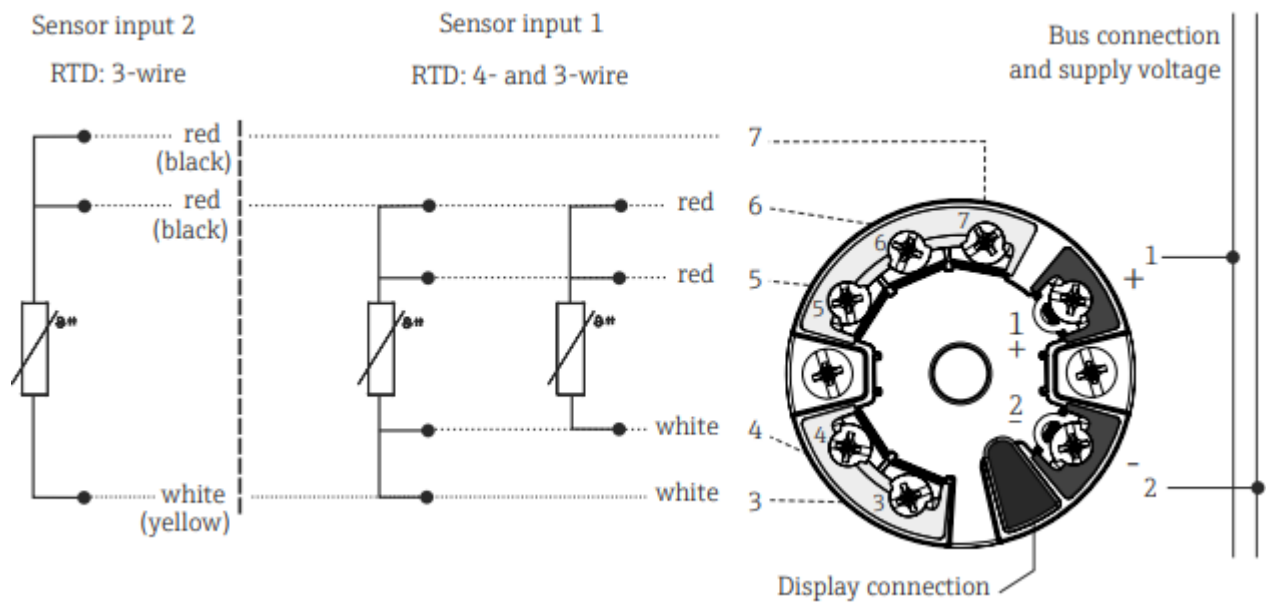


Рис. 4.4 – Схема підключення RTD Omnigrad M TR 15

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

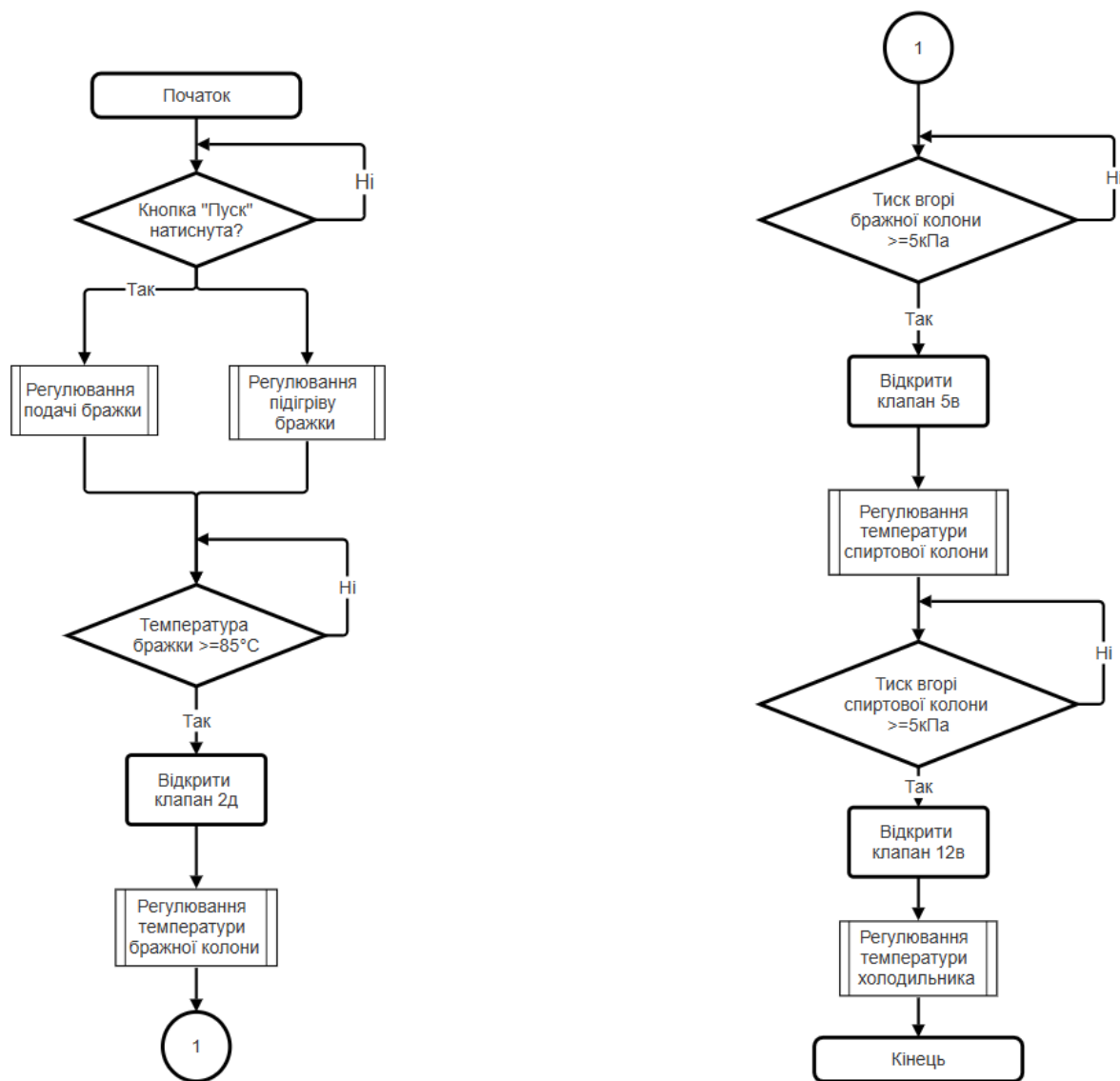


Рис.5.1 Алгоритм роботи програми на мові FBD

					<b>Кваліфікаційна робота</b>							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Розробка системи автоматизації процесу дистиляції на спиртовому заводі</b>			Літ.	Арк.	Аркушів		
								57	11			
Зав. каф.	Смітюх Я.В.							<b>НУХТ АК-4-1</b>				
Секр. ЕК	Проскурка Є.С.											

## Адреси входів-виходів на МПК М340

Входи аналогові та дискретні		
Джерело сигналу	Позначення	Адреси
Питома витрата бражки	FT_1b_INT	%IW0.1.0
Питома витрата пари на розігрів бражки	FT_3b_INT	%IW0.1.1
Питома витрата пари бражна колона	FT_8b_INT	%IW0.1.2
Питома витрата пари спиртова колона	FT_13b_INT	%IW0.1.3
Тиск внизу бражної колони	PT_5a_INT	%IW0.1.4
Тиск вгорі спиртової колони	PT_7a_INT	%IW0.1.5
Тиск внизу спиртової колони	PT_9a_INT	%IW0.1.6
Тиск вгорі спиртової колони	PT_12a_INT	%IW0.1.7
Температура підігрітої бражки	TT_2b_INT	%IW0.2.0
Температура внизу бражної колони	TT_4b_INT	%IW0.2.1
Температура вгорі бражної колони	TT_7b_INT	%IW0.2.2
Температура внизу спиртової колони	TT_9b_INT	%IW0.2.3
Температура вгорі спиртової колони	TT_11b_INT	%IW0.2.4
Температура спирту після холодильника	TT_14b_INT	%IW0.2.5

Входи аналогові та дискретні		
Джерело сигналу	Позначення	Адреси
Соленоїдний клапан після дефлегматора	FT_1b_INT	%Q0.4.0
Соленоїдний клапан після бражної колони	FT_3b_INT	%Q0.4.1
Соленоїдний клапан після спиртової колони	FT_8b_INT	%Q0.4.2
Клапан Регулювання витрати бражки	FT_13b_INT	%QW0.3.0
Клапан Регулювання температури бражки	PT_5a_INT	%QW0.3.1
Клапан Регулювання температури дистиляції	PT_7a_INT	%QW0.3.2
Клапан Регулювання температури укріплення	PT_9a_INT	%QW0.3.3
Клапан Регулювання температури охолодження	PT_12a_INT	%QW0.3.4

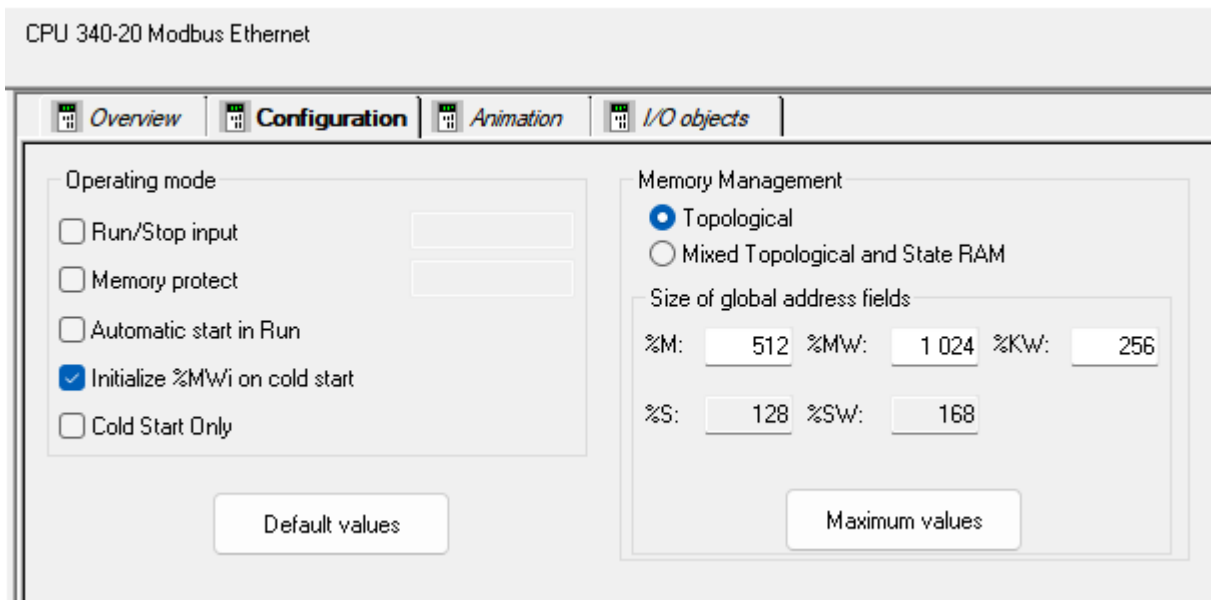


Рис.5.2. Конфігурування процесорного модуля Р34 2000

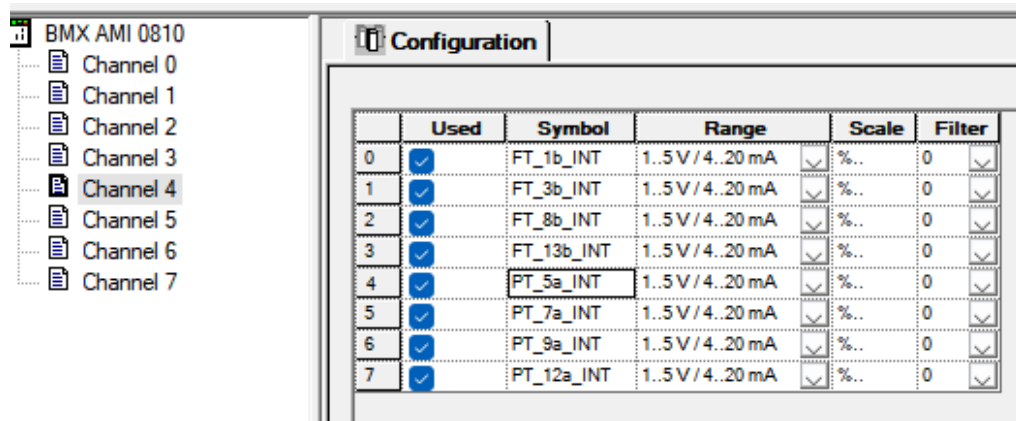


Рис.5.3. Конфігурування модуля аналогових входів BMX AMI 0810(перший модуль)

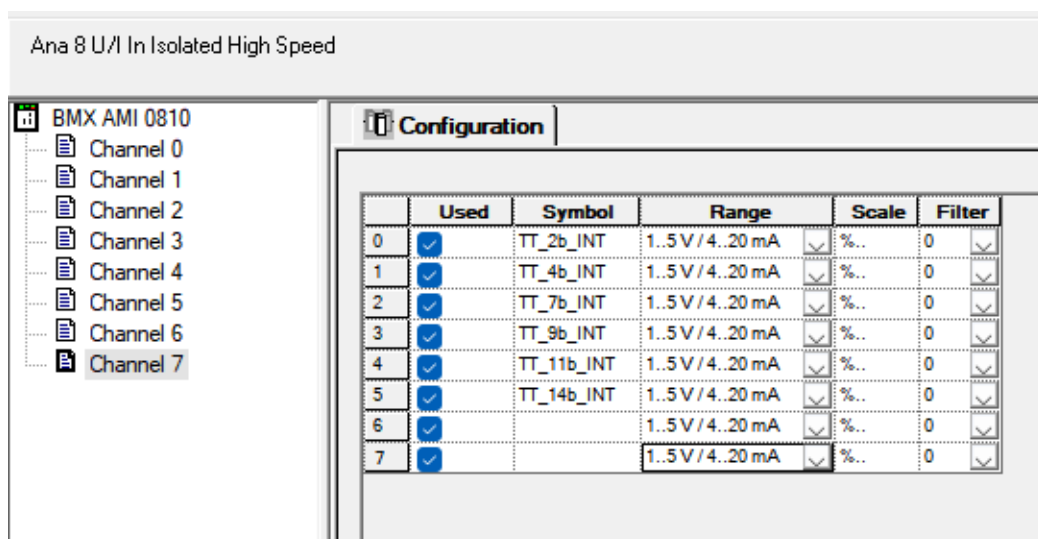


Рис.5.4. Конфігурування модуля аналогових входів BMX AMI 0810(другий модуль)

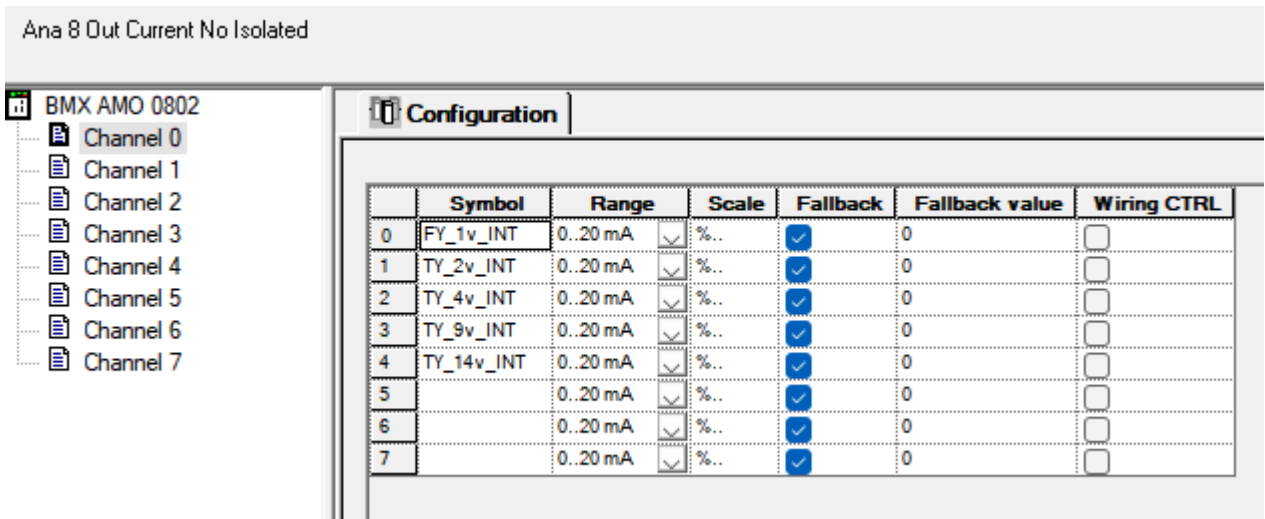


Рис.5.5. Конфігурування модуля аналогових виходів BMX AMO 0802

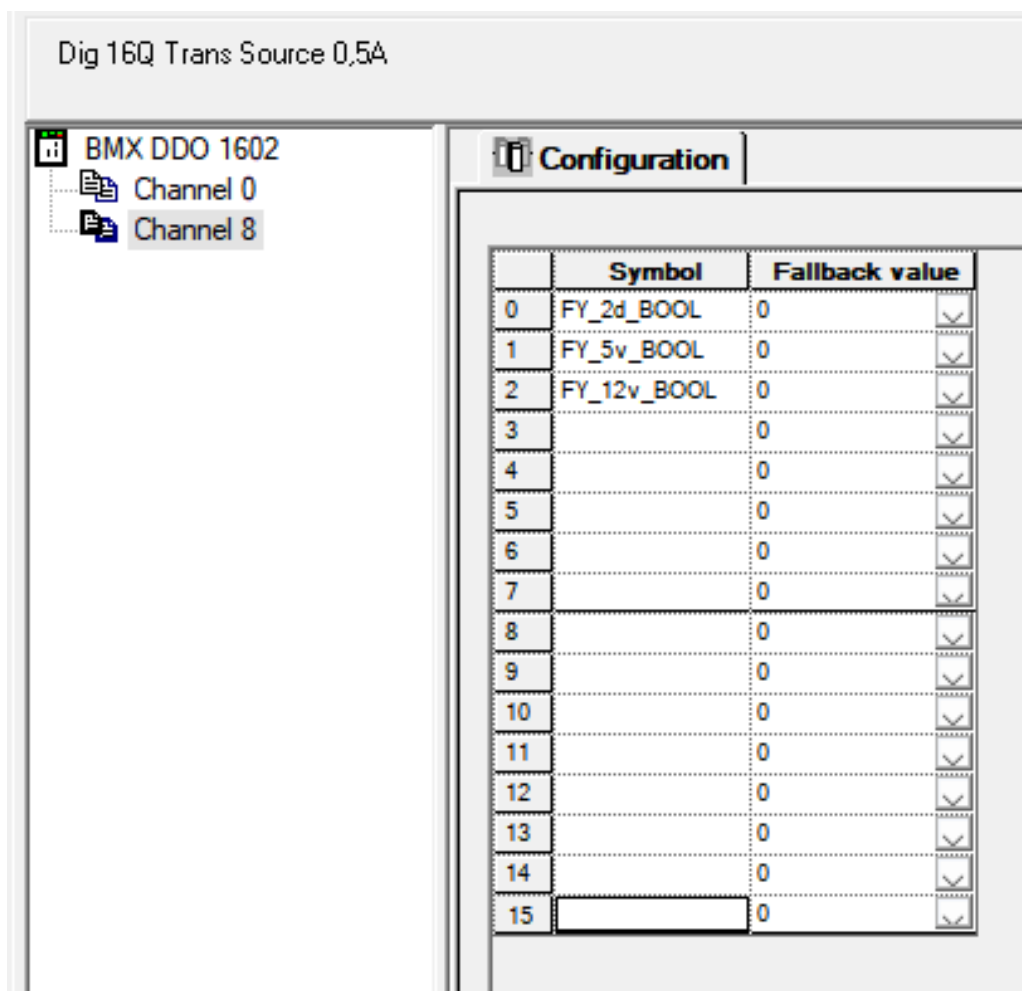
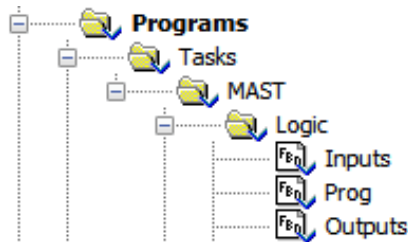


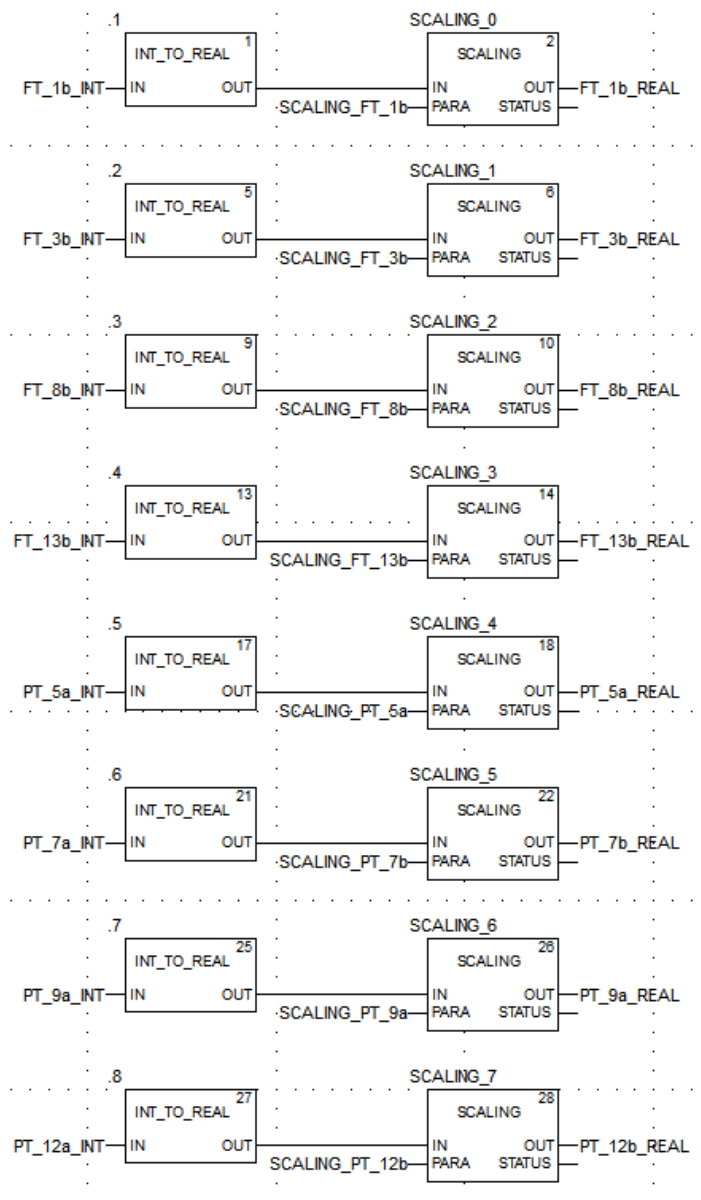
Рис.5.6. Конфігурування модуля дискретних виходів BMX DDO 1602

# Розроблення прикладного програмного забезпечення для реалізації алгоритму керування

Розроблення програми користувача для МПК М340 Mast включає в себе такі секції:

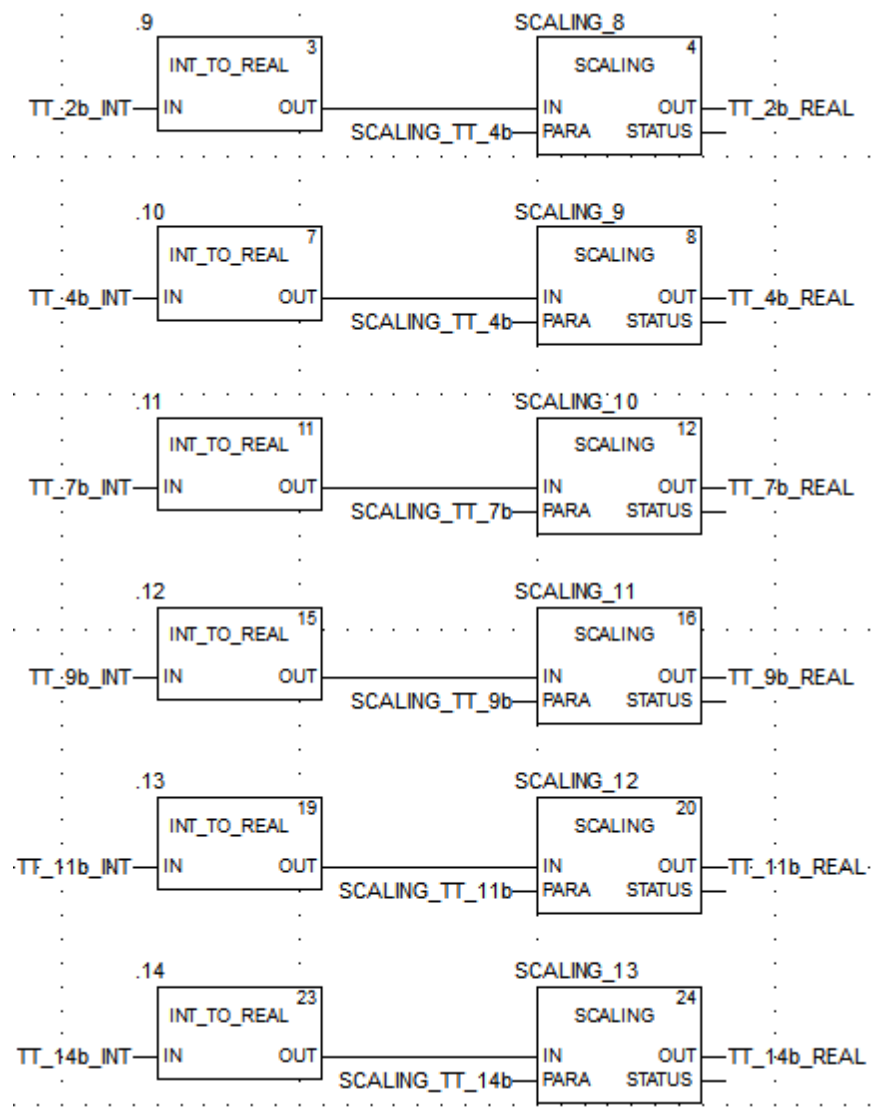


## Секція Inputs



Для входів модуля VMX АМІ 0810 (перший модуль).

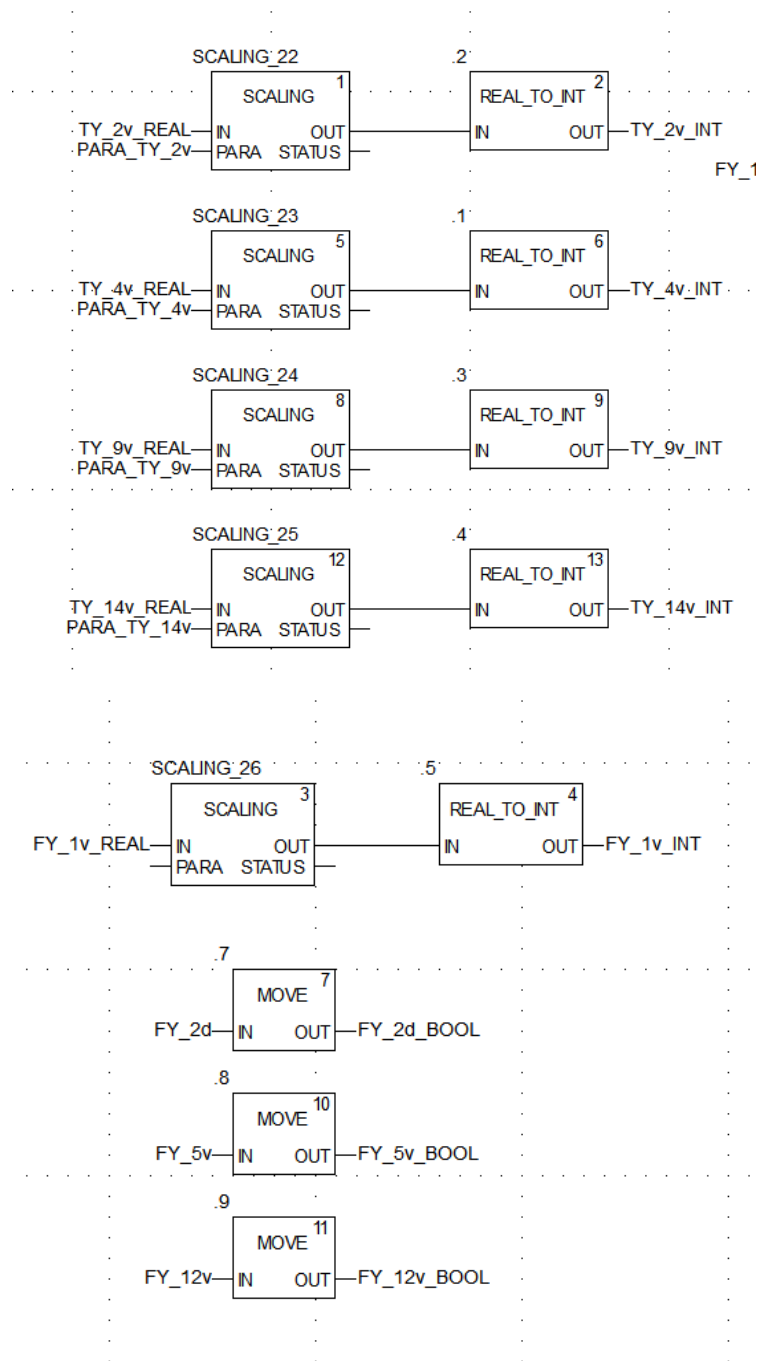
					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61



Для входів модуля ВМХ АМІ 0810 (другий модуль).

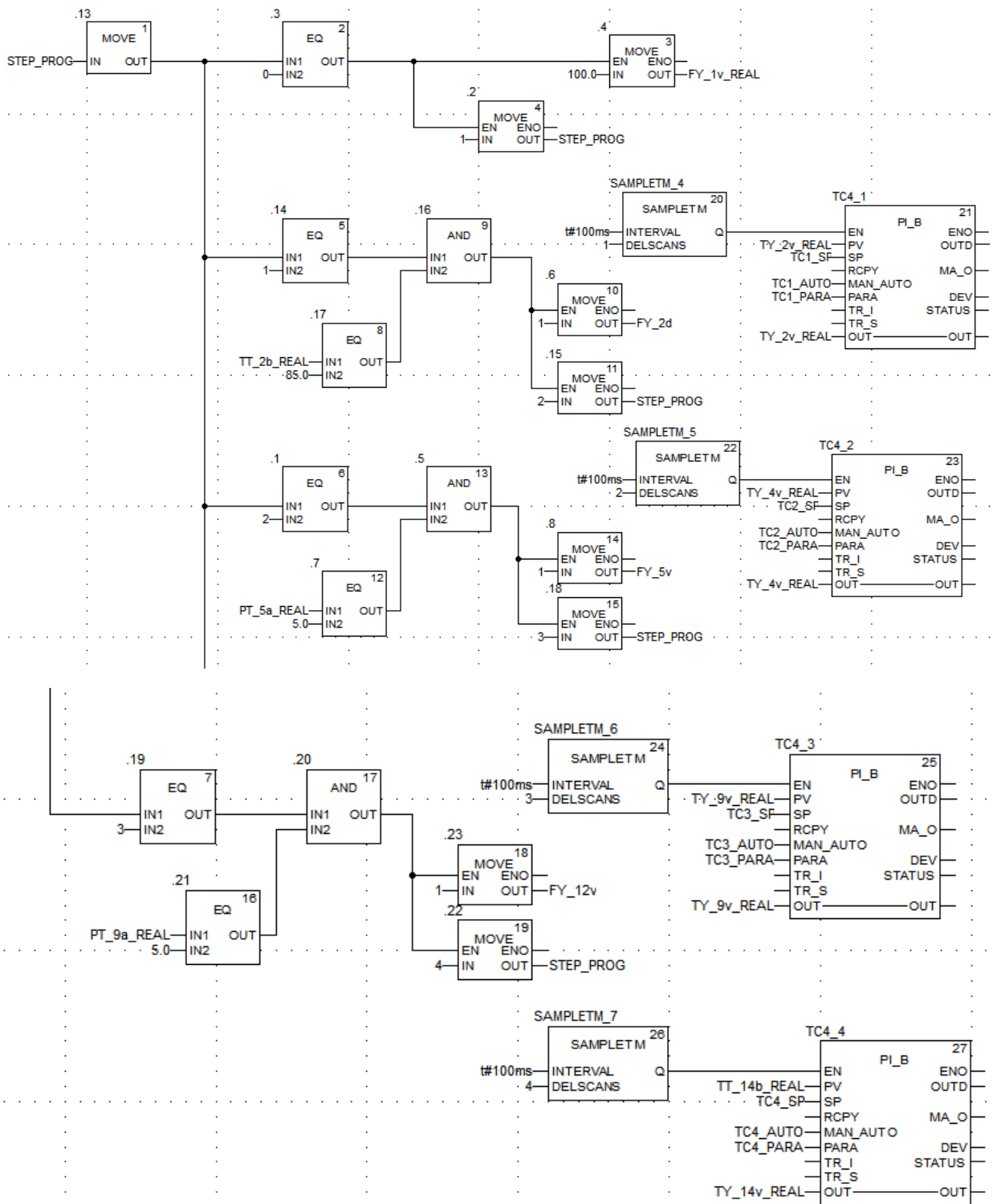
В даній секції відбувається зміна типу даних датчиків рівнів, температур та витрат, з INT в REAL. Це робиться для подальшої роботи змінних у програмі. Та далі ми їх масштабуємо за допомогою функціонального блока SCALING. Так при опитуванні датчика температури сигнал від універсальних аналогових входних модулів перетворюється в діапазон 0-10000. Після масштабування на виході маємо значення в діапазоні 0...100°C або інші значення.

## Секція Outputs



В цій секції я записую дискретні та аналогові виходи. Тут масштабується значення клапанів, які отримуються в ході виконання програми 0...100% і після масштабування на аналогових виходах маємо значення в діапазоні 0-10000. Або передаю уявні дискретні значення на клапани, в моєму випадку соленоїдні клапани.

## Секція Программ

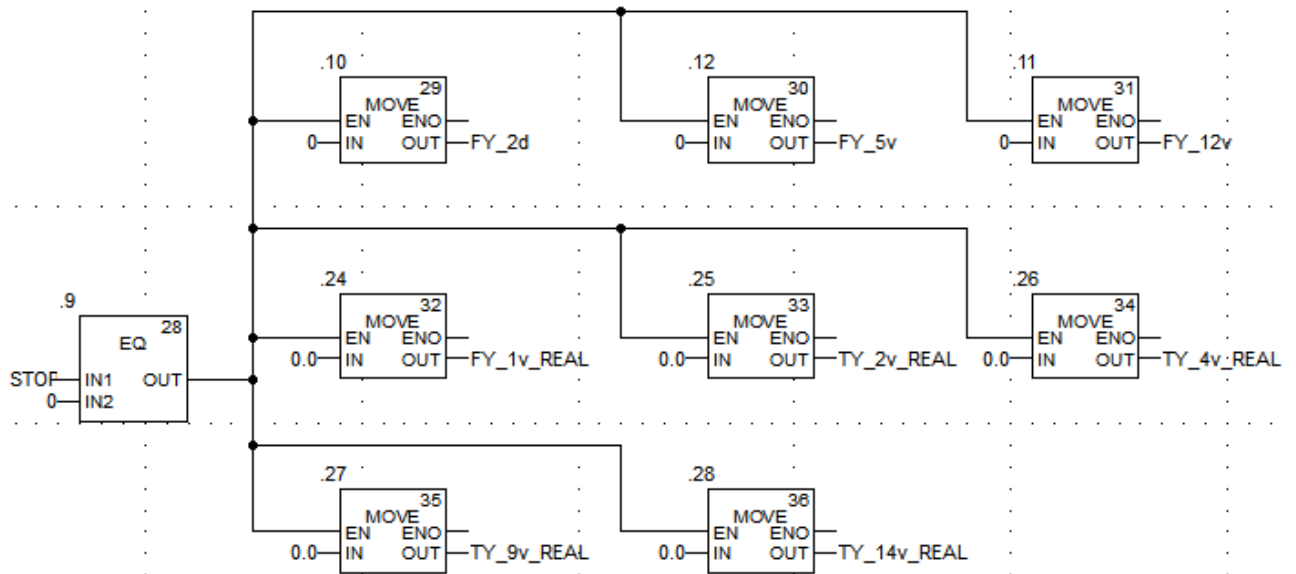


Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

*Кваліфікаційна робота*

Арк.

64



Name	Type	Value	Comment	Address
FT_1b_REAL	REAL			
FT_3b_REAL	REAL			
FT_8b_REAL	REAL			
FT_13b_REAL	REAL			
FY_1v_REAL	REAL			
FY_2d	EBOOL		Уявний Соленоїдний клапан після спирттової колони	
FY_5v	EBOOL		Уявний Соленоїдний клапан бражної колони	
FY_12v	EBOOL		Уявний Соленоїдний клапан після дефлегматора	
PT_5a_REAL	REAL			
PT_7b_REAL	REAL			
PT_9a_REAL	REAL			
PT_12b_REAL	REAL			
sd	BOOL			
START	BOOL		Старт прог	
STEP_PROG	INT			
STOP	BOOL		Кінець прог	
TC1_AUTO	EBOOL	1	Режим роботи ПІ-регулятора	
TC1_SP	REAL	85.0	задане значення PI	
TC2_AUTO	EBOOL	1	Режим роботи ПІ-регулятора	
TC2_SP	REAL	105.0	задане значення PI	
TC3_AUTO	EBOOL	1	Режим роботи ПІ-регулятора	
TC3_SP	REAL	84.0	задане значення PI	
TC4_AUTO	EBOOL	1	Режим роботи ПІ-регулятора	
TC4_SP	REAL	20.0	задане значення PI	
TT_2b_REAL	REAL			
TT_4b_REAL	REAL			
TT_7b_REAL	REAL			
TT_9b_REAL	REAL			
TT_11b_REAL	REAL			
TT_14b_REAL	REAL			
TY_2v_REAL	REAL			
TY_4v_REAL	REAL			
TY_9v_REAL	REAL			
TY_14v_REAL	REAL			

Рис 5.7 Символьні позначення в ПЛК

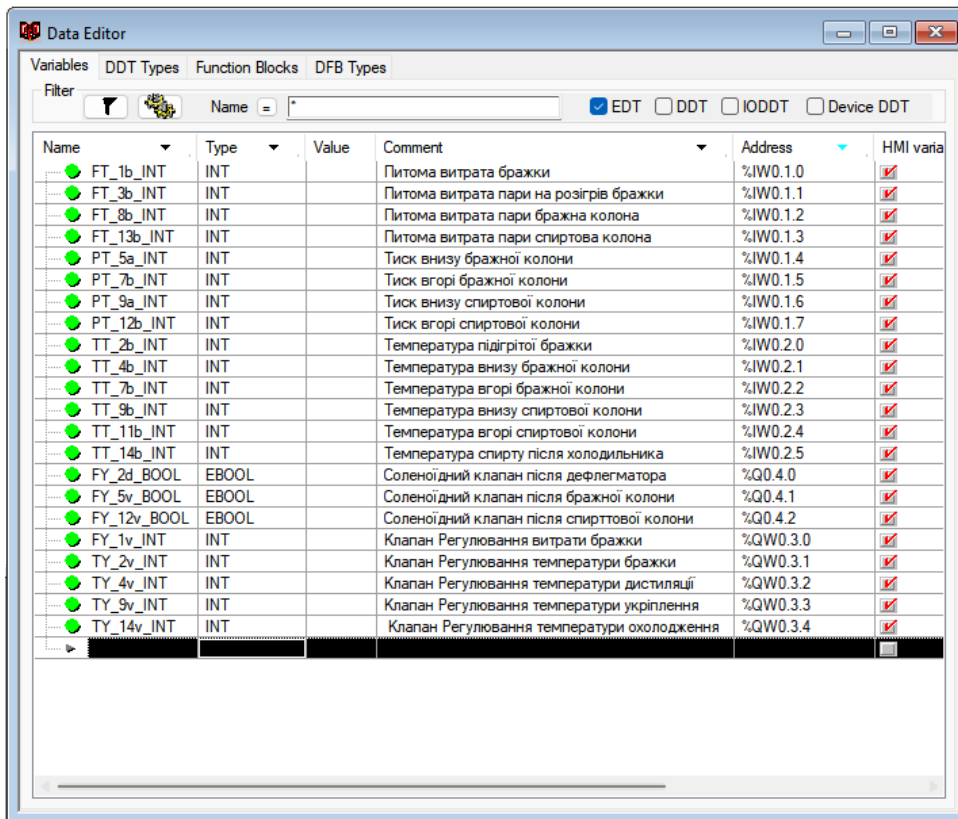


Рис 5.8 Адресація входів виходів

Name	Type	Value	Comment
SAMPLETM_0	SAMPLETM		
SAMPLETM_1	SAMPLETM		
SAMPLETM_2	SAMPLETM		
SAMPLETM_3	SAMPLETM		
SAMPLETM_4	SAMPLETM		
SAMPLETM_5	SAMPLETM		
SAMPLETM_6	SAMPLETM		
SAMPLETM_7	SAMPLETM		
SAMPLETM_8	SAMPLETM		
SCALING_0	SCALING		
SCALING_1	SCALING		
SCALING_2	SCALING		
SCALING_3	SCALING		
SCALING_4	SCALING		
SCALING_5	SCALING		
SCALING_6	SCALING		
SCALING_7	SCALING		
SCALING_8	SCALING		
SCALING_9	SCALING		
SCALING_10	SCALING		
SCALING_11	SCALING		
SCALING_12	SCALING		
SCALING_13	SCALING		
SCALING_14	SCALING		
SCALING_15	SCALING		
SCALING_16	SCALING		
SCALING_17	SCALING		
SCALING_18	SCALING		
SCALING_19	SCALING		
SCALING_20	SCALING		
SCALING_21	SCALING		
SCALING_22	SCALING		
SCALING_23	SCALING		
SCALING_24	SCALING		
SCALING_25	SCALING		
SCALING_26	SCALING		
TC4_1	PI_B		
TC4_2	PI_B		
TC4_3	PI_B		
TC4_4	PI_B		
TC4_5	PI_B		

Рис 5.9 Функціональні блоки

Name	Type	Value	Comment
PARA_LY_1v	Para_SCALING		
in_min	REAL	0.0	Lower limit of the input scale
in_max	REAL	100.0	Upper limit of the input scale
out_min	REAL	0.0	Lower limit of the output scale
out_max	REAL	10000.0	Upper limit of the output scale
clip	BOOL	True	"1": the value of the OUT output is limited by out_min an...
PARA_TY_2v	Para_SCALING		
in_min	REAL	0.0	Lower limit of the input scale
in_max	REAL	100.0	Upper limit of the input scale
out_min	REAL	0.0	Lower limit of the output scale
out_max	REAL	10000.0	Upper limit of the output scale
clip	BOOL	True	"1": the value of the OUT output is limited by out_min an...
PARA_TY_4v	Para_SCALING		
PARA_TY_9v	Para_SCALING		
PARA_TY_14v	Para_SCALING		
SCALING_FT_1b	Para_SCALING		
SCALING_FT_3b	Para_SCALING		
SCALING_FT_8b	Para_SCALING		
SCALING_FT_13b	Para_SCALING		
SCALING_PT_5a	Para_SCALING		
SCALING_PT_7b	Para_SCALING		
SCALING_PT_9a	Para_SCALING		
SCALING_PT_12b	Para_SCALING		
SCALING_TT_2b	Para_SCALING		
SCALING_TT_4b	Para_SCALING		
SCALING_TT_7b	Para_SCALING		
SCALING_TT_9b	Para_SCALING		
SCALING_TT_11b	Para_SCALING		
SCALING_TT_14b	Para_SCALING		
TC1_PARA	Para_PI_B		
TC2_PARA	Para_PI_B		
TC3_PARA	Para_PI_B		
TC4_PARA	Para_PI_B		

Рис 5.10 Масштабування

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

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

Одним із важливих етапів створення автоматизованої системи керування брагоперегінним апаратом є розробка людино-машинного інтерфейсу (Human Machine Interface — HMI) оператора-технолога, реалізованого на базі SCADA-системи (Supervisory Control And Data Acquisition).

У дипломній роботі було обрано програмне забезпечення SCADA — виробництва **Vijeo Citect** Schneider Electric. Ця SCADA-система дозволяє візуалізувати технологічні процеси, здійснювати моніторинг та керування виробництвом у реальному часі, вести архівування та аналіз даних, а також забезпечувати інформативну сигналізацію і тривожні повідомлення.

Розробка HMI включала створення графічних мнемосхем, на яких представлено основне обладнання брагоперегінного апарата: бражна колона, дефлегматор, холодильник, ємності та допоміжні технологічні вузли. Кожен технологічний параметр (температура, тиск, витрата та рівень) відображений у вигляді цифрових показників та графічних трендів для оперативного аналізу процесу.

В інтерактивному середовищі оператора-технолога передбачено засоби ручного та автоматичного керування основними регулюючими органами (клапанами, насосами, приводами), а також налаштування параметрів ПІ-регуляторів безпосередньо з операторського робочого місця.

Додатково реалізовано систему тривожних повідомлень та сигналізації, яка дозволяє оперативно виявляти та реагувати на аварійні ситуації і відхилення технологічних параметрів від заданих норм. SCADA-система також дозволяє вести архів технологічних даних, що значно спрощує процедури аналізу процесу та покращує його контрольованість.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Пінчук Г.Л.</i>			<i>Розробка системи автоматизації процесу дистиляції на спиртовому заводі</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Киричук С.А.</i>					68	5
<i>Зав. каф.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>			<i>НУХТ АК-4-1</i>			
<i>Секр. ЕК</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>						

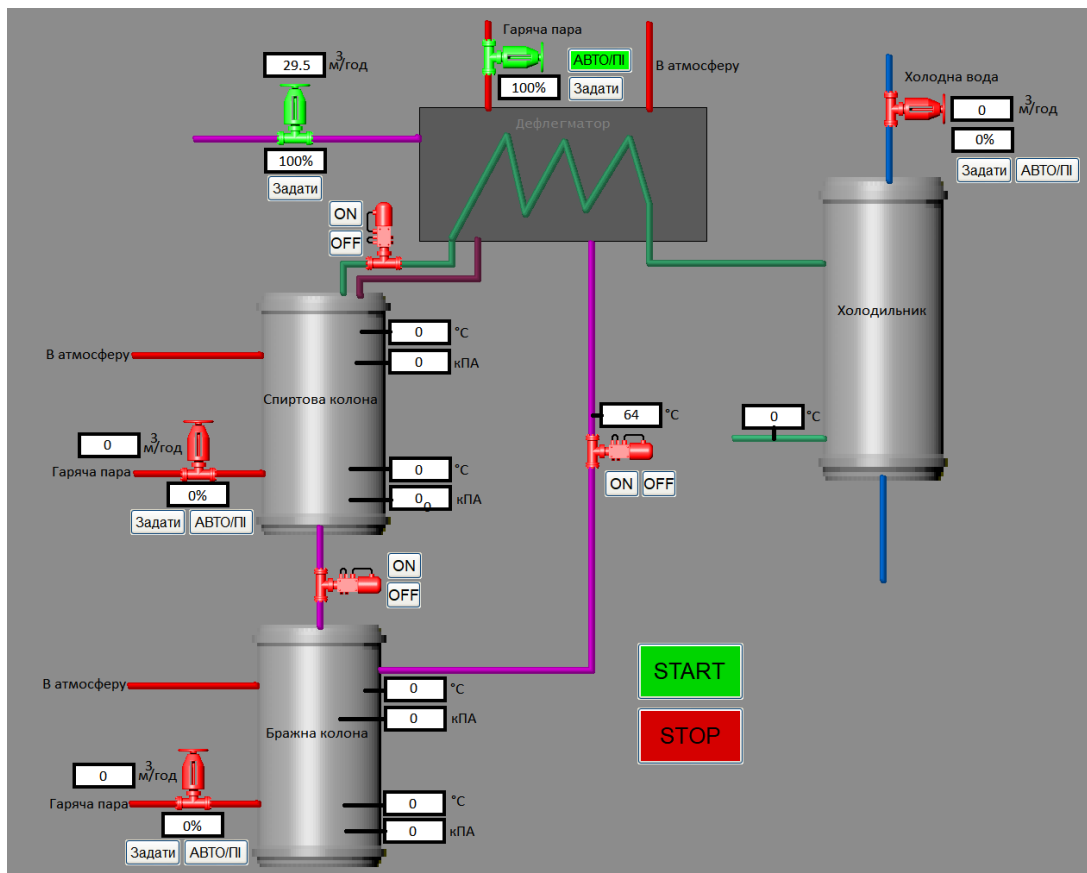
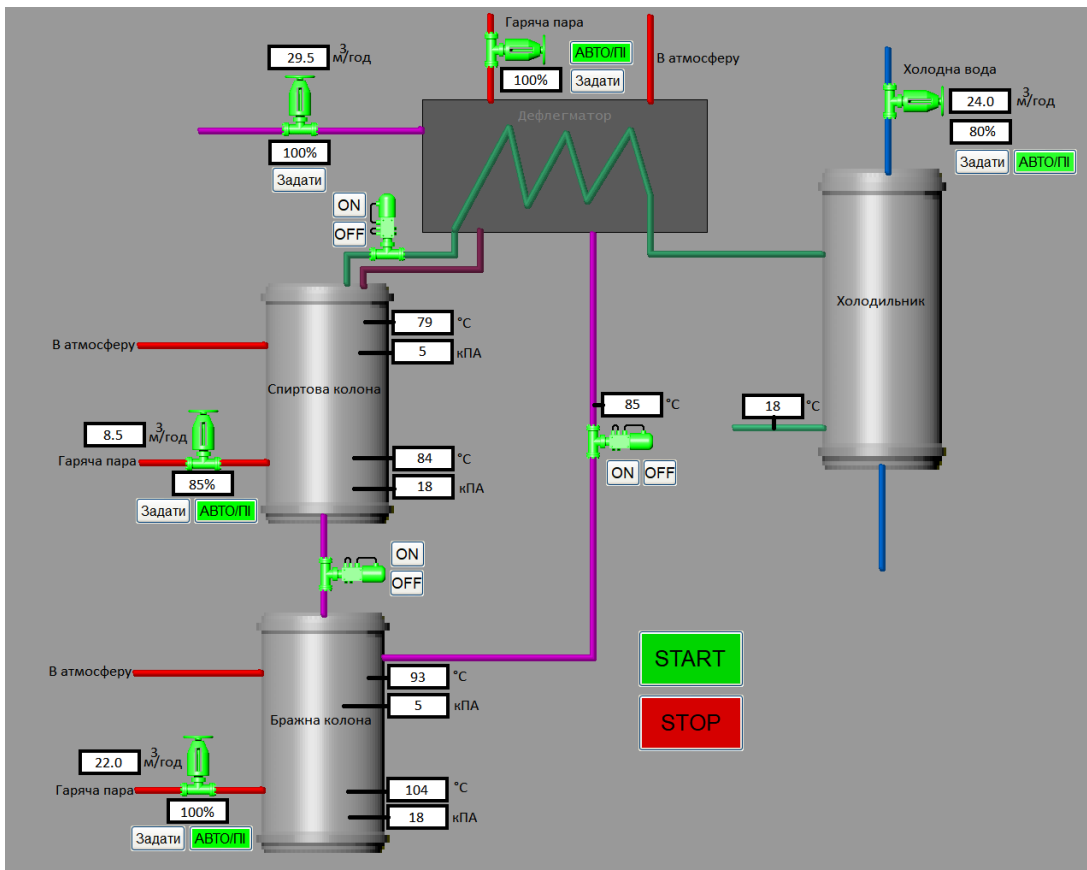
Таким чином, розроблений людино-машинний інтерфейс SCADA забезпечує ефективну взаємодію оператора-технолога з автоматизованою системою керування, знижує ймовірність людської помилки та підвищує стабільність і ефективність технологічного процесу виробництва спирту-сирцю.

Вхідні сигнали					
Коментар	Адрес	Контролерні одиниці	Фізичні одиниці	Назва змінного тегу	Тип даних
Питома витрата бражки	%MW0	0-10000	0-100%	FT_1Б_INT	Int
Питома витрата пари на розігрів бражки	%MW1	0-10000	0-100%	FT_3Б_INT	Int
Питома витрата пари бражна колона	%MW2	0-10000	0-100%	FT_8Б_INT	Int
Питома витрата пари спиртова колона	%MW3	0-10000	0-100%	FT_13Б_INT	Int
Тиск внизу бражної колони	%MW4	0-10000	0-100 кПа	PT_5A_INT	Int
Тиск вгорі спиртової колони	%MW5	0-10000	0-100кПа	PT_7A_INT	Int
Тиск внизу спиртової колони	%MW6	0-10000	0-100 кПа	PT_9A_INT	Int
Тиск вгорі спиртової колони	%MW7	0-10000	0-100 кПа	PT_12A_INT	Int

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Температура підігрітої бражки	%MW9	0-10000	0-150°C	ТТ_2Б_INT	Int
Температура внизу бражної колони	%MW10	0-10000	0-150°C	ТТ_4Б_INT	Int
Температура вгорі бражної колони	%MW11	0-10000	0-150°C	ТТ_7Б_INT	Int
Температура внизу спиртової колони	%MW11	0-10000	0-150°C	ТТ_9Б_INT	Int
Температура вгорі спиртової колони	%MW12	0-10000	0-150°C	ТТ_11Б_INT	Int
Температура спирту після холодильника	%MW13	0-10000	0-150°C	ТТ_14Б_INT	Int

## 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Для зручності наочного сприйняття функціональних схем об'єктів, контрольованих або керованих, застосовують мнемосхеми - графічні зображення схем цих об'єктів.

Дисплейні мнемосхеми оператора (або просто «мнемосхеми») є ключовими елементами людино-машинного інтерфейсу (НМІ). Їх головне завдання — наочно візуалізувати технологічний процес на екрані оператора. Вони відображають поточний стан обладнання, датчиків, клапанів і насосів, показують значення технологічних параметрів (температуру, тиск, витрату, рівень) і сигналізують про відхилення чи аварійні ситуації.

Мнемосхеми дозволяють оператору швидко оцінити ситуацію, оперативно реагувати на зміну режимів роботи установки, а також дистанційно керувати обладнанням, перемикаючи режими або змінюючи налаштування. Завдяки чіткій графічній формі інформації оператор отримує можливість візуально контролювати і аналізувати процес, знижуючи ризик помилок і підвищуючи ефективність керування.

Таким чином, мнемосхема є важливим засобом інформування, керування, діагностики і моніторингу автоматизованого технологічного процесу.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

## Висновки

У кваліфікаційній роботі розглянуто процес розробки системи автоматизації виробництва спирту-сирцю на брагоперегінному апараті з використанням сучасних технічних засобів автоматизації.

Для автоматизації технологічного процесу було застосовано промисловий програмований логічний контролер **Modicon M340** виробництва компанії **Schneider Electric**, а програмування виконувалося у середовищі **Unity Pro XL**.

З метою зручного моніторингу й оперативного керування технологічним процесом з боку оператора була розроблена дисплейна мнемосхема у середовищі SCADA-системи **Vijeo Citect 7.20**.

Результатом виконаної роботи стала ефективна система автоматизованого управління процесом виробництва спирту-сирцю, що дозволяє підвищити стабільність і якість кінцевого продукту, зменшити витрати ресурсів і мінімізувати ймовірність помилок з боку персоналу. Це сприяє загальному зростанню ефективності технологічного процесу та покращенню економічних показників підприємства.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

## Список використаної літератури

1. Schneider Electric. [Електронний ресурс]: "Modicon M340 Programmable Logic Controller System Planning Guide". Schneider Electric, 2021.
2. Schneider Electric. [Електронний ресурс]: "EcoStruxure Control Expert (Unity Pro) Software User Manual". Schneider Electric, 2022.
3. Endress+Hauser. [Електронний ресурс]: "Omnigrad M TR15 Technical Information". Endress+Hauser AG, Switzerland, 2021.
4. Endress+Hauser. [Електронний ресурс]: "Proline Prowirl 73 Technical Information". Endress+Hauser AG, Switzerland, 2020.
5. Endress+Hauser. [Електронний ресурс]: "Cerabar S PMP75 Technical Information". Endress+Hauser AG, Switzerland, 2021.
6. ControlAir Inc. [Електронний ресурс]: "Type 500X Electro-Pneumatic I/P Transducer Technical Specification". ControlAir, USA, 2020.
7. Bürkert Fluid Control Systems. [Електронний ресурс]: "Solenoid Valves Type 5404 Technical Data Sheet". Bürkert, Germany, 2021.
8. Valsteam ADCA Engineering S.A. [Електронний ресурс]: "Pneumatic Control Valves PV403 Series Datasheet". ADCA, Portugal, 2021.
9. ASCO (Emerson). [Електронний ресурс]: "Solenoid Valves Series 210 and 238 Product Data". Emerson Automation Solutions, USA, 2020.
10. International Society of Automation. "ISA-5.1-2009 Instrumentation Symbols and Identification". ISA, USA, 2009.
11. Schneider Electric. [Електронний ресурс]: "Vijeo Citect 7.20 User Manual". Schneider Electric, Australia, 2018.
12. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К. : Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.
13. 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.

14.

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

- 15.Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навчальний посібник / В.Г. Трегуб. — К. : Видавництво Ліра-К, 2014. — 344 с.
- 16.Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: навчальний посібник / В. Г. Трегуб.— К.: НУХТ, 2006 – 139 с.
- 17.Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій [Текст]: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с.
- 18.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.
- 19.Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.1 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2004. – 184 с.
- 20.Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.2 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2005. – 115 с.
- 21.Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, О.П. Лобок, А.П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2007.–160 с.
- 22.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.
- 23.Луцька Н.М. Оптимальні та робастні системи керування технологічними об'єктами : монографія / Н.М.Луцька, А.П.Ладанюк. – К. : Видавництво Ліра-К, 2015. – 288 с.
- 24.Ельперін І.В. Промислові контролери [Текст]: навчальний посібник / І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2003. – 320 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

25. 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.
26. 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.
27. 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.
28. Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології: курс лекцій для студ. напряму 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання. / О.М. Пупена. – К.: НУХТ, 2011. – 67 с.
29. 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.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76