МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ „ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ ТА СИСТЕМ КЕРУВАННЯ
КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА КОМП’ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до бакалаврської кваліфікаційної роботи на тему:

АВТОМАТИЗАЦІЯ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНОЇ СТАНЦІЇ «УСТИЛУГ»

AUTOMATION OF «USTYLUG» GAS DISTRIBUTION STATION

Студентка групи *АВ-43 Левицька Христина Василівна*
(*шифр, прізвище, ім’я, по-батькові)*

Керівник роботи: / *д. т. н.,проф. Ольга ХИМКО* /

Консультанти: Охорона праці _____ / *доц. Юрій КІТ* /

Економіка _____ / *доц. Наталія МИХАЙЛИК* /

Мікропроцесорних засобів автоматизації_____ / *доц. Ігор КОСТИК* /

Завідувач кафедри: _____ / *д. т. н.,проф. Федір МАТІКО* /

Львів 2025 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”

Інститут *ЕСК* Кафедра *АВКТ*
Спеціальність *151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”*

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Завідувач кафедри *АВКТ*
д.т.н., проф. Федір МАТІКО

“____”_____20 __р.

ЗАВДАННЯ
НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ
Левицька Христина Василівна
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи: *Автоматизація газорозподільної станції «Устилуг»*
затверджена наказом по університету від “*26*” *травня* 2025 р., № *1766-4-08*
Термін здачі студентом закінченої роботи “*13*” *червня* 2025 р.

2. Вихідні дані для роботи:
1. Технологічна схема
2. Опис технологічного процесу

3. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які належить розробити):
Вступ
1. Аналіз технологічного процесу, як об'єкта керування
2. Техніко-економічне обґрунтування функціональної схеми автоматизації
3. Обґрунтування вибору технічних засобів автоматизації
4. Розроблення та опис розгорнутої функціональної схеми автоматизації
5. Програмне забезпечення системи автоматизації
6. Принципові електричні схеми з'єднань засобів автоматизації
7. Охорона праці при впровадженні та експлуатації системи автоматизації
8. Обґрунтування економічної доцільності впровадження системи автоматизації
Висновки

4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень):
1. Функціональна схема автоматизації
2. Програма функціонування мікропроцесорного програмованого засобу автоматизації
3. Принципова електрична схема з’єднань засобів автоматизації
4. Людино-машинний інтерфейс системи автоматизації

5. Консультанти роботи:

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Економіки	*доц. Михайлик Н.І.*		
Охорони праці	*доц. Кіт Ю. В.*		
Мікропроцесорних програмованих засобів автоматизації	*доц. Костик І.В.*		

6. Дата видачі завдання: *19 травня 2025 р.*

Керівник роботи: _____ / *д.т.н., проф. Ольга ХИМКО* /
(підпис)

Завдання прийняв до виконання: _____ / *Христина ЛЕВИЦЬКА* /
(підпис)

Календарний план

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	*Вступ*	*21.05.2025р.*	
2.	*Аналіз технологічного процесу, як об'єкта керування*	*21.05.2025р.*	
3.	*Техніко-економічне обґрунтування функціональної схеми автоматизації*	*22.05.2025р.*	
4.	*Обґрунтування вибору технічних засобів автоматизації*	*23.05.2025р.*	
5.	*Розроблення та опис розгорнутої функціональної схеми автоматизації*	*26.05.2025р.*	
6.	*Програмне забезпечення системи автоматизації*	*28.05.2025р.*	
7.	*Людино-машинний інтерфейс системи автоматизації*	*30.05.2025р.*	
8.	*Принципові електричні схеми з'єднань засобів автоматизації*	*02.06.2025р.*	
9.	*Охорона праці при впровадженні та експлуатації системи автоматизації*	*05.06.2025р.*	
10.	*Обґрунтування економічної доцільності впровадження системи автоматизації*	*10.06.2025р.*	
11.	*Висновки*	*12.06.2025р.*	

Студентка: _____ /*Христина ЛЕВИЦЬКА* /
(підпис)

Керівник роботи: _____ / *д.т.н., проф. Ольга ХИМКО* /
(підпис)

АНОТАЦІЯ

Обсяг пояснювальної записки – 94 сторінки, кількість ілюстрацій – 57, кількість таблиць –7 , кількість додатків – 0 , кількість використаних джерел – 35, кількість графічний плакатів – 4 .

Об'єктом дослідження бакалаврської кваліфікаційної роботи є функціонування газорозподільної станції «Устилуг».

Предметом дослідження є система керування газорозподільною станцією «Устилуг»

Метою дослідження є розроблення системи автоматизації керування газорозподільною стацією «Устилуг».

У розділі 1 бакалаврської кваліфікаційної роботи здійснено аналіз нормативних вимог та стандартів, які описують технологічний процес роботи ГРС. На підставі цих матеріалів виконано опис технологічного процесу роботи ГРС та проаналізовано процеси, які там відбуваються. Сформовано технологічну карту, в якій вказано номінальні значення технологічних параметрів та їх допустимі відхилення, а також здійснено розробку структурної схеми взаємозв'язків між параметрами.

У розділі 2 бакалаврської кваліфікаційної роботи здійснено аналіз структурної схеми взаємозв'язків між технологічними параметрами. Сформовано у вигляді таблиці координати регулювання, вимірювання, контролю, сигналізації, захисту та блокування. Розроблено функціональну схему автоматизації ГРС, а також наведено перелік контурів, які вона передбачає.

У розділі 3 бакалаврської кваліфікаційної роботи здійснено вибір технічних засобів автоматизації, а також проведено обгрунтування вибору мікроконтролера серії Vision V570 та виконано його конфігурацію. Описано засоби людино-машинного інтерфейсу, які використовуються при створенні користувацьких дисплеїв HMI-панелі, а також сформовано специфікацію технічних засобів автоматизації у відповідності до вибраних контрольно-вимірювальних приладів.

У розділі 4 бакалаврської кваліфікаційної роботи розроблено та описано функціональну схему автоматизації газорозподільної станції розгорнутим способом, а її зображення наведено на графічному плакаті №1.

У розділі 5 бакалаврської кваліфікаційної роботи здійснено розробку алгоритмів та програми функціонування мікропроцесорного засобу автоматизації серії Vision V570 виробництва корпорації Unitronics, а також розроблено людино-машинний інтерфейс системи керування ГРС. Програму функціонування та розроблені дисплеї HMI-панелі зображено на графічних плакатах №2 і №3 відповідно.

У розділі 6 бакалаврської кваліфікаційної роботи розроблено принципову електричну схему з’єднань засобів автоматизації для впровадження системи автоматизації на газорозподільній станції «Устилуг». Зображення схеми електричних з’єднань наведено на графічному плакаті №4.

У розділі 7 бакалаврської кваліфікаційної роботи проаналізовано фактори, які впливають на безпеку функціонування газорозподільної станції «Устилуг» та наведено технічні рішення щодо безпечної експлуатації засобів автоматизації та гігієни праці на ГРС. Також, у цьому розділі описано рішення для запобігання пожежі на газорозподільній станції.

У розділі 8 бакалаврської кваліфікаційної роботи обгрунтовано економічну доцільність впровадження системи автоматизації на ГРС, а також розраховано кошторис витрат, необхідних для реалізації спроектованої системи автоматизації та основні економічні показники.

У висновках підведено підсумок роботи по реалізації запропонованої системи автоматизації ГРС, окупність якої складає 1,26 року.

ANNOTATION

The volume of the explanatory note is 94 pages, the number of illustrations is 57, the number of tables is 7, the number of appendices is 0, the number of sources used is 35, the number of graphic posters is 4.

The object of research of the bachelor's qualification work is the functioning of the Ustylug gas distribution station.

The subject of the research is the control system of the gas distribution station "Ustylug"

The purpose of the research is to develop an automation system for controlling the gas distribution station "Ustylug".

In section 1 of the bachelor's qualification work, an analysis of regulatory requirements and standards that describe the technological process of the GDS operation was carried out. Based on these materials, a description of the technological process of the GDS operation was made and the processes that occur there were analyzed. A technological map was formed, which indicated the nominal values of technological parameters and their permissible deviations, and a structural diagram of the relationships between the parameters was also developed.

In section 2 of the bachelor's qualification work, an analysis of the structural diagram of the relationships between technological parameters was carried out. The coordinates of regulation, measurement, control, signaling, protection and blocking were formed in the form of a table. A functional diagram of the GDS automation was developed, and a list of the circuits it provides was also provided.

In section 3 of the bachelor's qualification work, the selection of technical means of automation was carried out, as well as the justification for the choice of the Vision V570 series microcontroller and its configuration was performed. The human-machine interface tools used in creating user displays of the HMI panel are described, and a specification of technical automation tools is formed in accordance with the selected control and measuring instruments.

In section 4 of the bachelor's qualification work, a functional diagram of the automation of a gas distribution station is developed and described in a detailed manner, and its image is shown on graphic poster №1.

In section 5 of the bachelor's qualification work, algorithms and a program for the operation of the Vision V570 series microprocessor automation device manufactured by Unitronics Corporation were developed, and a human-machine interface for the GDS control system was developed. The program for operation and the developed HMI panel displays are depicted on graphic posters № 2 and № 3, respectively.

In section 6 of the bachelor's qualification work, a schematic electrical diagram of the connections of automation means for the implementation of the automation system at the Ustylug gas distribution station has been developed. An image of the electrical connection diagram is given on graphic poster № 4.

In section 7 of the bachelor's qualification work analyzes the factors that affect the safe operation of the Ustylug gas distribution station and provides technical solutions for the safe operation of automation and occupational health at the gas distribution station. Also, this section describes solutions for fire prevention at the gas distribution station.

In section 8 of the bachelor's qualification work, the economic feasibility of implementing an automation system at the GDS is substantiated, and the estimated costs necessary for the implementation of the designed automation system and the main economic indicators are calculated.

The conclusions summarize the work on the implementation of the proposed GDS automation system, the payback of which is 1.26 years.

ЗМІСТ

ВСТУП..... 10
РОЗДІЛ 1 11
АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЯК ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ 11
1.1 Опис технологічного процесу..... 11
1.2 Аналіз факторів, що впливають на перебіг технологічного процесу..... 13
1.3 Матеріальний та тепловий баланс технологічного процесу 14
1.4 Обгрунтування номінальних значень параметрів технологічного про-цесу та їх допустимих відхилень 14
1.5 Технологічна карта 15
1.6 Складання структурної схеми взаємозв’язків параметрів об’єкта керування16
2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ..... 17
2.1 Аналіз структурної схеми взаємозв’язків між технологічними параметрами 17
2.2 Обгрунтування та вибір координат регулювання, вимірювання, контролю, сигналізації, захисту та блокування 17
2.3 Визначення функціональних ознак систем автоматизації..... 18
2.4 Порівняльний аналіз існуючих схем керування та розроблення оптимальної функціональної схеми автоматизації спрощеним способом 19
3 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ..... 23
3.1 Вимірювальні перетворювачі та виконавчі механізми 23
3.1.1 Обґрунтування вибору вимірювальних перетворювачів та викона-вчих механізмів 23
3.1.2 Технічні характеристики вибраних вимірювальних перетворюва-чів та виконавчих механізмів 26
3.2 Мікропроцесорний програмний засіб автоматизації 35
3.2.1 Обгрунтування вибору мікропроцесорного програмного засобу автоматизації та опис його технічних характеристик..... 35
3.2.2 Конфігурація мікропроцесорного програмованого засобу автома-тизації. 39
3.3 Засоби людино-машинного інтерфейсу системи автоматизації 41
3.4 Специфікація технічних засобів автоматизації..... 48

4 РОЗРОБЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗГОРНУТИМ СПОСОБОМ ТА ЇЇ ОПИС 52
5 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ 56
5.1 Алгоритми функціонування контурів системи автоматизації 56
5.2 Програма функціонування мікропроцесорного програмованого засобу автоматизації 61
5.3 Розроблення програми функціонування людино-машинного інтер-фейсу ... 64
6 ПРИНЦИПОВІ ЕЛЕКТРИЧНІ СХЕМИ З'ЄДНАНЬ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ 70
7 ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ 75
7.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації засобів автоматизації 76
7.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії на ГРС 76
7.2.1 Мікроклімат на ГРС 77
7.2.2 Склад повітря робочої зони 77
7.2.3 Виробниче освітлення 78
7.2.4 Виробничий шум 79
7.2.6 Виробничі випромінювання 80
7.3.1 Технічні рішення системи запобігання пожежі 81
7.3.2 Технічні рішення системи протипожежного захисту 82
7.4 Розрахунок системи блискавкозахисту для операторного відділення 82
8 РОЗРАХУНОК І ОБГРУНТУВАННЯ ВИТРАТ НА ЗДІЙСНЕННЯ ЗАХОДІВ З АВТОМАТИЗАЦІЇ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНОЇ СТАНЦІЇ 85
8.1 Розрахунок і обгрунтування витрат на здійснення заходів для впровадження системи автоматизації ГРС 85
ВИСНОВКИ 90
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ 91

ВСТУП

Сучасне виробництво не може існувати без використання автоматизованих систем керування технологічними процесами, які здатні забезпечити надійність та ефективність виробничих операцій при мінімальному впливі людини. Мета автоматизації впродовж усіх етапів її розвитку залишається незмінною - часткова або повна заміна важкої фізичної праці людини технічними засобами автоматизації.

Газорозподільні станції відіграють важливу роль у системі транспортування та розподілу природного газу і забезпечують стабільність та надійність його постачання промисловим споживачам, а також населенню. Автоматизація цих об’єктів є ключовим фактором для підвищення їх безпеки, ефективності та економічної доцільності.

Система автоматичного керування ГРС призначена для автоматичного керування технологічним процесом очистки, редукування, одоризації та розподілу газу. Мета створення САК ГРС – це підвищення рівня автоматизації та безпеки технологічних процесів ГРС, забезпечення персоналу достатньою та достовірною інформацією про хід технологічного процесу, а також зменшення часу на технічне обслуговування та ремонт обладнання [1].

Мета даної бакалаврської кваліфікаційної роботи полягає у створенні системи автоматичного керування ГРС з використанням сучасних засобів автоматизації, таких як мікропроцесорний засіб автоматизації серії Vision V570, яка забезпечить:

- безперебійну роботу обладнання протягом всього періоду його експлуатації;
- керування технологічним процесом;
- контроль технологічних параметрів, а також їх індикацію за допомогою засобів людино-машинного інтерфейсу;
- захист у разі виникнення аварійних ситуацій;
- сигналізацію при виході технологічних параметрів за допустимі межі.

РОЗДІЛ 1
АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЯК ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

1.1 Опис технологічного процесу

Газорозподільна станція призначена для подачі споживачам газу певного тиску, очистки, одоризації, а також вимірювання витрат газу. Технологічна схема ГРС зображена на рисунку 1.1. [1]

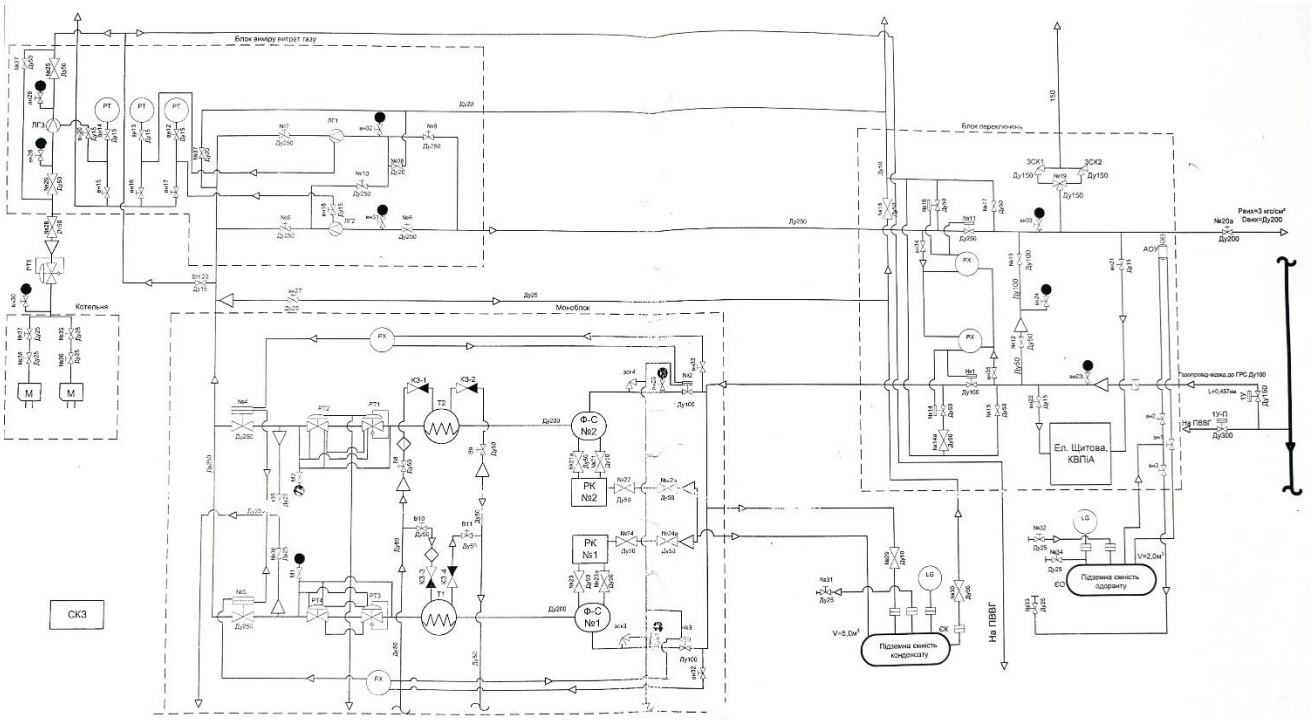


Рисунок 1.1 Технологічна схема ГРС

Газ із магістрального газопроводу (тиск до 5,5МПа) поступає через охоронний клапан на вхідний вузол клапани №1, №2. Після клапану №1 газ через вузол переключень клапани №6, №7 направляється на вхідні фільтри моноблоків М1 та М2 виробництва фірми «Heat» [1].

В моноблоках газ підігрівається і редукується, при цьому тиск понижається до заданої величини 1,5кгс/см^2 – 2,5кгс/см^2 і автоматично підтримується на заданому рівні [1].

Очистка газу від конденсату та скидання його підземну ємність Є-1 проходить теж на моноблоці. В подальшому газ направляється через клапани №8, №9 в замірні вузли, де на кожному з них вимірюється витрата газу. Після цього газ

одоризується і поступає через вихідні клапани №3, №4 в газопровід до споживача[1].

Призначення кранової обв'язки ГРС згідно технічної документації на ГРС «Устилуг»:

- клапан 1 для відключення площадки ГРС від вхідного газопроводу;
- клапан 2 для подачі газу на «свічу»;
- клапан 3 для відключення площадки ГРС від вихідного газопроводу;
- клапан 5 – охоронний клапан;
- клапан 4 для подачі газу на «свічу»;
- клапан 7 та 6 для подачі газу на моноблоки;
- клапан 8 та 9 для подачі газу на замірні вузли.

До основного технологічного обладнання ГРС відносяться [1]:

- вузол переключень - здійснює перемикання між робочою та резервною лініями редукування, забезпечуючи безперебійне постачання газу під час аварій чи планового обслуговування;
- вузол охоронних кранів;
- моноблок №1 та моноблок №2 – вони включають в себе фільтри, які здійснюють очищення газу від домішок, а також систему підігріву газу, яка забезпечує підвищення його температури перед подачею в редукційну систему для запобігання утворенню кристалогідратів. Окрім цього, моноблоки обладнані спеціальним редукційним обладнанням для зменшення тиску газу до необхідного значення;
- ємність конденсату Є-1;
- вузол обліку газу - складається з приладів, які реєструють об'єм газу та його фізико-хімічні параметри;
- вузол одоризації газу – призначений для додавання специфічного запаху до газу, щоб забезпечити безпеку споживачів та виявити місця можливих витоків;
- ємність одоранту Є-2.

Опис роботи алгоритмів захисту

У разі різкого пониження тиску газу на вході чи виході ГРС (тиск становитиме менше 10 кгс/см^2 чи 1 кгс/см^2 відповідно) закриваються вхідні (клапан №1, охоронний клапан) та вихідні (клапан №3) клапани ГРС, а після повного їх закриття відкриваються свічні клапани (кран №2, 4) та клапани на моноблоках (клапани №6, 7, 8, 9) [1] .

У випадку перевищення тиску газу на вході чи виході ГРС (тиск становитиме більше 55 кгс/см^2 чи 3,6 кгс/см^2 відповідно) запобіжний клапан на вході ГРС перекриває подачу газу і після цього закриваються вхідні (клапан №1, охоронний клапан) та вихідні (клапан №3) клапани ГРС. Після повного їх закриття відкриваються свічні клапани (клапани №2, 4) та клапани на моноблоках (клапани №6, 7, 8, 9) [1].

Аналогічний алгоритм захисту відбувається при таких умовах [1]:

1) температура газу на виході з вузла редукування є меншою, ніж -5°С чи більшою за 50°С;

2) тиск газу на виході з вузла редукування становить менше 1 кгс/см^2 та більше 3 кгс/см^2;

3) наявність гідратів на фільтрах;

4) загальний сигнал аварійного рівня загазованості (20%);

5) розрив водяного пучка;

6) спрацювання відсічних клапанів;

7) загальний сигнал пожежа;

При забруднені фільтру на основній лінії редукування закриваються клапани №7 і №9 та відкриваються клапани №6 і №8. А при забруднені фільтру на резервній лінії редукування закриваються клапани №6 і №8 та відкриваються клапани №7 і №9 [1].

1.2 Аналіз факторів, що впливають на перебіг технологічного процесу

На перебіг технологічного процесу на ГРС можуть впливати:

- Температура навколишнього середовища – різниця температур між потоком газу та навколишнім повітрям може призвести до теплообміну між ними і до зміни температури газу в трубопроводі;
- Довжина і діаметр газопроводу - більший діаметр трубопроводу дає можливість пройти більшій кількості газу через систему, але довший трубопровід може мати більший опір і призводити до зменшення пропускної здатності.
- Висота місця розташування –при підвищенні висоти тиск у трубопроводі зменшується;
- Властивості газу - тиск в трубопроводі може залежати від властивостей газу, зокрема від його щільності та композиції;
- Стан газопроводу – на газ можуть впливати згини, стиснення та інші фактори, які обмежують потік;
- Технічний стан обладнання - стан газопроводів, компресорних станцій, регуляторів тиску та іншого обладнання, яке використовують на ГРС, може впливати на ефективність подачі газу;

1.3 Матеріальний та тепловий баланс технологічного процесу

Матеріальний баланс процесу, що здійснюється на ГРС, складається з витрати газу на вході та виході ГРС, а також витрати на власні потреби ГРС.

Витрата газу, який подається на вхід ГРС:

$$F_{вх} = F_{вих} + F_{в} + F_{вп}, \qquad (1.1)$$

де, $F_{вх}$ - витрата газу на вході ГРС, м^3/год;

$F_{вп}$ - витрата газу на власні потреби ГРС, м^3/год;

$F_{вих}$ - витрату газу для споживачів, м^3/год;

$F_{в}$ - втрату газу, м^3/год

1.4 Обгрунтування номінальних значень параметрів технологічного процесу та їх допустимих відхилень

Для даної ГРС встановлено такі номінальні значення[1]:

1) мінімальна температура зовнішнього повітря – 5ºС.

2) максимальна температура зовнішнього повітря – 40ºС.

3) відносна вологість 80% при температурі 35ºС.

4) атмосферний тиск – від 84 до 106,7 кПа.

5) концентрація одоранту становить 16г/1000м^3 ±0,5.

1.5 Технологічна карта

Таблиця 1.1

Технологічна карта

№ з/п	Назва параметру	Одиниця вимірювання	Номінальне значення	Допустимі відхилення
1.	Температури газу на вході ГРС	°С	0	±5
2.	Температури газу на виході з вузла редукування	°С	4	±1
3.	Температури газу на виході ГРС	°С	3	±1
4.	Тиск газу на вході ГРС	МПа	5	±0,5
5.	Тиск газу на виході з вузла редукування	МПа	2	±0,5
6.	Тиск газу на виході ГРС	МПа	2	±0,5
7.	Об’єм ємності для одоранту Є-2	м^3	2	±0,05
8.	Перепад тиску на фільтрі	Па	500	±50

Пропускна спроможність ГРС «Устилуг» наведена в таблиці 1.2 [1].

Таблиця 1.2

Виходи з ГРС низького тиску

Номер виходу	Діаметр, мм	Тиск проектний, кгм/см^2	Тиск фактичний, кгс/см^2				Пропускна спроможність, проектна м^3/год	Фактична пропускна спроможність, м^3/год			
			літній мін.	літній макс.	зимовий мін.	зимовий макс.		літній мін.	літній макс.	зимовий мін.	зимовий макс.
1	250	3	1,4	1,4	1.7	1,8	14000	85	62	164	98

1.6 Складання структурної схеми взаємозв'язків параметрів об'єкта керування

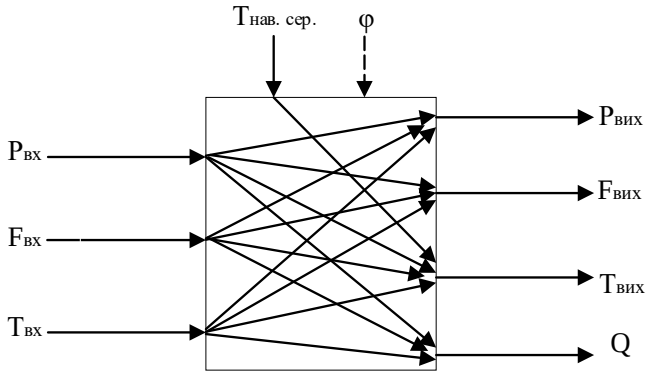


Рисунок 1.2 Структурна схема взаємозв'язків параметрів

На схемі, яка зображена на рисунку 1.2, позначені наступні параметри:

Вхідні величини:

- Тиск газу на вході ГРС- $P_{вх}$;
- Температура газу на вході ГРС- $T_{вх}$;
- Витрата газу на вході ГРС- $F_{вх}$.

Збурення:

- Температура навколишнього середовища-$T_{нав.сер.}$;
- Відносна вологість повітря - φ.

Вихідні величини:

- Тиск газу на виході ГРС- $P_{вих}$;
- Температура газу на виході ГРС- $T_{вих}$;
- Витрата газу на виході ГРС - $F_{вих}$;
- Пропускна спроможність ГРС – Q.

Висновки:

У першому розділі бакалаврської роботи було проведено аналіз нормативних вимог та стандартів, які описують технологічний процес роботи ГРС. На підставі даних матеріалів було здійснено опис технологічного процесу роботи ГРС, проаналізовано процеси, які там відбуваються та наведено їх конструктивні особливості. Також, було складено технологічну карту та здійснено розробку структурної схеми взаємозв'язків між параметрами.

РОЗДІЛ 2
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

2.1 Аналіз структурної схеми взаємозв'язків між технологічними параметрами

Згідно структурної схеми, показаної на рисунку 1.2 тиск та витрата газу на вході ГРС є взаємозалежними параметрами та впливають на тиск та витрату газу на виході ГРС. Також, ці параметри впливають на температуру на виході та пропускну спроможність ГРС. Збільшення тиску на вході ГРС призводить до збільшення тиску та температури на виході ГРС, а також збільшення пропускної спроможності ГРС. Ще одним вхідним параметром є температура на вході ГРС. Її збільшення призводить до підвищення тиску, температури, витрати, а також пропускної спроможності ГРС.

Температура навколишнього середовища є збурюючими фактором, що впливає на температуру газу в системі через теплообмін між ними. Підвищення температури може призвести до збільшення тиску газу у системі, внаслідок розширення газу. Це може також впливати на пропускну спроможність ГРС, оскільки тиск газу є одним із факторів, що визначає пропускну здатність газопроводу.

Надмірний вміст вологи може призвести до утворення конденсату в системі, який може впливати на пропускну спроможність через зменшення ефективного діаметру трубопроводу чи забивання фільтрів.

2.2 Обгрунтування та вибір координат регулювання, вимірювання, контролю, сигналізації, захисту та блокування

Обов'язковими параметрами, які потрібно вимірювати на ГРС є тиск та температура газу на вході, виході ГРС та на виході з вузла редукування, а також витрата і рівень одоранту.

Кожен із вище перерахованих параметрів повинен мати показ та реєстрацію значень. У разі виникнення аварійної ситуації (різке пониження чи перевищення тиску газу на вході, виході ГРС, на виході вузла редукування тощо) повинні бути наявні сигналізація, захист та блокування. Також, потрібно регулювати витрату одоранту, який додається до газу та контролювати рівень одоранту в ємності для одоранту.

2.3 Визначення функціональних ознак систем автоматизації

Таблиця 2.1

Функціональні ознаки систем автоматизації

№ п/п	Обсяг автоматизації / Параметр	Показ	Реєстрація	Підсумування	Усереднення	Визначення відхилення	Розрахунок техніко-економічних показників	Оптимізація	Сигналізація	Дистанційне керування	Захист	Блокування	Автоматичне регулювання
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.	Тиск газу на вході ГРС	+	+			+			+		+	+	
2.	Температура газу на вході ГРС	+	+										
3.	Температура газу на виході вузла редукування	+	+			+			+		+	+	
4.	Тиск газу на виході вузла редукування	+	+			+			+		+	+	
5.	Тиск газу на виході ГРС	+	+			+			+		+	+	
6.	Температура газу на виході ГРС	+	+										

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
7.	Витрата одоранту	+	+							+			
8.	Рівень одоранту в ємності	+	+			+			+		+	+	

2.4 Порівняльний аналіз існуючих схем керування та розроблення оптимальної функціональної схеми автоматизації спрощеним способом

Керування на локальних засобах автоматизації передбачає автономне керування технологічними процесами, тобто кожен технологічний вузол керується місцевими технічними засобами автоматизації. Локальні системи базуються на релейній логіці або простих програмованих логічних контролерах, які окремо один від одного аналізують та регулюють покази кожного із параметрів процесу, таких як тиск, температура, витрата та рівень.

Перевагами такої системи є висока надійність та простота експлуатації. Однак, системи на локальних засобах автоматизації не передбачають приводів, які можуть керувати виконавчими механізмами дистанційно, тому виникає необхідність у присутності персоналу для обслуговування. Також, у разі виникнення аварійної ситуації така система буде мати більший час реагування на аварію.

Саме тому на сучасних газорозподільних станціях застосовують системи автоматизації створені на основі мікропроцесорних програмованих засобів, які на відмінну від локальних систем можуть централізовано керувати всіма процесами на ГРС. Вони дають можливість реалізувати дистанційне регулювання, а також здійснювати моніторинг технологічних параметрів через SCADA-системи.

Спрощена функціональна схема ГРС наведена на рисунку 2.1.

Газ із магістрального газопроводу поступає через охоронний клапан на вхідний вузол. На вході ГРС здійснюється вимірювання значень вхідних температури та тиску, а також контроль верхнього та нижнього значення тиску газу. У випадку різкого пониження тиску газу на вході ГРС запобіжний клапан на

вході ГРС перекриває подачу газу і після цього закриваються вхідні (клапан №1, охоронний клапан) та вихідні (клапан №3) крани. Після повного їх закриття відкриваються свічні клапани (кран №2, 4) та клапани на моноблоках (клапани №6, 7, 8, 9).

Після крану №1 газ через вузол переключень кран №6, №7 направляється на вхідні фільтри моноблоків М1 та М2. В моноблоках газ підігрівається і редукується, при цьому тиск понижається до заданої величини. Там здійснюється контроль перепаду тиску газу та його регулювання [1].

Після вузла редукування здійснюється вимірювання значень температури та тиску, а також контроль їх верхнього та нижнього значення. У разі виходу температури чи тиску на виході вузла редукування за допустимі межі, вхідні та вихідні клапани закриваються, а після повного їх закриття відкриваються свічні клапани та клапани на моноблоках.

Далі газ направляється в замірні вузли, де на кожному з них вимірюється витрата газу. Після цього газ одоризується і поступає через вихідний клапан №3 в газопровід до споживача [1].

Витрата одоранту, який додається до газу, регулюється за допомогою дозувального насоса. Для забезпечення потрібної кількості одоранту в ємності здійснюється контроль рівня одоранту.

На виході ГРС відбувається вимірювання значень вихідних температури та тиску, а також контроль верхнього та нижнього значення тиску газу. У випадку різкого пониження чи підвищення тиску газу на виході ГРС вхідні та вихідні клапани закриваються, а після повного їх закриття відкриваються клапани «на свічу» .

Загалом функціональна схема автоматизації ГРС передбачає такі контури вимірювання, регулювання, реєстрації та сигналізації:

Контур 1: Вимірювання, показ, реєстрація і сигналізація тиску газу на вході ГРС

Контур 2: Захист та блокування

Контур 3: Вимірювання, показ і реєстрація температури газу на вході ГРС

Контур 4: Захист і блокування, а також сигналізація при перевищені перепаду тиску на фільтрах

Контур 5: Регулювання тиску газу на вузлі редукування

Контур 6: Вимірювання, показ, реєстрація і сигналізація тиску газу на виході з вузла редукування

Контур 7: Вимірювання, показ, реєстрація і сигналізація температури газу на виході з вузла редукування

Контур 8: Вимірювання, показ і реєстрація витрати газу

Контур 9: Вимірювання, показ, реєстрація і сигналізація рівня одоранту

Контур 10: Регулювання подачі одоранту до газу

Контур 11: Вимірювання, показ і реєстрація температури газу на виході ГРС

Контур 12: Вимірювання, показ, реєстрація і сигналізація тиску газу на виході ГРС

Висновки:

У другому розділі бакалаврської роботи було здійснено аналіз структурної схеми взаємозв'язків між технологічними параметрами. Перед розробкою схеми автоматизації було вибрано основні параметри, які потрібно вимірювати на ГРС для забезпечення безпечної її роботи. Після цього було розроблено функціональну схему автоматизації ГРС, а також наведено перелік контурів, які вона передбачає, таких як вимірювання, реєстрація, регулювання та сигналізація при виході параметрів за допустимі межі.

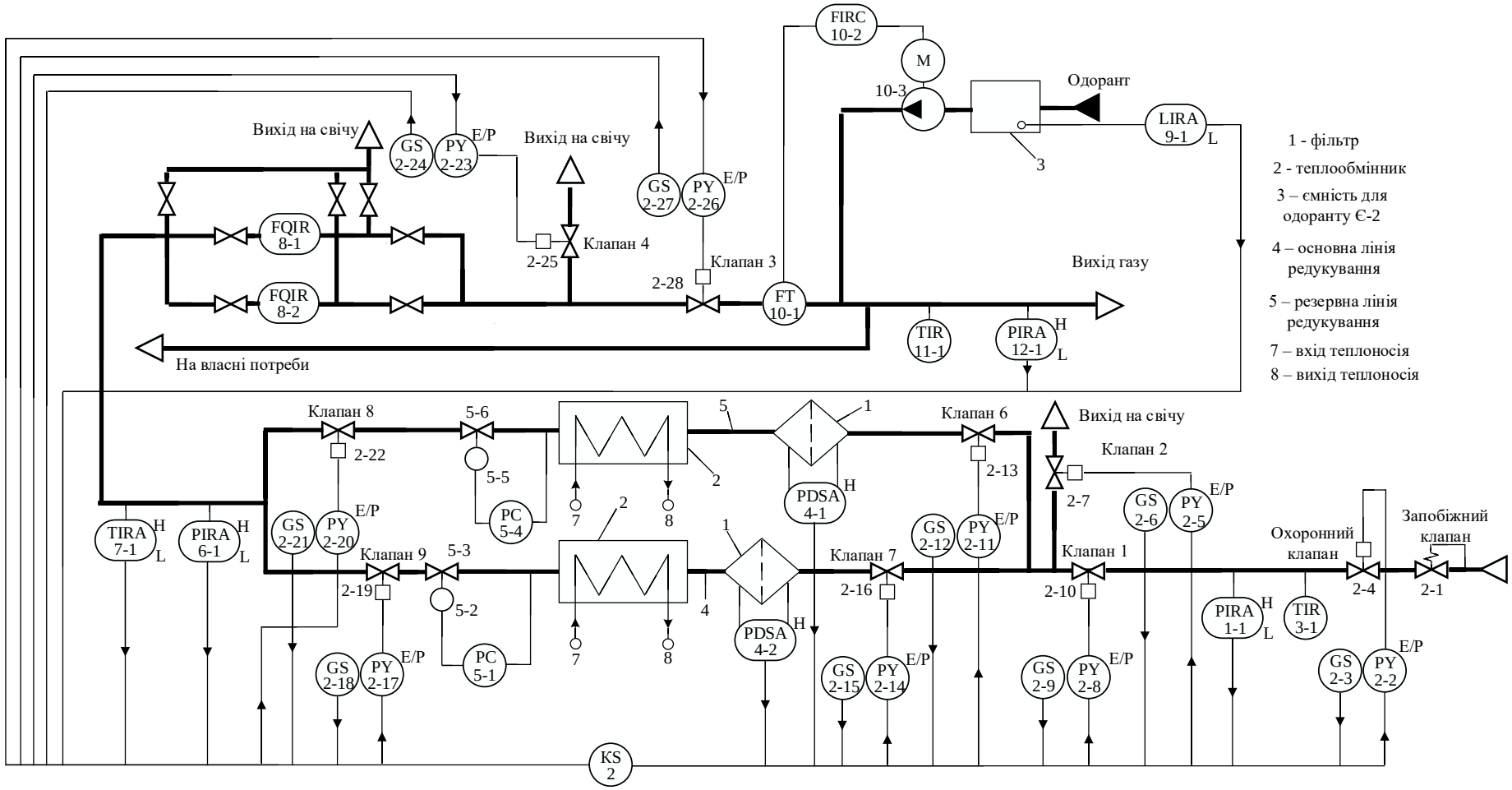


Рисунок 2.1 Функціональна схема автоматизації ГРС, яка виконана спрощеним способом

РОЗДІЛ 3
ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1 Вимірювальні перетворювачі та виконавчі механізми

3.1.1 Обґрунтування вибору вимірювальних перетворювачів та виконавчих механізмів

У всіх вимірювальних контурах вимірювальні перетворювачі вибираються з діапазоном вимірювання згідно технологічної карти, наведеної в розділі 1 та вимог до технологічного обладнання ГРС.

Контур 1. Вимірювання, показ, реєстрація і сигналізація тиску газу на вході ГРС

Вимірювання тиску на вході ГРС здійснюється за допомогою ПВП тиску SITRANS P420 7MF0420-3VB02-5DF1 з вихідним сигналом 4-20мА та діапазоном вимірювання 5,3-160 бар. З нього виміряний сигнал поступає на аналоговий вхід мікроконтролера Vision V570, який відповідно до алгоритму його роботи здійснює індикацію та реєстрацію параметру і сигналізацію тиску по верхній і нижній аварійній межі.

Контур 2. Захист та блокування

При перевищенні тиску газу на вході ГРС потік газу перекриває запірний клапан SBC 782 Pietro Fiorentini 105M DN250.

У разі різкого пониження чи збільшення тиску газу на вході чи виході ГРС, при перевищенні чи зменшенні тиску чи температури на виході з вузла редукування, а також при низькому рівні одоранту в ємності мікроконтролер за допомогою електромагнітного клапану типу 3963 - 83100262026220000 з вхідним дискретним сигналом та вихідним пневматичним сигналом подає команду про закриття охоронного клапану та клапанів №1 та №3 (SAMSON 241 T8015 DN100 з пневмоприводом типу 3271, робочий тиск до 40 бар). Після повного їх закриття контролер подає сигнал про відкриття клапанів №2, 4, 6, 7, 8, 9 (SAMSON 241 T8015 DN100 з пневмоприводом типу 3271, робочий тиск до 40 бар).

При забрудненні фільтру на резервній лінії редукування мікроконтролер за допомогою електромагнітного клапану подає команду про закриття клапанів №6 і №8 та відкриття клапанів №7 та №9, а у разі забруднення фільтру на основній лінії редукування – сигнал про відкриття клапанів №6 та №8 та закриття клапанів №7 та №9.

Контур 3. Вимірювання, показ і реєстрація температури газу на вході ГРС

Температура газу на вході ГРС вимірюється за допомогою ПВП температури ТСМ-У-1-43-100М-0,5%-3-8-М20×1,5-40-АХ-А12-/-50...150/-exd з діапазоном вимірювання -50°С – 150°С та вихідним сигналом 4 - 20мА. Сигнал з ПВП надходить на канал аналогового входу ПЛК, який згідно з алгоритмом його роботи здійснює індикацію та реєстрацію параметру.

Контур 4: Захист і блокування, а також сигналізація при перевищені перепаду тиску на фільтрах

Для вимірювання перепаду тиску газу на фільтрах застосовується реле перепаду тиску WIKA DWL100US-MAFB-BAM-ZZZ з діапазоном вимірювання 0 - 16 мбар, сигнал з якого поступає на дискретний вхід програмованого логічного контролера. В разі досягнення верхньої межі сигналізації мікроконтролер формує дискретний сигнал для світлодіодних ламп.

Контур 5. Регулювання тиску газу на вузлі редукування

Для регулювання тиску газу на вузлі редукування використовується регулятор тиску прямої дії типу G57 та діапазоном вимірювання до 100 бар, який підтримує постійний тиск на виході незалежно від обсягу потоку і тиску на вході .

Контур 6. Вимірювання, показ, реєстрація і сигналізація тиску газу на виході з вузла редукування

Вимірювання тиску на виході з вузла редукування здійснюється за допомогою первинного перетворювача тиску SITRANS P420 7MF0420-3PB02-5DF1 з діапазоном вимірювання 0,16 -5 бар та вихідним сигналом 4 - 20мА, уніфікований струмовий сигнал з якого поступає на канал аналогового входу мікроконтролера Vision V570, який відповідно до алгоритму його роботи здійснює

індикацію та реєстрацію параметру, а також сигналізацію тиску по верхній і нижній аварійній межі.

Контур 7. Вимірювання, показ, реєстрація і сигналізація температури газу на виході з вузла редукування

Температура на виході з вузла редукування вимірюється за допомогою ПВП температури ТСМ-У-1-43-100М-0,5%-3-8-М20×1,5-40-АХ-А12-/-50...150/-exd з діапазоном вимірювання -50°С – 150°С та вихідним сигналом 4 - 20мА, сигнал з якого поступає на канал аналогового входу мікроконтролера, який згідно з алгоритмом його роботи здійснює індикацію та реєстрацію параметру, а також сигналізацію температури по верхній і нижній аварійній межі.

Контур 8. Вимірювання, показ і реєстрація витрати газу

На замірних вузлах витрата газу вимірюється та індикується за допомогою газового лічильника Радміртех з комплексом КВТ-1.01 А G1000-200-25-1.6-Г1-N0 з діапазоном вимірювання 25-1600 м^3/год та вхідним тиском до 16 бар.

Контур 9. Вимірювання, показ, реєстрація і сигналізація рівня одоранту

Вимірювання рівня одоранту в ємності Є-2 здійснюється за допомогою рівнеміра типу SITRANS LU180 7ML5202-0GB0 з діапазоном вимірювання 0 – 5м та вихідним сигналом 4 - 20мА, аналоговий сигнал з якого поступає на канал аналогового входу програмованого логічного контролера, який відповідно до алгоритму його роботи здійснює індикацію та реєстрацію рівня і його сигналізацію по нижній аварійній межі.

Контур 10. Регулювання подачі одоранту до газу

Для вимірювання витрати газу на виході з ГРС використовується ультразвуковий витратомір SITRANS FS230 7ME372-3-1GJ74-1KN3-B50-E06-F03 з діапазоном вимірювання 0 – 200 м^3/год та вихідним сигналом 4 - 20мА. Сигнал з витратоміра поступає на канал аналогового входу ПЛК, який згідно з алгоритмом його роботи здійснює індикацію і реєстрацію параметру, а також формує керуючу дію для електромагнітного дозувального насосу НД3-ІІ-24-75 ТУ У 73.1-31283392-006-2002, який у свою чергу здійснює подачу необхідної кількості одоранту до газу.

Контур 11. Вимірювання, показ і реєстрація температури газу на виході ГРС

Температура на виході ГРС вимірюється за допомогою ПВП температури ТСМ-У-1-43-100М-0,5%-3-8-М20×1,5-40-АХ-А12-/-50...150/-exd з діапазоном вимірювання -50°С – 150°С та вихідним сигналом 4 - 20мА. Виміряний сигнал поступає на аналоговий вхід ПЛК, який згідно з алгоритмом його роботи здійснює індикацію та реєстрацію параметру.

Контур 12. Вимірювання, показ, реєстрація і сигналізація тиску газу на виході ГРС

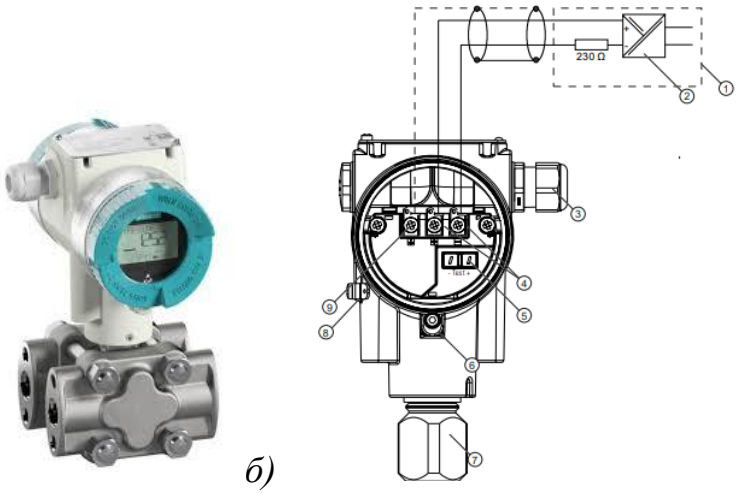
Вимірювання тиску на виході ГРС здійснюється за допомогою ПВП тиску SITRANS P420 7MF0420-3PB02-5DF1 з вихідним сигналом 4 - 20мА та діапазоном вимірювання 0,16 - 5 бар. З нього аналоговий сигнал поступає на програмований логічний контролер, який відповідно до алгоритму його роботи здійснює індикацію та реєстрацію параметру, а також сигналізацію тиску по верхній і нижній аварійній межі.

3.1.2 Технічні характеристики вибраних вимірювальних перетворювачів та виконавчих механізмів

3.1.2.1 Первинний вимірювальний перетворювач тиску SITRANS P420 7MF0420-3VB02-5DF1 [2,3]

SITRANS P420 - це цифровий перетворювач тиску, який можна використовувати в промислових умовах з екстремальними хімічними та механічними навантаженнями, а також для агресивних і неагресивних газів, парів та рідин. Діапазон вимірювання тиску 5,3160 бар, вихідний аналоговий сигнал 420 мА, ступінь захисту від вологи і пилу IP68, робочий діапазон температури - 20100°С, тип вибухозахисту - іскробезпечне електричне коло та вибухонепроникна оболонка.

Загальний вигляд та схема електричного підключення ПВП тиску типу SITRANS P420 7MF0420-3VB02-5DF1 до ПЛК представлено на рисунку 3.1.



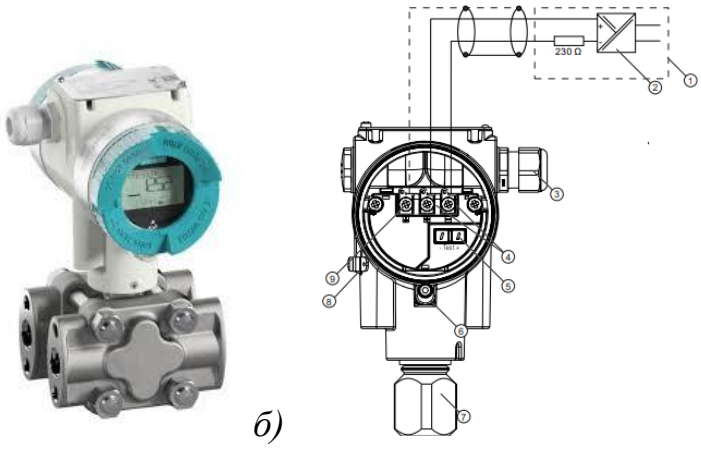
а) *б)*

Рисунок 3.1 Первинний вимірювальний перетворювач тиску типу SITRANS 7MF0420-3VB02-5DF1: а) загальний вигляд; б) схема електричних з'єднань

3.1.2.2 Первинний вимірювальний перетворювач тиску SITRANS P420 7MF0420-3PB02-5DF1 [2, 3]

SITRANS P420 - це цифровий перетворювач тиску, який можна використовувати в промислових умовах з екстремальними хімічними та механічними навантаженнями, а також для агресивних і неагресивних газів, парів та рідин. Діапазон вимірювання тиску 0,165 бар, вихідний аналоговий сигнал 420 мА, ступінь захисту від вологи і пилу IP68, максимальний робочий тиск 20 бар, робочий діапазон температури -20 - 100°C, тип вибухозахисту - іскробезпечне електричне коло та вибухонепроникна оболонка.

Загальний вигляд та схема електричного підключення ПВП тиску типу SITRANS P420 7MF0420-3PB02-5DF1 до ПЛК представлено на рисунку 3.2.



а) *б)*

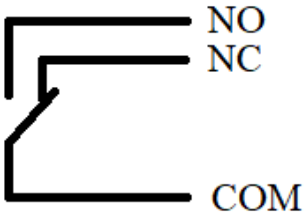
Рисунок 3.2 Первинний вимірювальний перетворювач тиску типу SITRANS P420 7MF0420-3PB02-5DF1: а) загальний вигляд; б) схема електричних з'єднань

3.1.2.3 Реле перепаду тиску типу WIKA DWL100US-MAFB-BAM-ZZZ [4]

Реле перепаду тиску WIKA DW призначене для контролю фільтрів та рівня. Воно використовується для газоподібних, рідких та агресивних середовищ, а також для експлуатації в агресивному навколишньому середовищі. Діапазон вимірювання 0 - 16 мбар, максимальний робочий тиск 100 бар, ступінь захисту від пилу та вологи IP66, робочий діапазон температури -30 -85°C, тип вибухозахисту Ex ia IIC T6/T4 Ga.

Загальний вигляд та схема електричного підключення реле перепаду тиску типу WIKA DWL100US-MAFB-BAM-ZZZ представлено на рисунку 3.3.

а)



б)

Рисунок 3.3 Реле перепаду тиску типу WIKA DWL100US-MAFB-BAM-ZZZ: а) загальний вигляд; б) схема електричних з'єднань

3.1.2.4 Регулятор тиску G57 [1, 5]

Для регулювання тиску газу на вузлі редукування використовується регулятор тиску прямої дії типу G57, який підтримує постійний тиск на виході незалежно від обсягу потоку і тиску на вході. Робочий тиск становить від 0 до 100 бар. Загальний вигляд регулятора тиску G57 представлено на рисунку 3.4.

Рисунок 3.4 Загальний вигляд регулятора тиску газу G-57

3.1.2.5 Первинний вимірювальний претворювач температури типу ТСМ-У-1-43-100М-0,5%-3-8-М20×1,5-40-АХ-А12-/-50...150/-exd [6]

Термоперетворювач типу ТСМ-У моделі 1-43 - один з найпоширеніших конструктивів давачів температури з рухомим штуцером і клемною головкою. Він застосовується для вимірювання температури у вибухонебезпечних середовищах. Діапазон вимірювання температури -50 - 150°С, вихідний аналоговий сигнал 420 мА, тип вибухозахисту - вибухонепроникна оболонка.

Загальний вигляд та схема електричного приєднання ПВП температури типу ТСМ-У-1-43-100М-0,5%-3-8-М20×1,5-40-АХ-А12-/-50...150/-exd до ПЛК представлено на рисунку 3.5.

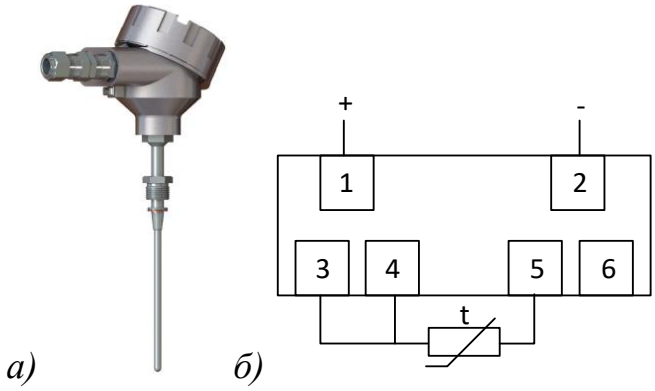


Рисунок 3.5 ПВП температури ТСМ-У-1-43-100М-0,5%-3-8-М20×1,5-40-АХ-А12-/-50...150/-exd: а) загальний вигляд; б) схема електричних з'єднань

3.1.2.6 Газовий лічильник Радміртех з комплексом КВТ-1.01 А G1000 -200-25-1.6-Г1-N0 [7]

Газовий лічильник турбінного типу з вбудованим пристроєм перетворювання об'єму комплекс КВТ–1.01 А призначений для вимірювання з урахуванням вимірюваних значень абсолютного тиску і температури газу об'єму природного газу. Комплекс КВТ–1.01А виготовлений з типом вибухозахисту Ex «II 2G Ex ib IIA T4 Gb» та має ступінь захисту від вологи і пилу IP65.

Технічні характеристики газового лічильник Радміртех з комплексом КВТ-1.01 А G1000 -200-25-1.6-Г1-N0:

- діапазон вимірювання витрати: 251600 м^3/год;
- робочий тиск: 0 -16 бар;
- робочий діапазон температур и навколишнього середовища: -25 ºС - 55 ºС;

- границя основної допустимої відносної похибки вимірювання об’єму газу за робочих умов:

1) $0{,}1 \cdot Q_{max} \leq Q \leq Q_{max}$ повинна бути в межах 1 %;

2) $Q_{min} \leq Q < 0{,}1 \cdot Q_{max}$ повинна бути в межах 2 %.

Зовнішній вигляд газового лічильник Радміртех з комплексом КВТ-1.01 А G1000 -200-25-1.6-Г1-N0 представлено на рисунку 3.6.

Рисунок 3.6 Зовнішній вигляд газового лічильника Радміртех з комплексом КВТ-1.01 А G1000 -200-25-1.6-Г1-N0

3.1.2.7 Електромагнітний клапан типу 3963-83100262026220000 [8]

Електромагнітний клапан типу 3963 застосовується для подачі керуючого сигналу від ПЛК на пневматичний виконавчий механізм клапану Samson 241. Напруга живлення 24 VDC, метод повернення соленоїда в початковий стан – механічна пружина, тип вибухозахисту II 3G Ex nA II T6 Gc/II 3G Ex ic IIC Gc (ATEX).

Загальний вигляд, будова та схема електричного приєднання електромагнітного клапану типу 3963-83100262026220000 представлено на рисунку 3.7.

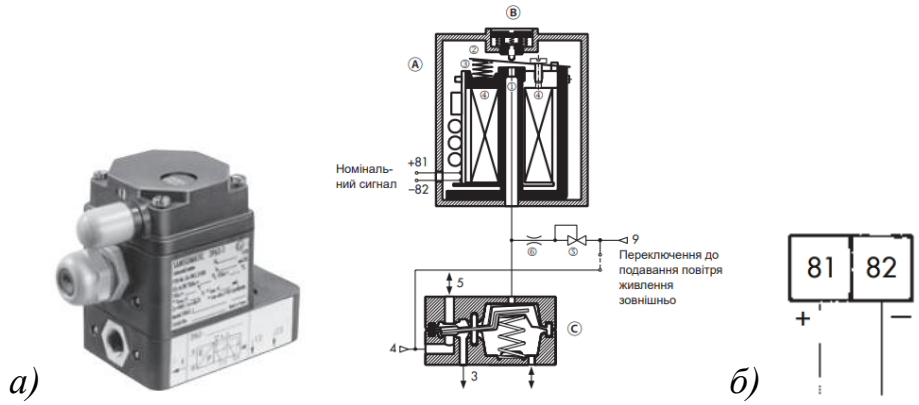


Рисунок 3.7 Електромагнітний клапан типу 3963-83100262026220000: а) загальний вигляд та будова; б) схема електричних з’єднань

3.1.2.8 Рівнемір типу SITRANS LU180 7ML5202-0GB0 [9]

SITRANS LU180 — це ультразвуковий перетворювач рівня для невеликих дистанцій. Він використовується для вимірювання рідин, суспензій і сипучих матеріалів у відкритих або закритих резервуарах до 5 м. Вихідний аналоговий сигнал 4 - 20 мА, ступінь захисту від вологи та пилу IP68, тип вибухозахисту - іскробезпечне електричне коло.

Загальний вигляд та схема електричного приєднання рівнеміра типу SITRANS LU180 7ML5202-0GB0 до ПЛК представлено на рисунку 3.8.

а) *б)*

Рисунок 3.8 Рівнемір типу SITRANS LU180 7ML5202-0GB0:
а) загальний вигляд; б) схема електричних з'єднань

3.1.2.9 Електромагнітний дозувальний насос НД3-ІІ-24-75 ТУ У 73.1-31283392-006-2002 [10]

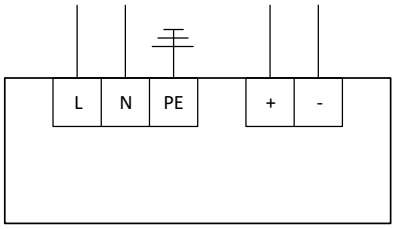
Насоси електромагнітні дозувальні НД3 призначені для подачі в трубопровід рідин (типу метанол, етілмеркоптан тощо) в якості виконавчого пристрою, де здійснюється регулювання витрати рідини, що протікає через трубопровід.

Насоси відносяться до двоходових соленоїдних пристроїв для роботи у вибухонебезпечних середовищах. Залежно від тривалості імпульсу сигналу керування насос забезпечує встановлення типового значення дози робочої рідини, що подається в трубопровід за один цикл, в межах від 1,0 до 0,2г - при максимальному перепаді тиску робочої рідини на насосі в закритому стані від 12кг/см^2 до 75 кг/см^2.

Максимальний період подачі насосами НД2 робочої рідини в трубопровід (дозування з урахуванням часу спрацьовування насоса після подачі сигналу управління) не перевищує 2 с. Робочий діапазон температури -30 - 50°С, ступінь захисту від вологи та пилу IP68.

Загальний вигляд та схема електричного підключення електромагнітного дозувального насоса НДЗ-ІІ-24-75 ТУ У 73.1-31283392-006-2002 до ПЛК представлено на рисунку 3.9.

а)



б)

Рисунок 3.9 Електромагнітний дозувальний насос НДЗ-ІІ-24-75 ТУ У 73.1-31283392-006-2002: а) загальний вигляд; б) схема електричних з'єднань

3.1.2.10 Запобіжний запірний клапан Pietro Fiorentini SBC 782 105M DN250[11]

Запірний клапан SBC 782 Pietro Fiorentini 105M DN250 — це компактний запобіжний пристрій, який швидко перекриває потік газу щоразу, коли контрольований тиск досягає попередньо встановлених меж, або коли це потрібно вручну оператором на місці.

Технічні характеристики запобіжного запірного клапану Pietro Fiorentini SBC 782 105M DN250:

- робочий діапазон температури: -20°C - 60°C;
- клас точності: 2,5;
- робочий тиск: min – 344 бар, max – 3090 бар.

Зовнішній вигляд запобіжного запірного клапану Pietro Fiorentini SBC 782 105M DN250 представлено на рисунку 3.10.

Рисунок 3.10 Зовнішній вигляд запірного клапану SBC 782 Pietro Fiorentini 105M DN250

3.1.2.11 Клапан SAMSON 241 T8015 DN 250 [12]

Клапан SAMSON 241 T8015 DN250 призначений для регулювання та перекриття потоку газового середовища. Оснащений мембранним пневматичним виконавчим механізмом типу 3271.

Технічні характеристики:

- номінальний діаметр прохідного отвору: 250 мм;
- робочий тиск: до 40 бар;
- робочий діапазон температури: -10 - 220 °С.

Зовнішній вигляд клапана SAMSON 241 T8015 DN 250 представлено на рисунку 3.11.

Рисунок 3.11 Зовнішній вигляд клапана SAMSON 241 T8015 DN250

3.1.2.12 Давач кінцевого положення SAMSON 4744-2 [13]

Давач кінцевого положення SAMSON 4744-2 призначений для сигналізації обраного положення. Момент спрацювання встановлюється шляхом розміщення на штоці засувки скоби з фіксатором. При досягненні обраного положення скоба натискає на важіль, який змінює своє положення та замикає контакти кінцевика.

Загальний вигляд та схема електричного приєднання давача кінцевого положення SAMSON 4744-2 представлено на рисунку 3.12.

а)

б)

Рисунок 3.12 Давач кінцевого положення SAMSON 4744-2:

а) загальний вигляд; б) схема електричних з'єднань

3.1.2.13 Ультразвуковий витратомір SITRANS FS230 7ME372-3-1GJ74-1KN3-B50-E06-F03 [14, 15]

Ультразвуковий витратомір SITRANS FS230 використовується для вимірювання природного газу. Він забезпечує багатопараметричні вимірювання, тобто вимірювання об'ємної витрати, об'ємної витрати за стандартних умов, густини, масової витрати та швидкості звуку в рідині.

Технічні характеристики ультразвукового витратоміра SITRANS FS230:

- вихідний аналоговий сигнал: 420 мА, з HART протоколом;
- ступінь захисту від вологи та пилу IP66;
- робочий діапазон температури: -30 - 50°C;
- відносна вологість довкілля: до 95 %;
- тип вибухозахисту: ATEX, IECEx, FM, CSA.

Загальний вигляд та схема електричного підключення ультразвукового витратоміра SITRANS FS230 7ME372-3-1GJ74-1KN3-B50-E06-F03 до ПЛК представлено на рисунку 3.13.

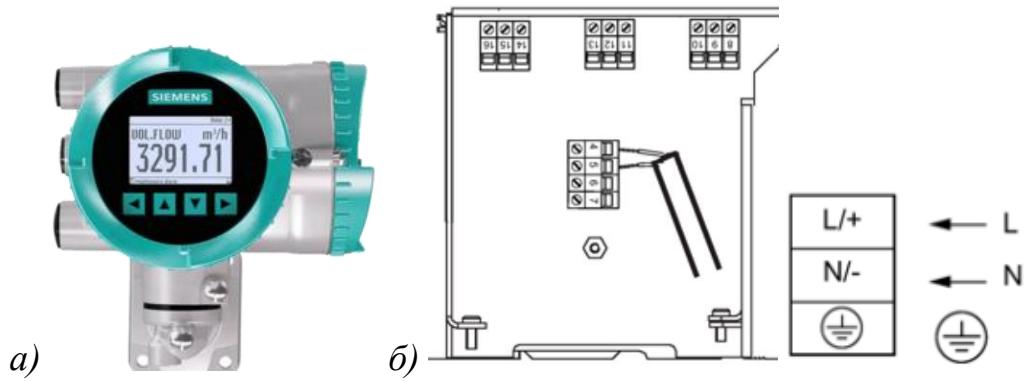


Рисунок 3.13 Ультразвуковий витратомір SITRANS FS230 7ME372-3-1GJ74-1KN3-B50-E06-F03: а) загальний вигляд; б) схема електричних з'єднань

3.1.2.14 Сигнальна лампа Schneider XB7EV03BP [16]

Світлодіодна сигнальна лампа зеленого кольору для сигналізації верхньої і нижньої граничних меж. Напруга живлення 24 В постійного струму.

Загальний вигляд та схема електричного приєднання сигнальної лампи Schneider XB7EV03BP представлено на рисунку 3.14.

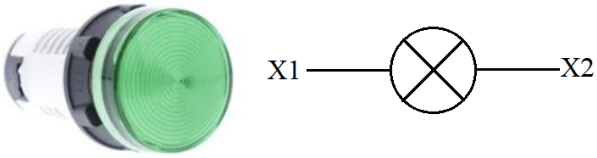


Рисунок 3.14 Сигнальна лампа Schneider XB7EV03BP:
а) загальний вигляд; б) схема електричних з'єднань

3.2 Мікропроцесорний програмний засіб автоматизації

3.2.1 Обгрунтування вибору мікропроцесорного програмного засобу автоматизації та опис його технічних характеристик

Мікроконтролер Vision V570 – це комбінований засіб автоматизації, який складається з програмованого логічного контролера (PLC) та засобу людино-машинного інтерфейсу (HMI).

Загальний вигляд мікроконтролера представлено на рисунку 3.15.

Рисунок 3.15 Загальний вигляд ПЛК серії Vision V570

Vision V570 підтримує такі мережеві протоколи: MODBUS TCP, SNMP V1, CANopen, J1939, CANlayer2, UniCAN, BACnet, KNX і M-Bus (реалізація останніх трьох через шлюз). Також, він має такі інтерфейсні порти, такі як Ethernet TCP/IP, Mini USB, CANbus, RS485/RS232 (2 порти) [17].

Програмований логічний контролер серії Vision V570 складається з [17]:

- центрального процесора з HMI-панеллю;
- пристроїв вводу/виводу Snap-in;
- інтерфейсного пристрою EX-A2X для того, щоб змогти підключити модулі розширення;

- інтерфейсних портів: Ethernet TCP/IP, CANbus, RS485/RS232;
- годинника реального часу;
- резервної батареї живлення;
- роз’єму, щоб підключити GSM модуля;
- карти пам’яті MicroSD;
- роз’єму для Mini USB.

Відповідно до необхідної кількості каналів вводу/виводу інформації з периферійного рівня вибирають конфігурацію модуля Snap-in та інших модулів розширення [17].

Схема приєднання модулів розширення наведена на рисунку 3.16 [17].

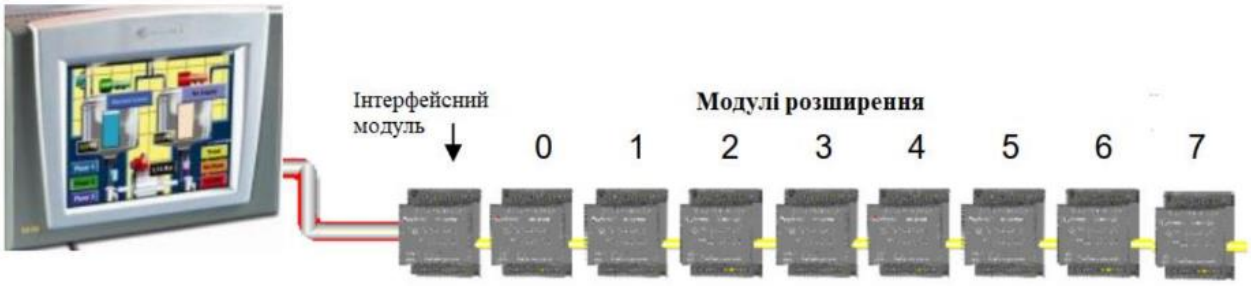


Рисунок 3.16 Принципова схема приєднання модулів розширення

Схеми підключення сигналів до Snap-in модулю представлені на рисунках 3.17 – 3.19 [18].

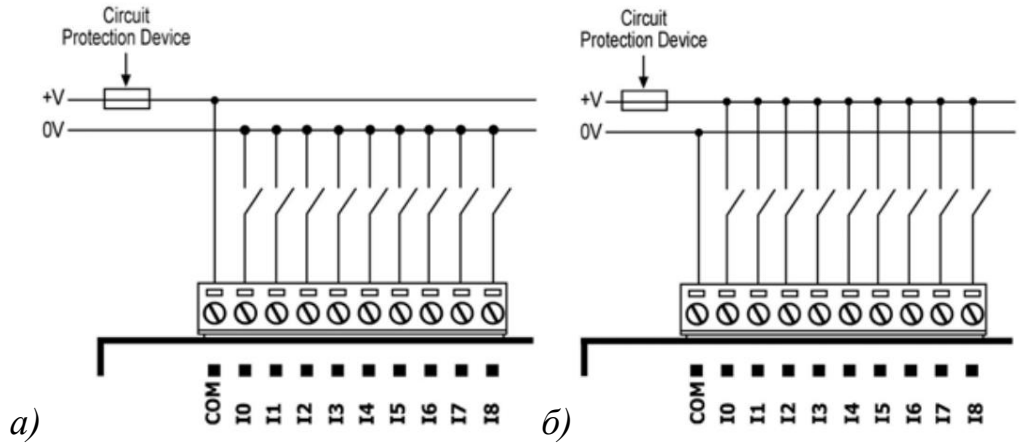
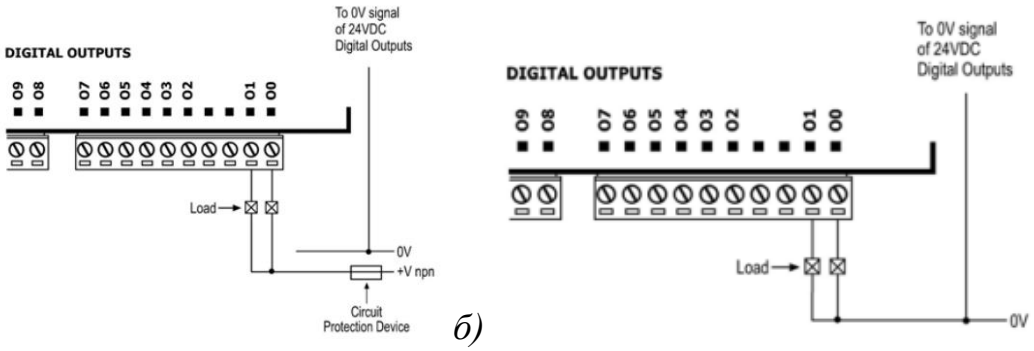
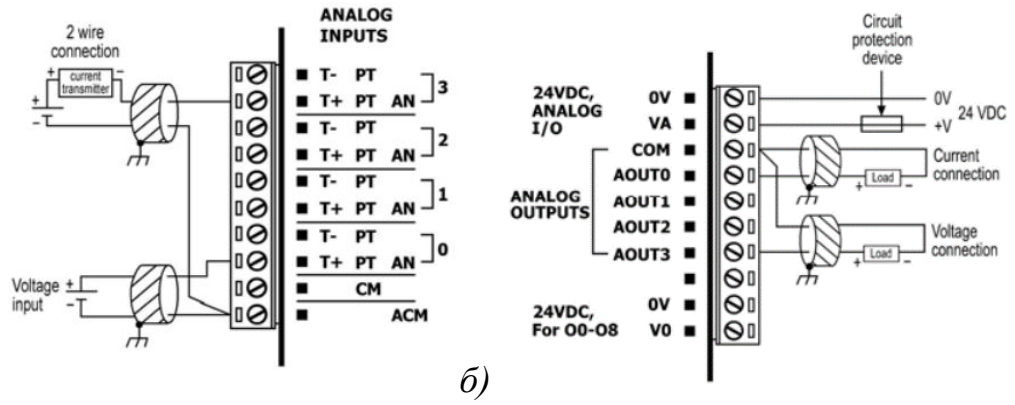


Рисунок 3.17 Схеми приєднання дискретних вхідних сигналів до Snap-in модуля: а) n-p-n схема підключення; б) p-n-p схема підключення



а) *б)*

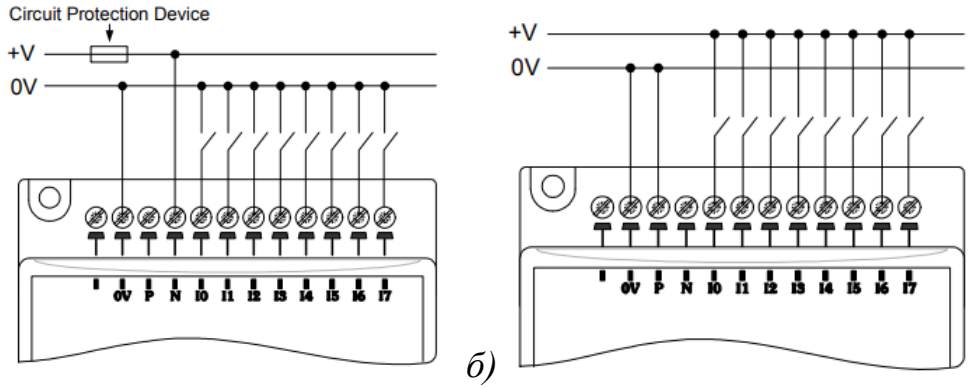
Рисунок 3.18 Схеми приєднання дискретних вихідних сигналів до Snap-in модуля: а) n-p-n схема підключення; б) p-n-p схема підключення;



а) *б)*

Рисунок 3.19 Схеми приєднання аналогових сигналів до Snap-in модуля: а) схема підключення аналогових вхідних сигналів; б) схема підключення аналогових вихідних сигналів;

Схема приєднання сигналів до модуля розширення IO-DI8-TO8 представлена на рисунках 3.20 – 3.21 [19].



а) *б)*

Рисунок 3.20 Схема підключення дискретних сигналів до модуля розширення IO-DI8-TO8: а) n-p-n схема підключення вхідних дискретних сигналів; б) p-n-p схема підключення вхідних дискретних сигналів

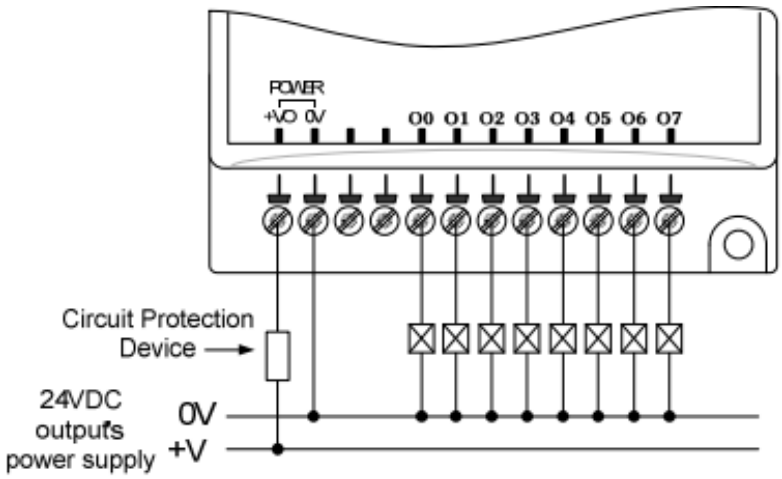


Рисунок 3.21 Схема підключення вихідних дискретних сигналів до модуля розширення IO-DI8-TO8

Схема приєднання сигналів до модуля розширення IO-AI8 представлена на рисунку 3.22 [20].

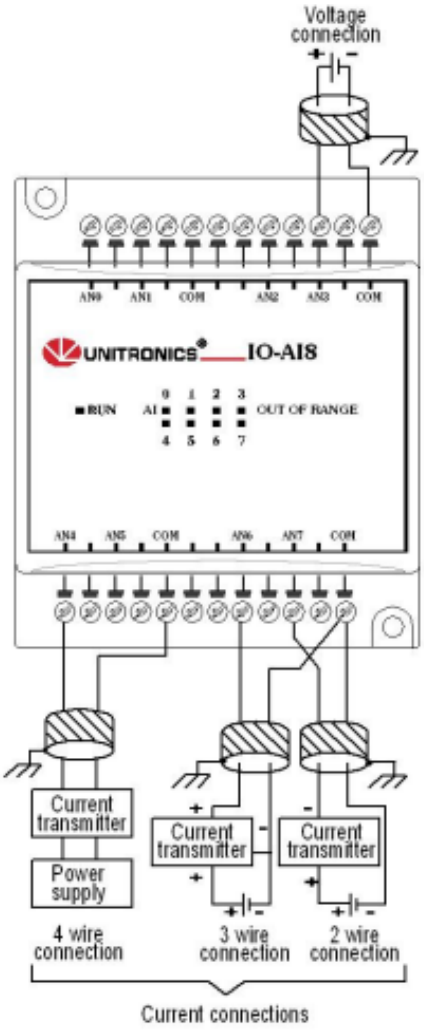


Рисунок 3.22 Схема приєднання аналогових вхідних сигналів до модуля розширення IO-AI8

3.2.2 Конфігурація мікропроцесорного програмованого засобу автоматизації

Згідно з функціональною схемою автоматизації ГРС, щоб реалізувати систему автоматизованого керування необхідно забезпечити таку кількість каналів вводу/виводу:

- аналогових вхідних сигналів: $AIN_{ЗАД}=8$
- аналогових вихідних сигналів: $AOUT_{ЗАД}=0$
- дискретних вхідних сигналів: $DI_{ЗАД}=11$
- дискретних вихідних сигналів: $DO_{ЗАД}=21$

Щоб забезпечити потрібну кількість каналів вхідних і вихідних сигналів необхідно вибрати такі пристрої вводу/виводу Snap-in та модулі розширення вводу/виводу ПЛК серії Vision V570 виробництва компанії Unitronics:

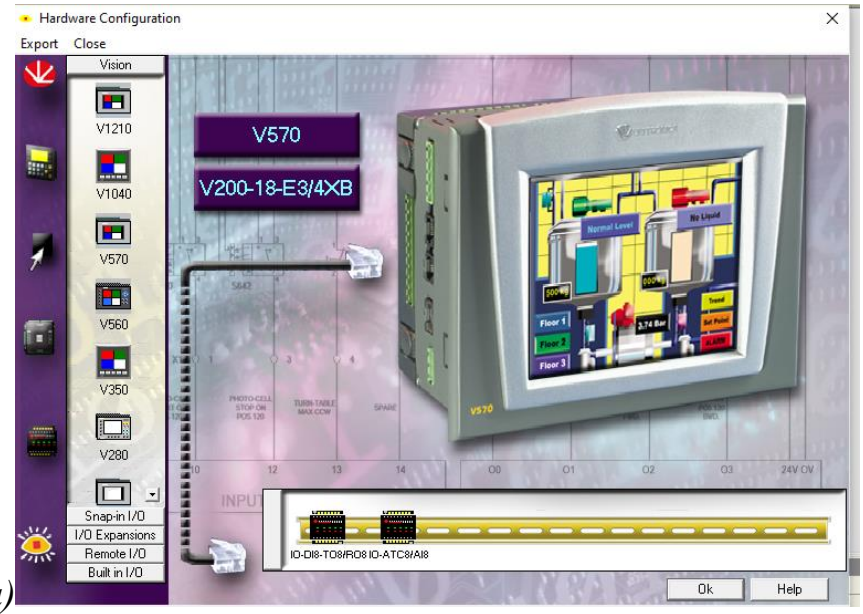
- ✓ Пристрої вводу/виводу Snap-in типу V200-18-E4XB– 1шт.;
- ✓ Модуль розширення типу IO-DI8-TO8 – 1шт.;
- ✓ Модуль розширення типу IO-AI8 – 1шт.;
- ✓ Інтерфейсний модуль типу EX-A2X для підключення модулів розширення – 1шт.

Конфігурація ПЛК із застосуванням вищезгаданих пристроїв вводу/виводу та модулів розширення може забезпечити таку кількість вхідних/вихідних каналів:

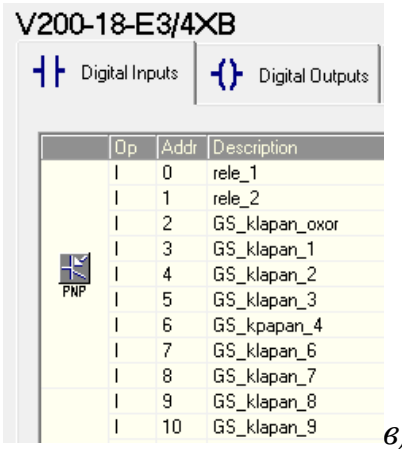
- аналогових вхідних сигналів: $AIN=12>AIN_{ЗАД}=8$
- аналогових вихідних сигналів: $AOUT=4>AOUT_{ЗАД}=0$
- дискретних вхідних сигналів: $DI=26>DI_{ЗАД}=11$
- дискретних вихідних сигналів: $DO=23>DO_{ЗАД}=21$

Вибрана конфігурація мікроконтролера повністю забезпечує потрібну кількість вхідних/вихідних інформаційних каналів для реалізації системи автоматизованого керування ГРС.

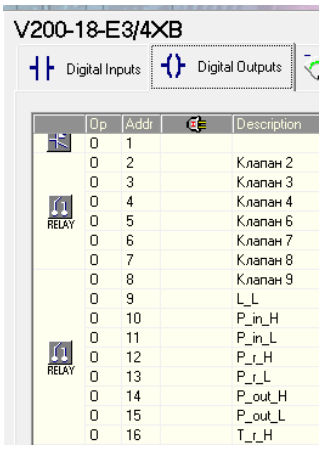
Відповідно до конфігурації ПЛК, вибраної у підрозділі 3.2.2, за допомогою програмного забезпечення VisiLogic створюємо новий проект та налаштовуємо канали аналогового та дискретного вводу/виводу (рисунок 3.23).



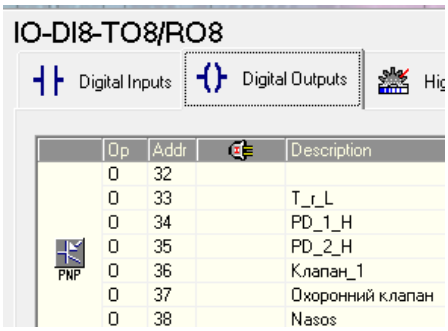
а)

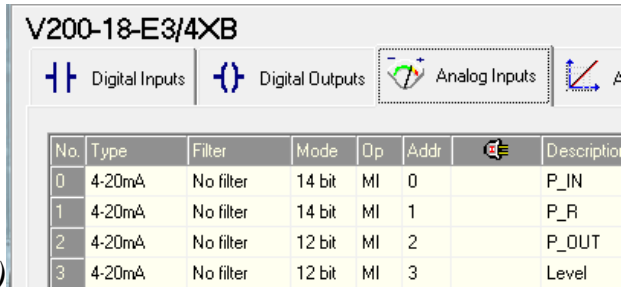


б)



в)





г)

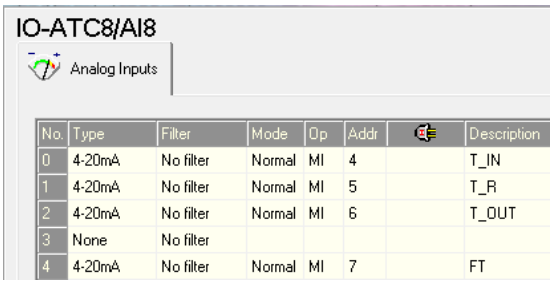


Рисунок 3.23 Вікна процедури вибору типу ПЛК, модулів розширення та конфігурації вхідних та вихідних каналів:

а) вибір типу ПЛК та модулів розширення;

б) конфігурація адресації каналів дискретного входу;

в) конфігурація адресації каналів дискретного виходу;

г) конфігурація адресації каналів аналогового входу

3.3 Засоби людино-машинного інтерфейсу системи автоматизації

Visilogic — це інтегроване середовище від компанії Unitronics, яке призначене для розробки програмного забезпечення мікроконтролерів серії Vision. Цей процес складається з двох етапів, які включають створення програми функціонування та розробку HMI-інтерфейсу.

Розробка людино-машинного інтерфейсу може здійснюватися після або одночасно із створенням програми функціонування. Для цього використовують вбудовані бібліотеки графічних елементів, текстових повідомлень, геометричних фігур тощо.

Оскільки розробка графічних дисплеїв людино-машинного інтерфейсу повинна здійснюватися відповідно до вимог стандарту ANSI/ISA-101.01-2015, то після створення дисплею HMI-панелі потрібно налаштувати його кольоровий фон. Для цього в підменю HMI потрібно вибрати властивості графічної панелі керування і встановити відповідний колір фону для всіх HMI-панелей ПЛК (рис.3.24). Окрім цього, за допомогою підменю HMI/Font Handler можна створити новий текстовий стиль для виведення текстового повідомлення українською мовою. Для цього необхідно вибрати текстовий шрифт, його розмір та формат виведення, а також обрати метод введення (наприклад, кирилиця) та вибрати всі текстові символи (рисунок 3.25) [17].

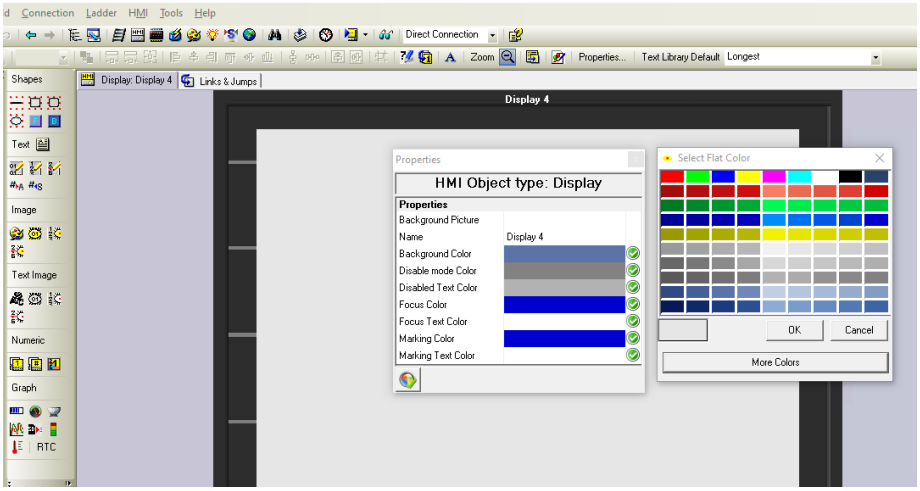


Рисунок 3.24 Налаштування кольорового фону дисплею HMI-панелі ПЛК

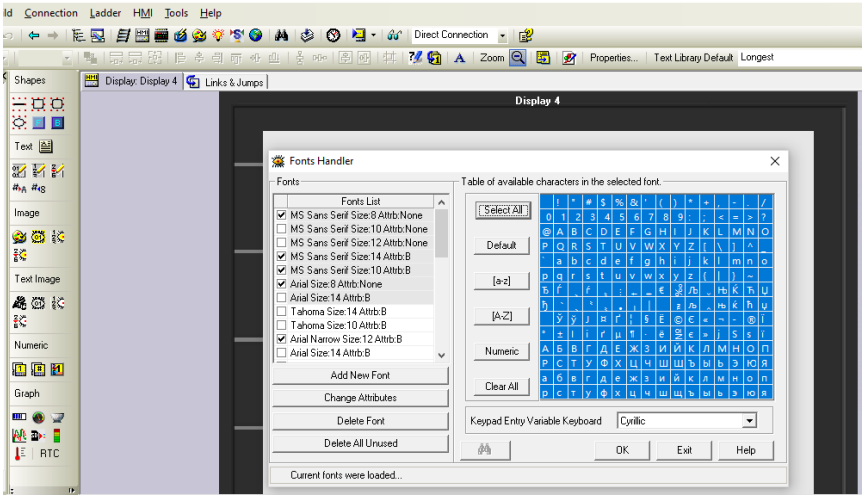


Рисунок 3.25 Створення нового текстового стилю

Щоб налаштувати перехід між користувацькими дисплеями потрібно створити графічний елемент кнопки на робочому дисплеї з прив'язкою до бітових змінних, або стану елемента програми функціонування. Необхідно визначити її розміри та місце розташування, а також налаштувати кольорову гаму, текстовий надпис та стиль (pressed, unpressed чи flat) (рисунок 3.26) [17].

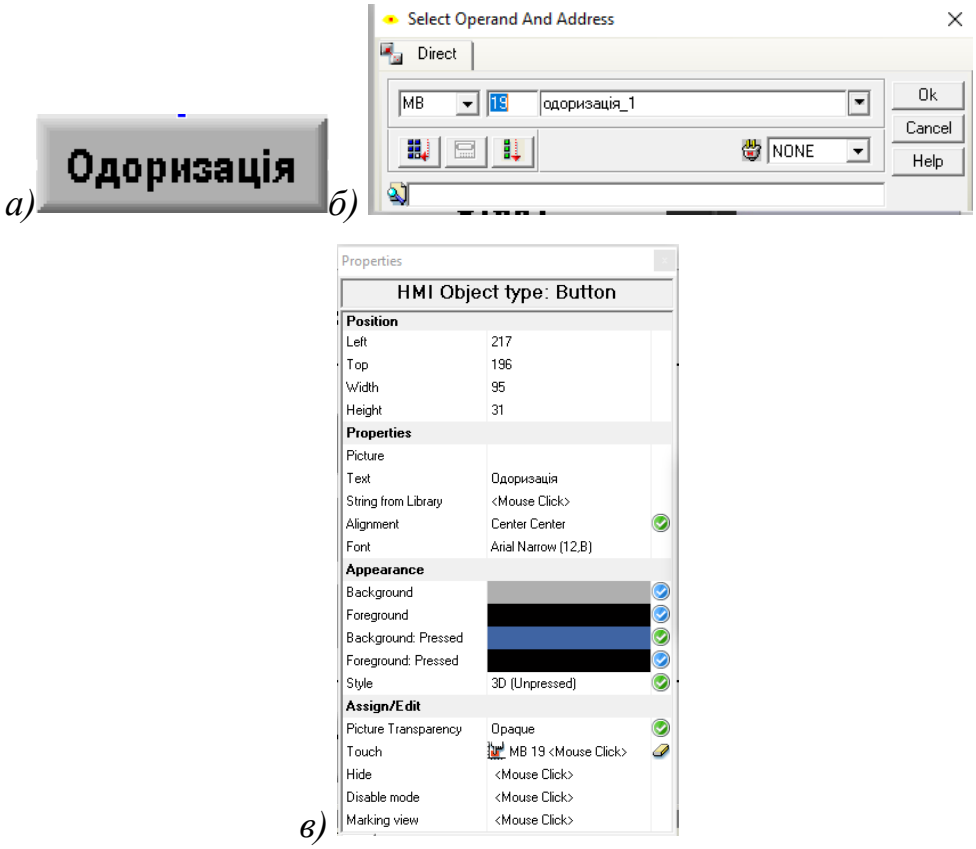


Рисунок 3.26 Налаштування графічного елементу кнопки «Button»:

а) вигляд на HMI-дисплеї; б)налаштування властивостей; в) налаштування прив'язки до бітової змінної

Для переходу між дисплеями застосовують меню «Link & Jumps», в якому потрібно вибрати бітову змінну, яка прив’язана до відповідної кнопки, а також назву дисплею, на який буде здійснено перехід у разі встановлення бітової змінної в логічну «1» (рисунок 3.27) [17].

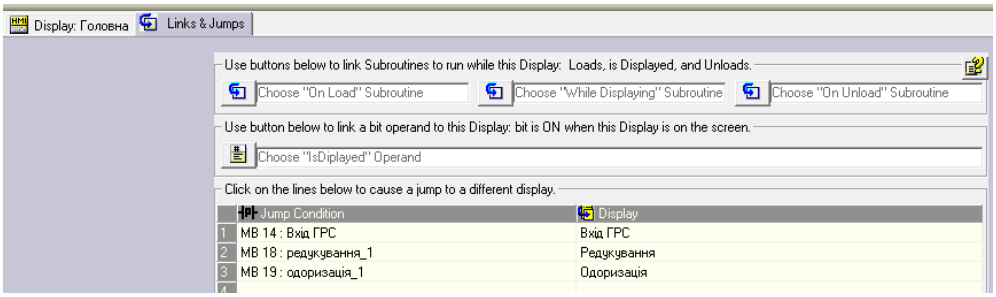


Рисунок 3.27 Налаштування умов переходу між дисплеями HMI-панелі

Щоб намалювати пряму лінію на HMI-дисплеї потрібно на додатковій графічній панелі керування вибрати графічний інструмент «Line». Далі треба визначити її початок та кінець, а також налаштувати властивості, зокрема товщину і колір (рисунок 3.28).

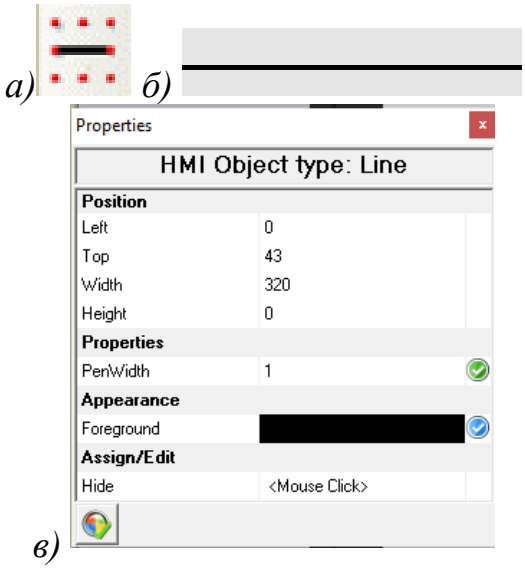


Рисунок 3.28 Налаштування графічного відображення прямої лінії «Line»: а) піктограма на графічній панелі керування; б) вигляд на дисплеї HMI; в) налаштування властивостей

Для виведення текстового повідомлення на дисплеї використовується інструмент створення текстових повідомлень «Text». Його налаштування складається з введення тексту повідомлення, визначення розмірів текстового поля, його місця розташування, а також вибору текстового стилю, кольору фону текстового поля та кольору тексту. Окрім цього, можна вибрати формат виведення

текстового поля (без 3D-візуалізації, з випуклою і втиснутою 3D-візуалізацією, без фону) (рисунок 3.29) [17].

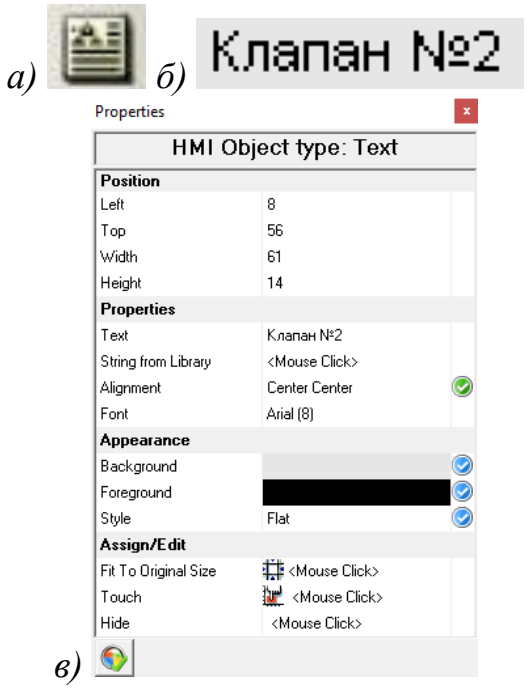


Рисунок 3.29 Налаштування виведення текстового повідомлення «Text»: а) піктограма на графічній панелі керування; б) вигляд на дисплеї HMI; в) налаштування властивостей

Під час розробки дисплеїв HMI-панелей мікроконтролера можна створити бінарні текстові повідомлення, які з'являтимуться при відповідних значеннях вибраної бінарної змінної. Для цього на додатковій графічній панелі керування потрібно вибрати інструмент «Binary Text» і обрати бінарну змінну. Окрім цього, необхідно вибрати текстовий фон, формат виведення текстового повідомлення (без 3D-візуалізації, з випуклою і втиснутою 3D-візуалізацією, без фону), колір фону текстового поля та тексту, а також ввести повідомлення, які будуть з'являтися при встановленні бітової змінної в логічний «0» та логічну «1» (рисунки 3.30, 3.31) [17].

Рисунок 3.30 Налаштування виведення бінарного текстового повідомлення «Binary Text»: а) піктограма на графічній панелі керування; б) вигляд на дисплеї HMI

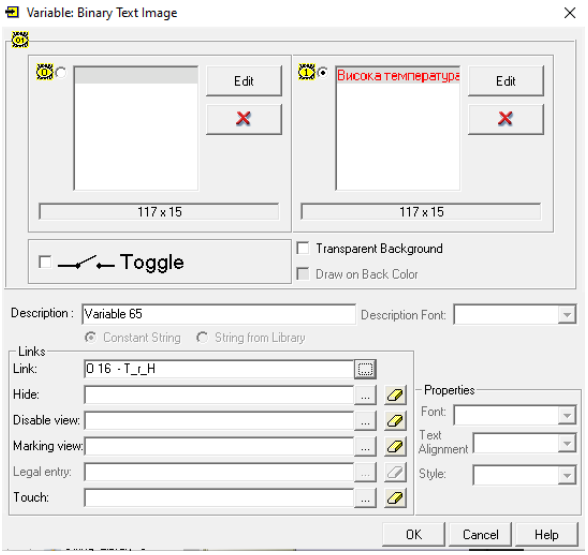


Рисунок 3.31 Налаштування властивостей бінарного текстового повідомлення «Binary Text»

Для кращої візуалізації процесу на дисплеї HMI-панелі ПЛК можна нанести графічне зображення за допомогою графічного інструменту «Bitmap». Для цього необхідно виділити графічне поле на дисплеї, відкрити директорії зі стандартними зображеннями елементів систем керування і вибрати необхідне графічне зображення. Також потрібно налаштувати висоту і ширину зображення і прив'язати біт пам'яті для реалізації елементу керування (рисунок 3.32) [17].

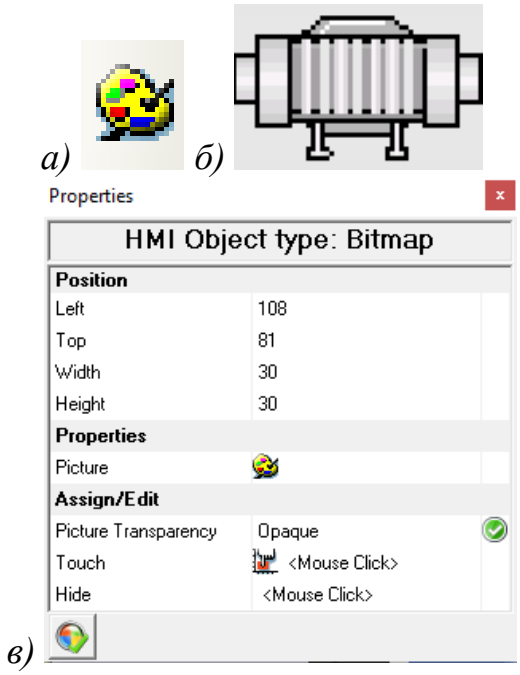


Рисунок 3.32 Налаштування графічного зображення «Bitmap»: а) піктограма на графічній панелі керування; б) вигляд на дисплеї HMI; в) налаштування властивостей

Щоб створити бінарну анімацію графічних зображень потрібно використати інструмент графічних зображень «Binary Image». Для цього необхідно виділити графічне поле на дисплеї HMI-панелі, відкрити директорії зі стандартними зображеннями елементів систем керування і вибрати необхідні графічні зображення, які будуть виникати при значенні бінарної змінної логічний «0» та логічна «1». Також, потрібно налаштувати висоту і ширину зображення, вибрати бінарну змінну та прив'язати біт пам'яті для реалізації елементу керування (рисунок 3.33) [17].

Також, при активації функції Toggle зображення може працювати у режимі фіксації, тобто при першому натисканні зображення змінюється (наприклад, старт процесу) і залишається в цьому стані. При другому натисканні – зображення повертається до початкового стану (наприклад, зупинка процесу).

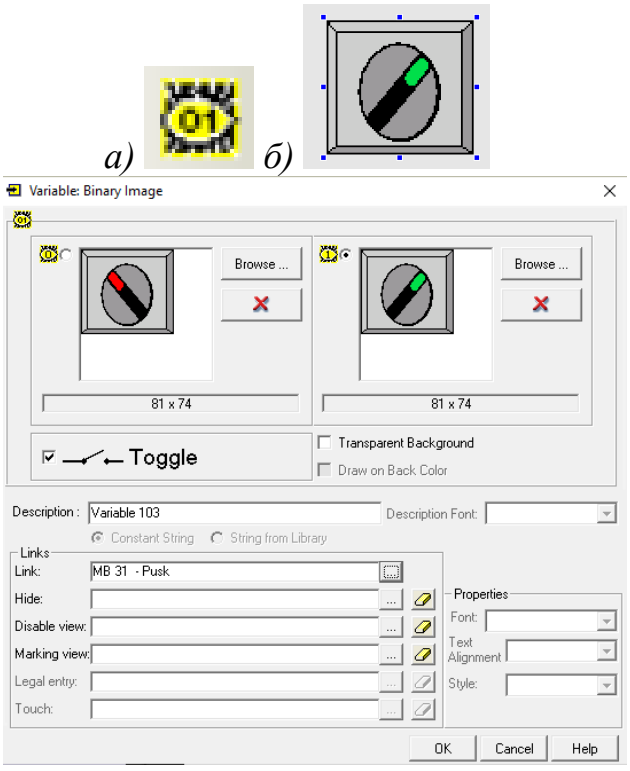


Рисунок 3.33 Налаштування графічного зображення «Binary Image»: а) піктограма на графічній панелі керування; б) вигляд на дисплеї HMI; в) налаштування властивостей

Для введення/виведення числових значень на дисплеї HMI-панелі мікроконтролера використовують інструмент створення графічних числових елементів «Numeric». Для його створення необхідно виділити графічне поле на

дисплеї HMI-панелі і вибрати комірку пам’яті із збереженим числовим значенням. Окрім цього, потрібно налаштувати колір фону та числового значення, а також вибрати кількість значень до і після коми та ввести текстове позначення розмірності числового повідомлення [17].

Якщо числове значення сигналу не є промасштабоване, то у вікні налаштування «Numeric» можна ввести мінімальні і максимальні значення для його масштабування. Також для візуального представлення числового поля можна вибрати текстовий стиль та формат виведення текстового повідомлення (без 3D-візуалізації, з випуклою і втиснутою 3D-візуалізацією, без фону). Якщо необхідно ввести числове значення, то для цього потрібно вибрати тип віртуальної клавіатури та налаштувати ввід значень через неї, зокрема мінімальне і максимальне значення (рисунок 3.34) [17].

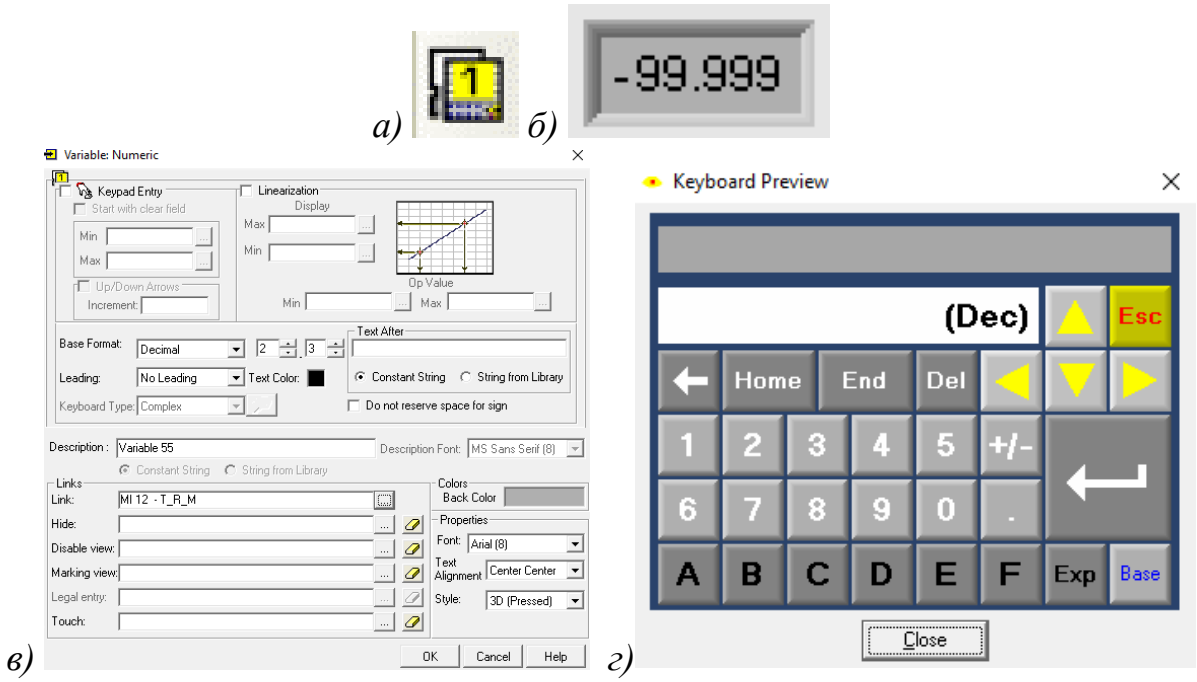


Рисунок 3.34 Налаштування поля для введення/виведення числового значення регістру «Numeric»: а) піктограма на графічній панелі керування; б) вигляд на дисплеї HMI; в) налаштування властивостей; г) вигляд віртуальної клавіатури

Для візуалізації процесу на дисплеї HMI-панелі ПЛК можна використати графічне зображення технологічного апарату зі зміною стовпчика заливки контрольованого параметру за допомогою графічного інструменту «*Tank*». Для цього потрібно виділити графічне поле на дисплеї і вибрати необхідне графічне зображення. Також потрібно вибрати комірку пам’яті числової змінної,

налаштувати мінімальне і максимальне значення стовпчика заливки відповідно до числового значення змінної та налаштувати кольорову гаму фону і стовпчика заливки.(рисунок 3.35) [17].

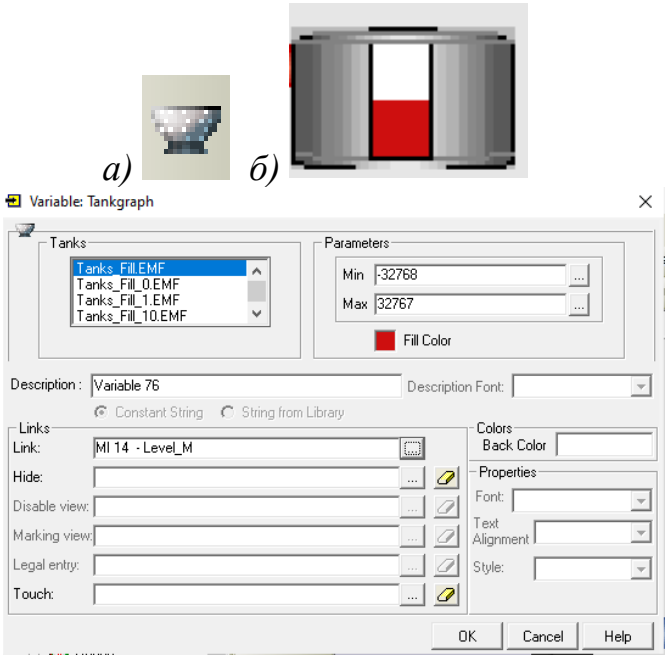


Рисунок 3.35 Налаштування анімаційного зображення зміни заливки контрольовано параметру «Tank»: а) піктограма на графічній панелі керування; б) вигляд на дисплеї HMI; в) налаштування властивостей

3.4 Специфікація технічних засобів автоматизації

Таблиця 3.1

Специфікація технічних засобів автоматизації

№ п/п	№ позиції	Назва параметра	Місце розміщення	Назва та коротка технічна характеристика приладу	Тип	К-сть
1	2	3	4	5	6	7
1.	1-1	Тиск	по місцю	ПВП тиску SITRANS P420 з вихідним сигналом 4-20мА та діапазоном вимірювання 5,3-160 бар, IP68	SITRANS P420	1
2.	5-1 5-4	Тиск	по місцю	Регулятори тиску газу з пілотним управлінням **G57** з діапазоном вимірювання 0-100бар	G57	2

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7
3.	6-1 12-1	Тиск	по місцю	ПВП тиску SITRANS P420 з вихідним сигналом 4-20мА та діапазоном вимірювання 0,16-5 бар, IP68	SITRANS P420	2
4.	4-1 4-2	Перепад тиску	по місцю	Реле перепаду тиску типу WIKA DW з діапазоном вимірювання 0-16 бар, вихідним сигналом 4-20 мА та максимальним робочим тиском 100 бар	WIKA DW	2
5.	3-1 7-1 11-1	Температу-ра	по місцю	Термоперетворювач типу ТСМ-У моделі 1-43 з діапазоном вимірювання -50 °С – +150°С та вихідним сигналом 4-20мА	ТСМ-У-1-43	3
6.	9-1	Рівень	по місцю	Рівнемір типу SITRANS LU180 з діапазоном вимірювання 0-5м та вихідним сигналом 4-20 мА	SITRANS LU180	1
7.	8-1 8-2	Витрата	по місцю	Газовий лічильник Радміртех з комплексом КВТ-1.01 А, робоча тиск 0 – 16 бар, діапазон вимірювання витрати: 25-1600 м3/год	КВТ-1.01 А	2
8.	2-2 2-5 2-8 2-11 2-14 2-17 2-20 2-23 2-26		по місцю	Електромагнітний клапан типу 3963, напруга живлення 24V DC	Samson 3963	9

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7
9.	10-1	Витрата	по місцю	Ультразвуковий витратомір SITRANS FS230 з вихідним сигналом 4-20 Ма, IP66	SITRANS FS230	1
10.	2-4 2-7 2-10 2-13 2-16 2-19 2-22 2-25 2-28		по місцю	Клапан SAMSON 241 T8015 з пневмоприводом, робочий тиск 0-40 бар, DN250	SAMSON 241	9
11	2-1		по місцю	Запобіжний запірний клапан Pietro Fiorentini SBC 782 105M, робочий тиск: min–3-44 бар, max–30-90бар, клас точності 2,5	Pietro Fiorentini SBC 782	1
12	10-3		по місцю	Електромагнітний дозувальний насос НД3, максимальний перепад тиску робочої рідини на насосі в закритому стані від 12 кг/см2 до 75 кг/см2, час спрацювання не більше 2с	НД3	1
13	2-3 2-6 2-9 2-12 2-15 2-18 2-21 2-24 2-27		по місцю	Давач кінцевого положення SAMSON 4744-2	SAMSON 4744-2	9

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7
14			на щиті	Сигнальна лампа Schneider XB7EV03BP	Schneider XB7EV03BP	11
15			на щиті	Мікроконтролер Vision V570	Vision V570	1
16			на щиті	Модуль розширення IO-DI8-TO8	IO-DI8-TO8	1
17			на щиті	Модуль розширення IO-AI8	IO-AI8	1

Висновки:

В розділі 3 бакалаврської кваліфікаційної роботи було здійснено вибір технічних засобів автоматизації, таких як первинні вимірювальні перетворювачі, виконавчі пристрої та регулюючі органи, а також було проведено обгрунтування вибору мікроконтролера серії Vision V570 та виконано його конфігурацію.

Окрім цього, було описано засоби людино-машинного інтерфейсу, які використовуються при створенні користувацьких дисплеїв HMI-панелі, а також сформовано специфікацію технічних засобів автоматизації у відповідності до вибраних контрольно-вимірювальних приладів у підрозділі 3.1.

РОЗДІЛ 4
РОЗРОБЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗГОРНУТИМ СПОСОБОМ ТА ЇЇ ОПИС

Функціональна схема автоматизації ГРС передбачає наступні контури регулювання:

Контур 1. Вимірювання, показ, реєстрація і сигналізація тиску газу на вході ГРС

Вимірювання тиску на вході ГРС здійснюється за допомогою ПВП тиску 1-1. З нього виміряний сигнал поступає на аналоговий вхід мікроконтролера Vision V570, який відповідно до програми функціонування здійснює масштабування сигналу. У разі виходу тиску газу на вході ГРС за допустимі межі загоряються світлодіодні лампи HL1 та HL2. Також, на автоматизованому робочому місці оператора передбачено функції контролю, сигналізації та реєстрації тиску газу на вході ГРС.

Контур 2. Захист та блокування

При перевищенні тиску газу на вході ГРС запірний клапан 2-1 перекриває потік газу.

У разі різкого пониження чи збільшення тиску газу на вході чи виході ГРС, при перевищенні чи зменшенні тиску чи температури на виході з вузла редукування, а також при низькому рівні одоранту в ємності мікроконтролер за допомогою електромагнітного клапану:

- 2-2 подає команду про закриття охоронного клапану 2-4;
- 2-8 подає команду про закриття клапану №1 (2-10);
- 2-26 подає команду про закриття клапану №3 (2-28).
- 2-2 подає команду про закриття охоронного клапану 2-4.

Після повного їх закриття контролер подає сигнал про відкриття клапанів:

- №2 (2-7) за допомогою електромагнітного клапану 2-5;
- №4 (2-25) за допомогою електромагнітного клапану 2-23;
- №6 (2-13) за допомогою електромагнітного клапану 2-11;
- №7(2-16) за допомогою електромагнітного клапану 2-14;

- №8 (2-22) за допомогою електромагнітного клапану 2-20;
- №9 (2-19) за допомогою електромагнітного клапану 2-17.

При забрудненні фільтру на резервній лінії редукування мікроконтролер Vision V570 подає команду про:

- закриття клапанів №6 (2-13) і №8 (2-22) за допомогою електромагнітних клапанів 2-11 та 2-20 відповідно.

- відкриття клапанів №7 (2-16) та №9 (2-19) за допомогою електромагнітних клапанів 2-14 та 2-17 відповідно.

У разі забруднення фільтру на основній лінії редукування на ПЛК формується сигнал про:

– відкриття клапанів №6 (2-13) і №8 (2-22) за допомогою електромагнітних клапанів 2-11 та 2-20 відповідно;

- закриття клапанів №7 (2-16) та №9 (2-19) за допомогою електромагнітних клапанів 2-14 та 2-17 відповідно.

Окрім цього на АРМ передбачено сигналізацію положення клапанів на ГРС за допомогою давачів положення 2-3, 2-6, 2-9, 2-12, 2-15, 2-18, 2-21, 2-24, 2-27.

Контур 3. Вимірювання, показ і реєстрація температури газу на вході ГРС

Температура газу на вході ГРС вимірюється за допомогою первинного вимірювального перетворювача температури 3-1. Сигнал з ПВП надходить на канал аналогового входу ПЛК, який згідно з програмою функціонування здійснює масштабування температури. Окрім цього на АРМ здійснюється контроль та реєстрація температури газу на вході ГРС.

Контур 4: Захист і блокування, а також сигналізація при перевищені перепаду тиску на фільтрах

Для вимірювання перепаду тиску газу на фільтрах застосовуються реле перепаду тиску 4-1 та 4-2, сигнал з яких поступає на дискретний вхід програмованого логічного контролера. В разі досягнення верхньої межі сигналізації мікроконтролер формує дискретний сигнал для світлодіодних ламп HL3 і HL4. На АРМ передбачено сигналізацію при перевищені перепаду тиску на фільтрах.

Контур 5. Регулювання тиску газу на вузлі редукування

Для регулювання тиску газу на вузлі редукування використовуються регулятори тиску прямої дії 5-1 та 5-4**,** які підтримують тиск на заданому рівні.

Контур 6. Вимірювання, показ, реєстрація і сигналізація тиску газу на виході з вузла редукування

Вимірювання тиску на виході з вузла редукування здійснюється за допомогою первинного перетворювача тиску 6-1, уніфікований струмовий сигнал з якого поступає на канал аналогового входу мікроконтролера Vision V570, який відповідно до програми функціонування здійснює його масштабування. При відхиленні тиску газу від допустимих значень спрацьовує сигналізація і загоряються світлодіодні лампи HL5 та HL6. Крім того, на автоматизованому робочому місці оператора передбачено контроль, сигналізацію та реєстрацію тиску газу на виході з вузла редукування.

Контур 7. Вимірювання, показ, реєстрація і сигналізація температури газу на виході з вузла редукування

Температура на виході з вузла редукування вимірюється за допомогою ПВП температури 7-1, сигнал з якого поступає на канал аналогового входу мікроконтролера, який згідно з програмою функціонування здійснює масштабування сигналу. У випадку виходу температури на виході з вузла редукування за допустимі межі ПЛК формує дискретний сигнал для світлодіодних ламп HL7 та HL8. Також, на АРМ здійснюється контроль, сигналізація та реєстрація параметра.

Контур 8. Вимірювання, показ і реєстрація витрати газу

Витрата газу на замірних вузлах вимірюється та індикується за допомогою газових лічильників 8-1 та 8-2.

Контур 9. Вимірювання, показ, реєстрація і сигналізація рівня одоранту

Вимірювання рівня одоранту в ємності Є-2 здійснюється за допомогою рівнеміра 9-1, аналоговий сигнал з якого поступає на канал аналогового входу програмованого логічного контролера, який відповідно до програми функціонування масштабує сигнал, а в разі досягнення нижньої аварійної межі

формується дискретний сигнал для світлодіодної лампи HL9. Окрім цього, на АРМ оператора відбувається реєстрація, контроль та сигналізація рівня одоранту.

Контур 10. Регулювання подачі одоранту до газу

Для вимірювання витрати газу на виході з ГРС використовується ультразвуковий витратомір 10-1. Сигнал з витратоміра поступає на канал аналогового входу ПЛК, який відповідно до програми функціонування здійснює його масштабування. В залежності від витрати газу формується відповідна кількість імпульсів, яка підсумовується. Відповідно до кількості імпульсів мікроконтролер формує керуючу дію для електромагнітного дозувального насосу 10-3, який у свою чергу здійснює подачу необхідної кількості одоранту до газу. Також, на АРМ передбачено функції контролю і реєстрації витрати газу.

Контур 11. Вимірювання, показ і реєстрація температури газу на виході ГРС

Температура на виході ГРС вимірюється за допомогою ПВП температури 11-1. Виміряний сигнал поступає на аналоговий вхід ПЛК, де згідно з програмою функціонування здійснюється його масштабування. Окрім цього, на автоматизованому робочому місці оператора передбачено функції контролю та реєстрації температури газу на виході ГРС.

Контур 12. Вимірювання, показ, реєстрація і сигналізація тиску газу на виході ГРС

Вимірювання тиску на виході ГРС здійснюється за допомогою ПВП тиску 12-1. З нього аналоговий сигнал поступає на програмований логічний контролер, який відповідно до програми функціонування здійснює масштабування сигналу. При виході тиску газу за допустимі межі загоряються світлодіодні лампи HL10 та HL11. Окрім цього, на HMI панелі передбачено функції реєстрації, сигналізації та контролю тиску газу на виході ГРС.

Розширена функціональна схема автоматизації ГРС представлена на графічному плакаті №1.

Висновки: В розділі 4 бакалаврської кваліфікаційної роботи було розроблено та описано функціональну схему автоматизації газорозподільної станції розгорнутим способом.

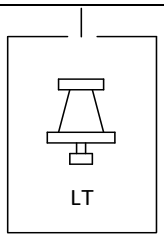
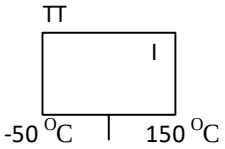
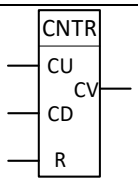
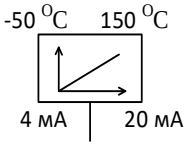
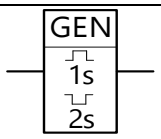
РОЗДІЛ 5
ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

5.1 Алгоритми функціонування контурів системи автоматизації

Щоб побудувати алгоритми функціонування контурів вимірювання, індикації, сигналізації та регулювання відповідно до функціональної схеми автоматизації ГРС, яка наведена на рисунку 2.1 у спрощеному вигляді, було використано графічні блоки [21], представлені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Позначення функціональних блоків на алгоритмах системи керування

Графічне зображення	**Призначення**
1	2
	– первинний вимірювальний перетворювач, давач, чутливий елемент, пристрій збору інформації про технологічний параметр
	– аналоговий індикатор технологічного параметру
	– лічильник імпульсів
	– лінійне перетворення (масштабування) аналогового сигналу
	– генератор імпульсів з уставкою часу по довжині імпульсів та інтервалами між імпульсами

Продовження таблиці 5.1

1	2
e p	– перетворювач електричного сигналу в пневматичний
	– електро-магнітне реле, контактор
IN < 1 ± 0,1 бар	– елемент порівняння аналогового сигналу із заданим значенням з урахуванням значення гістерезису
TON 1s	– таймер з витримкою часу на увімкнення
ON L H	– світловий сигнальний індикатор сигналізації по верхній, нижній межі технологічного параметру або стану обладнання
0-1 0=OFF 1=ON	– перемикач для увімкнення/вимкнення
INV	– логічна побітова інверсія
&	– логічний побітовий добуток
1	– логічне побітове додавання
÷	– арифметичне ділення

Контури 1, 5, 6, 9, 12. Вимірювання, показ, реєстрація і сигналізації тиску газу на вході ГРС, на виході з вузла редукування, на виході ГРС, температури на виході з вузла редукування та рівня одоранту в ємності

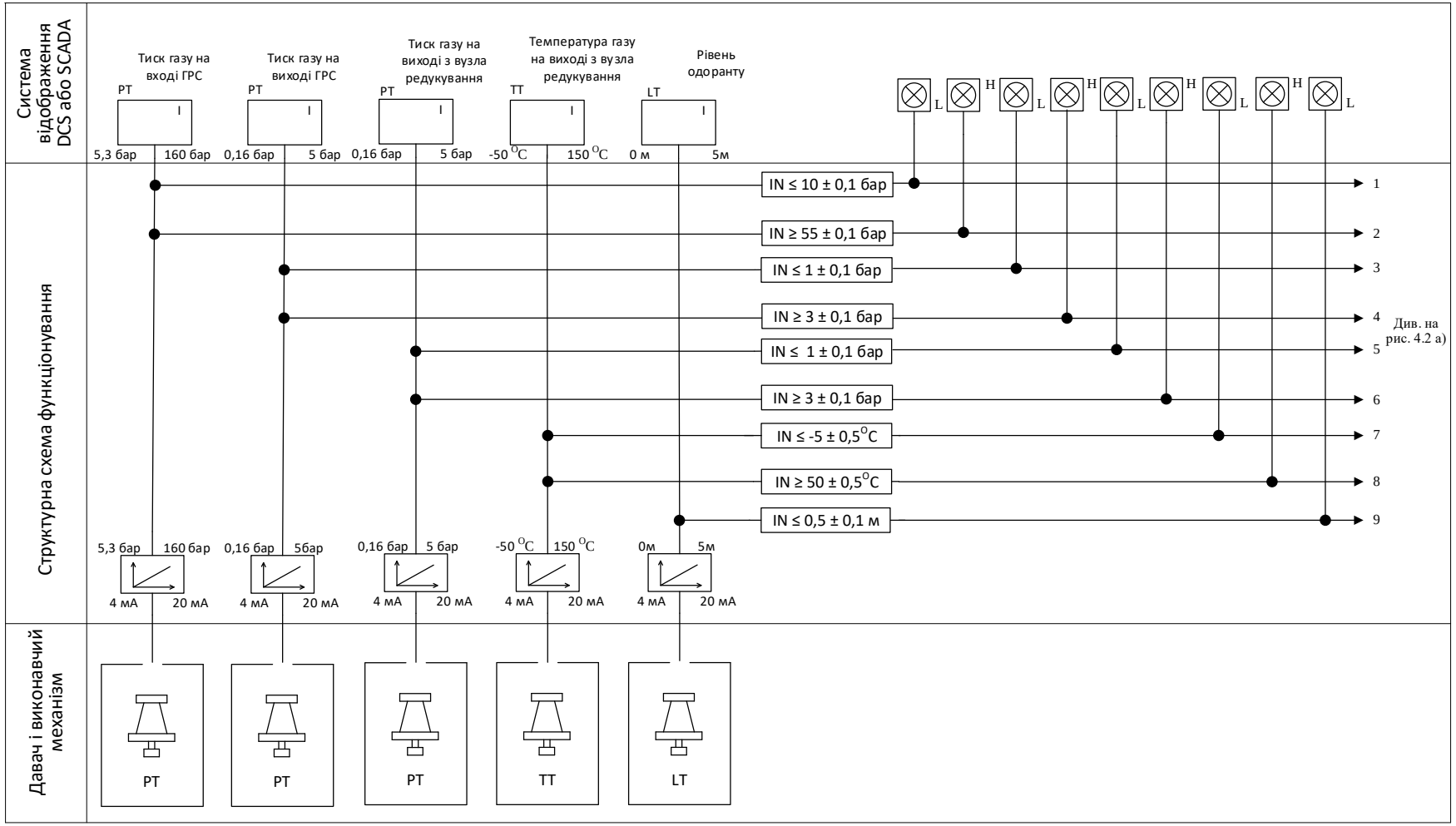


Рисунок 5.1 Алгоритм функціонування контурів реєстрації та сигналізації тиску газу на вході ГРС, на виході з вузла редукування, на виході ГРС, температури на виході з вузла редукування та рівня одоранту в ємності

Контур 2. Захист і блокування (рисунок 5.2)

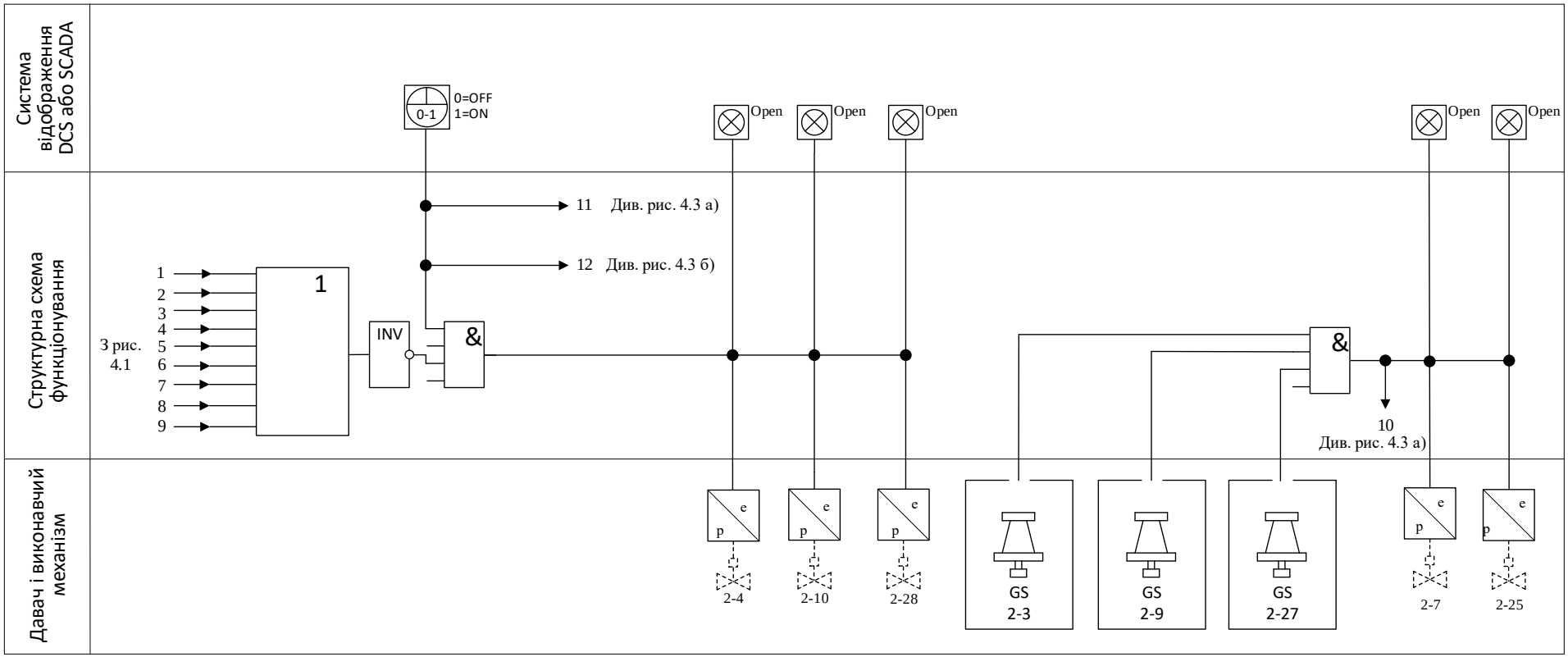
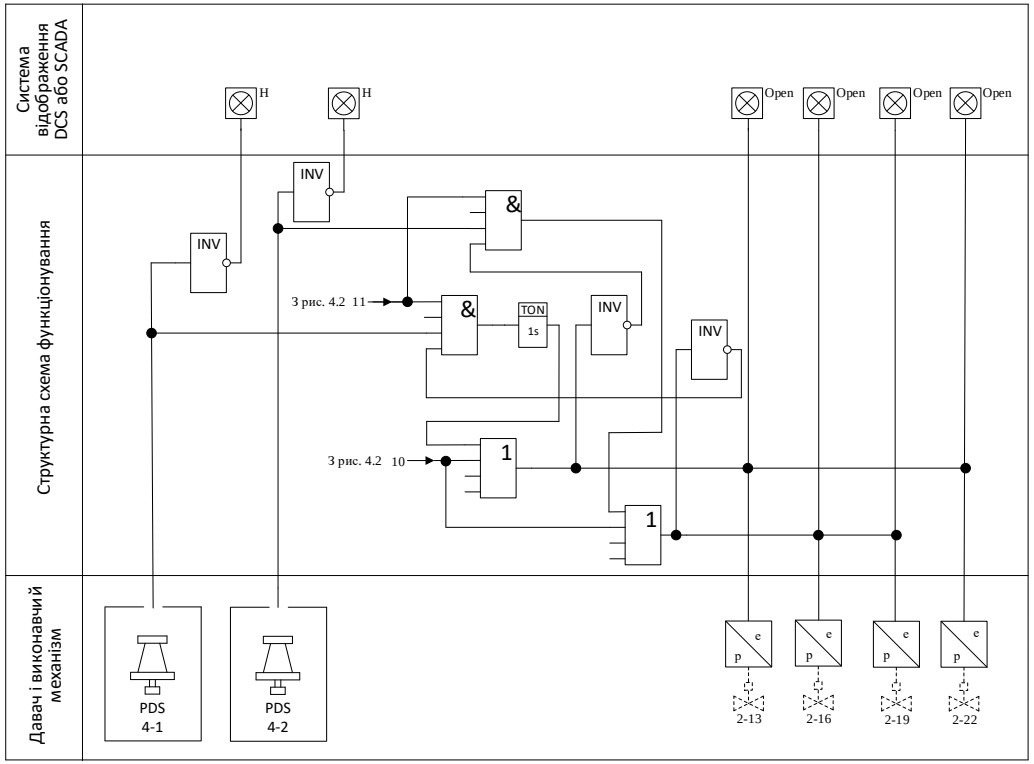


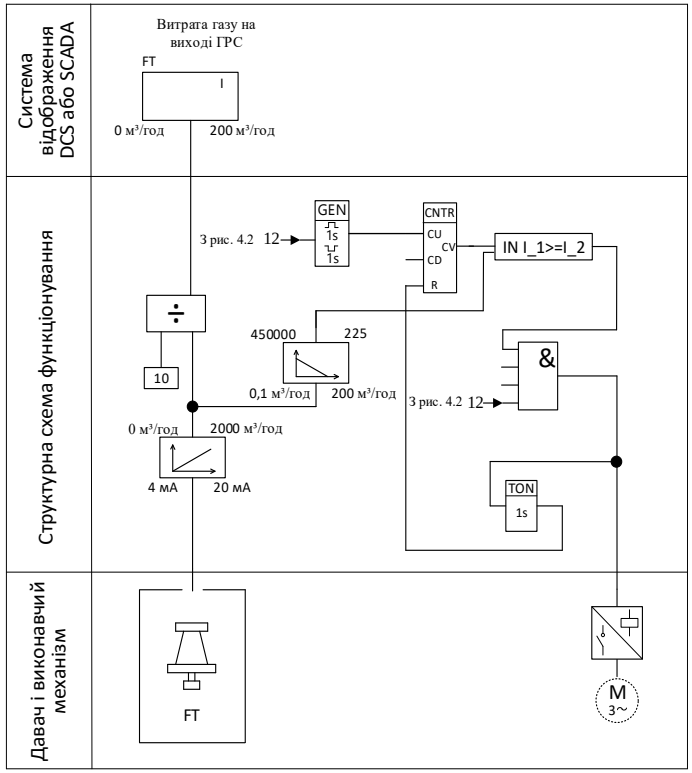
Рисунок 5.2 Алгоритм функціонування контуру захисту і блокування

Контур 4. Захист і блокування, а також сигналізація при перевищені перепаду тиску на фільтрах (рисунок 5.3 а)

Контур 10: Регулювання подачі одоранту до газу (рисунок 5.3 б)



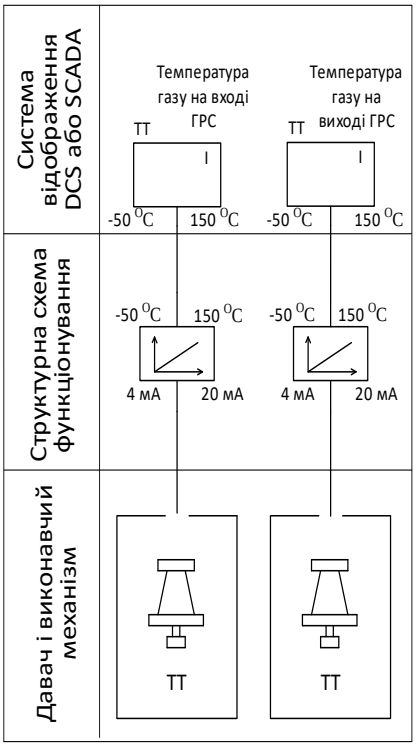
а)



б)

Рисунок 5.3 Алгоритми функціонування: а) Контуру 4. Захист і блокування, а також сигналізації при перевищені перепаду тиску на фільтрах; б) Контуру 10. Регулювання подачі одоранту до газу

Контури 3 і 11: Вимірювання, показ і реєстрація температури газу на вході та виході ГРС відповідно (рисунок 5.4)



а)

Рисунок 5.4 Алгоритм функціонування контурів 3 і 11. Індикація температури на вході і виході ГРС відповідно

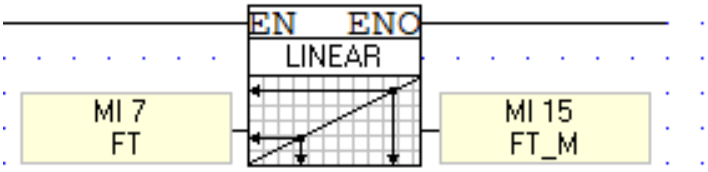
5.2 Програма функціонування мікропроцесорного програмованого засобу автоматизації

У відповідності до розроблених алгоритмів функціонування ГРС, які наведені у розділі 5.1, здійснено розробку програми функціонування мікроконтролера серії Vision V570. В цілому програма складається з типових стандартних процедур (підпрограм), таких як:

1. Підпрограма обробки і масштабування вхідного сигналу, яка полягає у перетворенні вхідного аналогового сигналу та приведенні його до діапазону вимірювання ПВП.

Цю підпрограму можна виконати за допомогою функціонального блоку LINEAR, вигляд та налаштування якого показано на рисунку 5.5. Цей функціональний блок згідно лінійної залежності перетворює вхідне числове

значення від аналогового цифрового перетворювача в числове значення діапазону вимірювання первинного вимірювального перетворювача.



а)

б)

Params	Func	Operand	Address			Format	Description
IN	X1	D#	0			DEC	Linear conversion: X1 Value
	Y1	D#	0			DEC	Linear conversion: Y1 Value
	X2	D#	16383			DEC	Linear conversion: X2 Value
	Y2	D#	200			DEC	Linear conversion: Y2 Value
	X	MI	7			DEC	FT
OUT	Y	MI	15			DEC	FT_M

Рисунок 5.5 Блок LINEAR:

а) загальний вигляд; б) вікно параметрів налаштування

Згідно рисунку 5.5 б):

– X – адреса комірки пам’яті вхідної величини;

– Y – адреса комірки пам’яті вихідної величини;

– X1 – початкове значення вхідної величини;

– X2 – кінцеве значення вхідної величини, яке визначається розрядністю АЦП;

– Y1 – початкове значення вихідної (промасштабованої) величини;

– Y2 – кінцеве значення вихідної (промасштабованої) величини.

2. Програма реалізації світлової сигналізації по нижньому чи верхньому аварійному значенню параметра. Приклад реалізації такої програми наведено на рисунку 5.6.

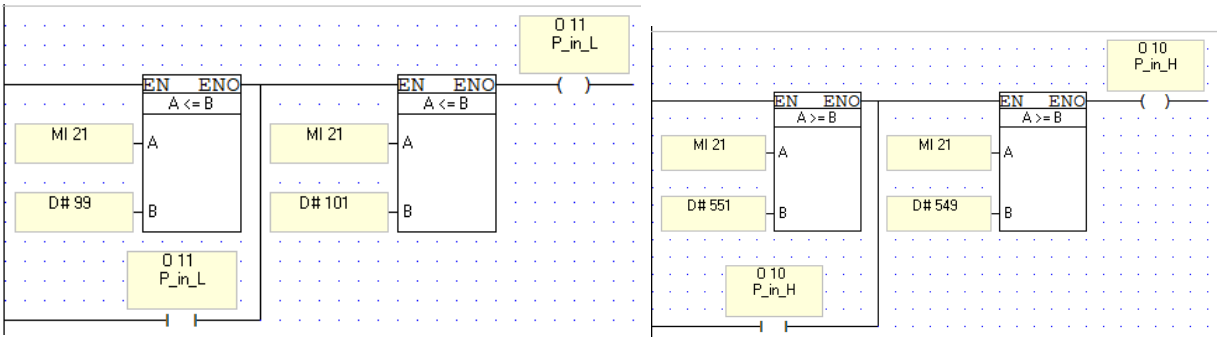


Рисунок 5.6 Фрагмент програми функціонування світлової сигналізації по нижній та верхній аварійній межі відповідно

З рисунка 5.6 можна побачити, що для того, щоб реалізувати світлову сигналізацію використовують функціональні елементи порівняння (компаратори), за допомогою яких встановлюють межі критичних значень даного технологічного параметру.

3. Генератор імпульсів, який представлений на рисунку 5.7.

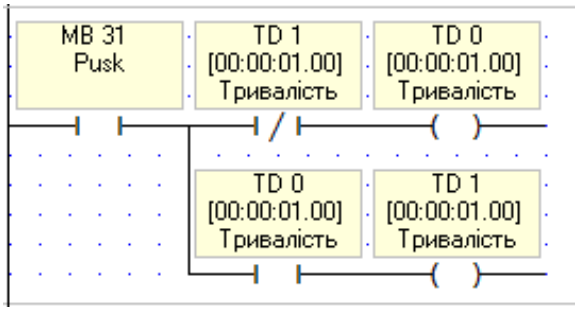


Рисунок 5.7 Генератор імпульсів

Як видно з рисунка 5.7 для реалізації генератора імпульсів використовуються елементи релейної логіки (нормально відкриті і закриті контакти), а також виконавчі елементи таймерів із затримкою на увімкнення. Після увімкнення процесу спрацьовує таймер Т0 і починається відлік часу 1с. Після закінчення відліку часу вмикається таймер Т1, який після 1с розмикає контакт Т1, тим самим обнулюючи таймер Т0.

4. Лічильник імпульсів при появі імпульсу збільшує своє значення на 1. Фрагмент програми з використанням лічильна імпульсів представлений на рисунку 5.8.

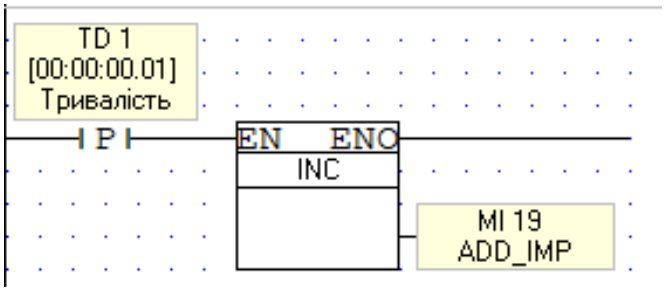


Рисунок 5.8 Лічильник імпульсів

Для обнулення лічильника використовується елемент алгебри логіки – додавання за модулем два (виключаюче АБО). У програмі ця функція здійснюється за допомогою функціонального блоку XOR, який представлений на рисунку 5.9.

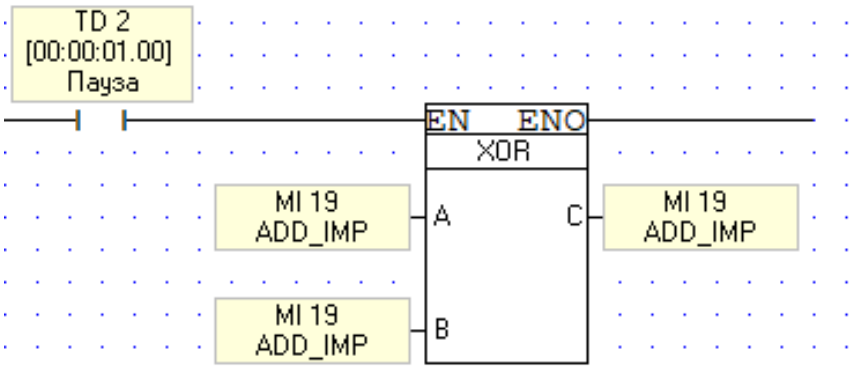


Рисунок 5.9 Блок додавання за модулем два XOR

Повна програма функціонування газорозподільної станції з використанням мікропроцесорного засобу автоматизації серії Vision V570 виробництва корпорації Unitronics представлена в графічній частині бакалаврської кваліфікаційної роботи на аркуші №2.

5.3 Розроблення програми функціонування людино-машинного інтерфейсу

Як вже зазначалося раніше, мікроконтролер Vision V570 включає в себе пристрої людино-машинного інтерфейсу, зокрема HMI-панель. Тому в бакалаврській кваліфікаційній роботі в програмному середовищі VisiLogic розроблено HMI-дисплеї системи керування контролю, реєстрації та сигналізації параметрів на газорозподільній станції.

На першому дисплеї HMI-панелі здійснюється контроль значень основних параметрів газорозподільної станції, таких як тиск газу на вході ГРС та тиск і витрата газу на виході ГРС. Їхні значення виводяться на дисплей за допомогою інструменту створення графічних числових елементів «Numeric». Для виведення текстових повідомлень, що описують призначення графічних і числових елементів використовується інструмент створення текстових повідомлень «Text».

Також на дисплеї №1 розміщено кнопку для запуску роботи газорозподільної станції, яку створено за допомогою інструменту графічних зображень «Binary image». Ця кнопка є кнопкою з фіксацією, тому після ввімкнення процесу для його зупинки потрібно ще раз на неї натиснути.

Окрім цього, на першому дисплеї розміщено кнопки для переходу на дисплеї №2, 3 і 4, які створені за допомогою інструменту «Button». А також для кращого сприймання значень і елементів на дисплеї їх розділено за допомогою інструменту відображення прямої лінії «Line» (рисунок 5.10).

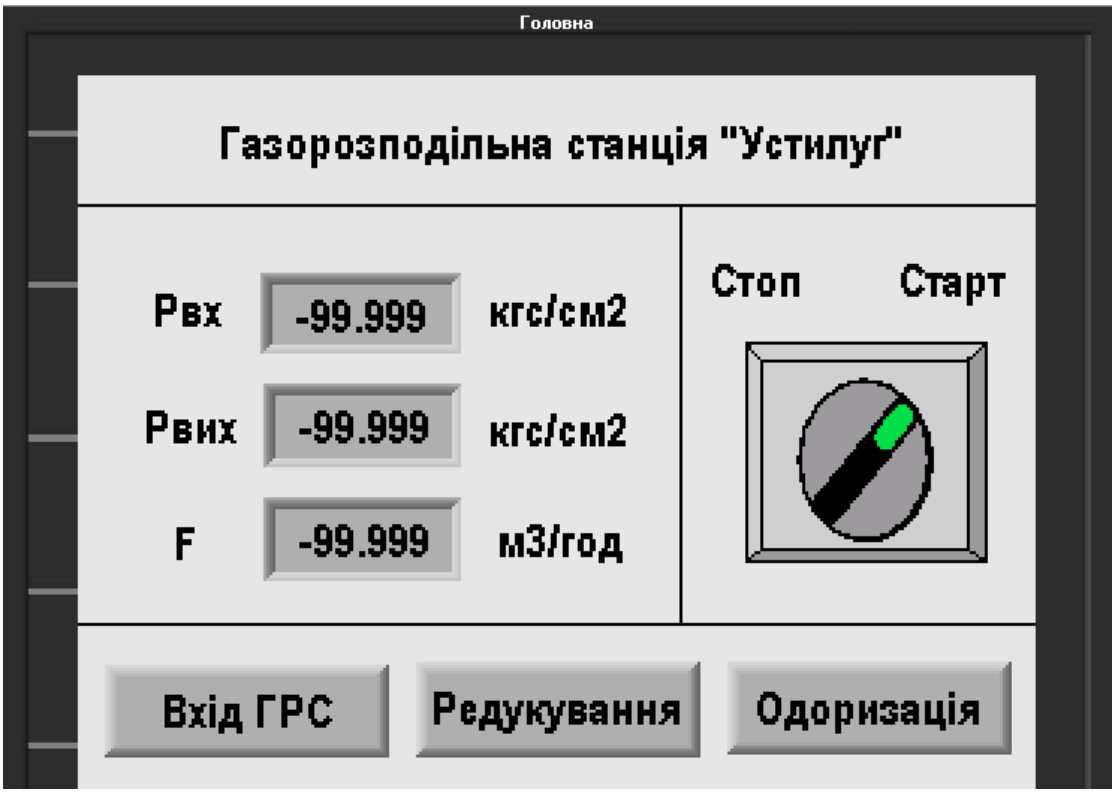


Рисунок 5.10 Дисплей №1 людино-машинного інтерфейсу

На дисплеї №2 здійснюється контроль значень параметрів на вході ГРС, зокрема тиску та температури, за допомогою інструменту «Numeric». Нумерація клапанів та опис призначення виведених числових значень на дисплеї реалізовано за допомогою інструменту створення текстових повідомлень «Text».

Для здійснення сигналізації по верхній і нижній аварійній межі при виході значень тиску на вході ГРС за допустимі межі використовується інструмент створення графічних зображень «Binary image». Також для виведення тексту про перевищення допустимих значень тиску використовується інструмент створення бінарних текстових повідомлень «Binary text».

Щоб показати напрям потоку газу створено графічні зображення у вигляді стрілок, які реалізовані за допомогою інструменту створення графічних зображень

«Bitmap». Також на дисплеї здійснюється контроль положення запірної арматури за допомогою інструменту «Binary image».

Окрім цього, на другому дисплеї HMI-панелі розміщено кнопки для переходу на перший та третій дисплеї, які створені за допомогою інструменту «Button» (рисунок 5.11).

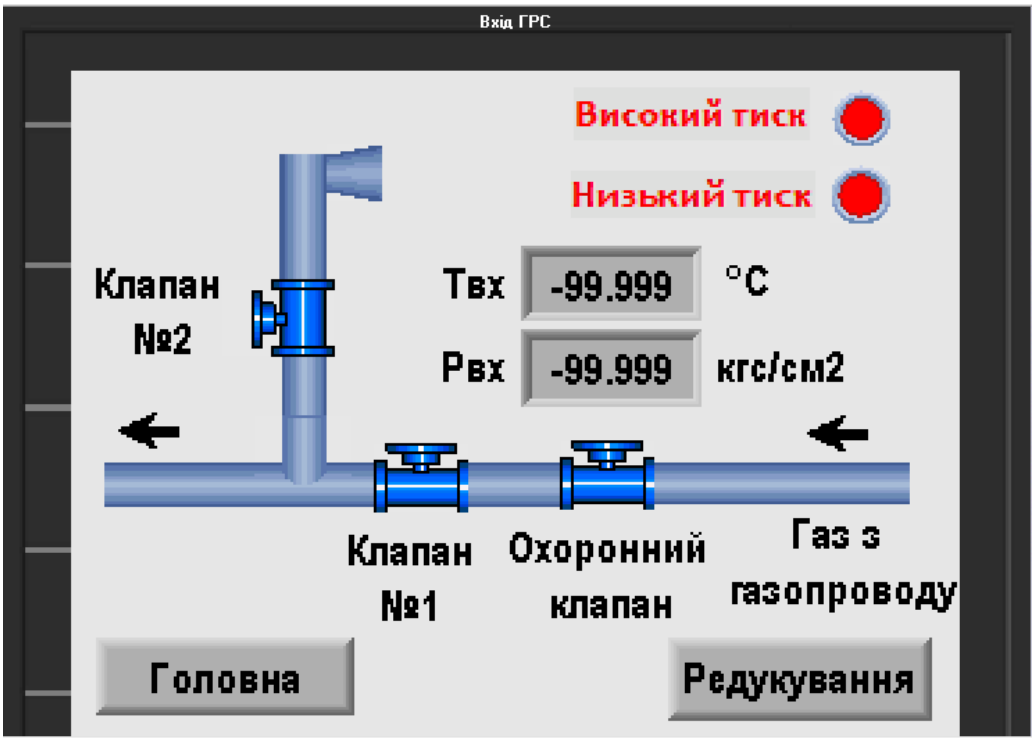


Рисунок 5.11 Дисплей №2 людино-машинного інтерфейсу

На дисплеї №3 за допомогою інструменту «Numeric» реалізовано контроль значень параметрів тиску і температури на виході з вузла редукування. Нумерація клапанів та опис призначення виведених числових значень на дисплеї здійснюється за допомогою інструменту «Text».

Для реалізації сигналізації по верхній і нижній аварійній межі при виході значень тиску та температури на виході з вузла редукування за допустимі межі використовується інструмент створення графічних зображень «Binary image». А для виведення тексту про перевищення допустимих значень тиску чи температури використовується інструмент «Binary text».

Для кращої візуалізації процесу редукування газу створено графічні зображення регуляторів тиску та моноблоків, на яких здійснюється процес фільтрування та підігріву газу. Також щоб показати напрям потоку газу створено

графічні зображення у вигляді стрілок. Ці елементи реалізовані за допомогою інструменту створення графічних зображень «Bitmap».

Окрім цього, на третьому дисплеї HMI-панелі здійснюється контроль положення запірної арматури за допомогою інструменту «Binary image» та розміщено кнопки для переходу на другий та четвертий дисплеї, які створені за допомогою інструменту «Button» (рисунок 5.12).

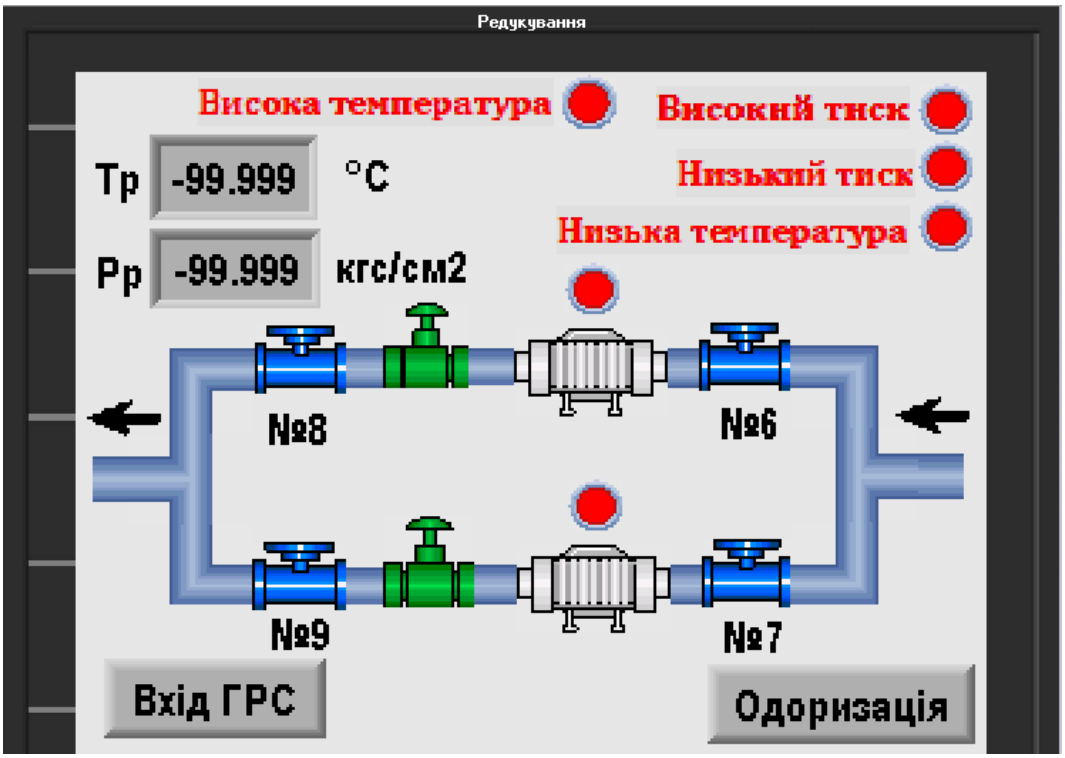


Рисунок 5.12 Дисплей №3 людино-машинного інтерфейсу

На четвертому дисплеї здійснюється контроль значень параметрів на виході ГРС, зокрема тиску, температури, витрати газу та рівня одоранту в ємності для одоранту, Їхні значення виводяться на дисплей за допомогою інструменту створення графічних числових елементів «Numeric». Нумерація клапанів та опис призначення виведених числових значень на дисплеї здійснюється за допомогою інструменту «Text».

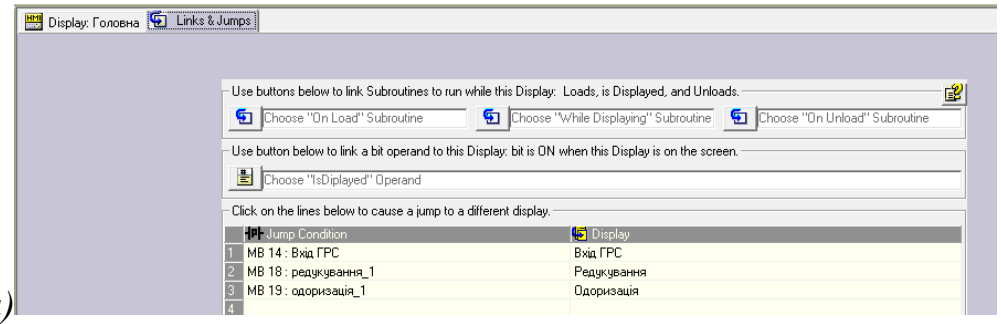
Для реалізації сигналізації по верхній і нижній аварійній межі при виході значень тиску газу на виході ГРС та рівня одоранту в ємності за допустимі межі використовується інструмент створення графічних зображень «Binary image». А виведення тексту про перевищення допустимих значень тиску чи рівня одоранту здійснюється за допомогою інструменту «Binary text».

Для кращої візуалізації процесу одоризації газу на дисплеї HMI-панелі ПЛК створено анімаційне графічне зображення ємності для одоранту зі зміною стовпчика заливки рівня одоранту, яке реалізоване за допомогою графічного інструменту «Tank». Також, щоб показати напрям потоку газу створено графічні зображення у вигляді стрілок, які реалізовані за допомогою інструменту створення графічних зображень «Bitmap».

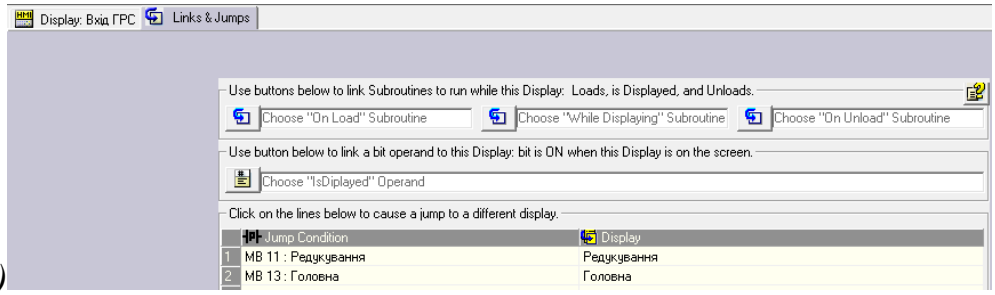
Окрім цього, на дисплеї №4 здійснюється контроль положення запірної арматури за допомогою інструменту «Binary image» та розміщена кнопка для переходу на третій дисплей, яка створена за допомогою інструменту «Button» (рисунок 5.13).

Рисунок 5.13 Дисплей №4 людино-машинного інтерфейсу

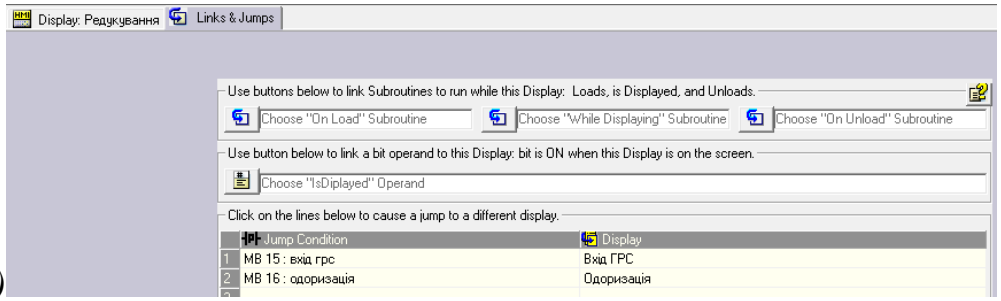
Для переходу між дисплеями застосовується меню «Link & Jumps». На першому дисплеї в меню «Link & Jumps» реалізовано перехід на дисплеї №2, 3, 4, на другому - перехід на перший та третій дисплеї, на третьому - на другий та четвертий дисплеї, а на четвертому - на дисплей №3 (рисунок 5.14).



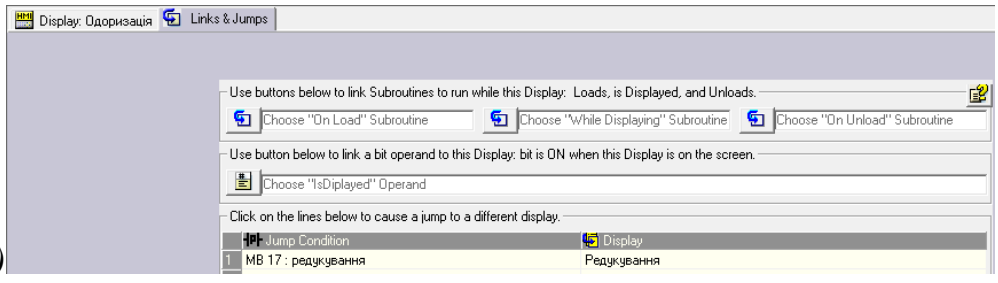
а)



б)



в)



г)

Рисунок 5.14 Налаштування переходів між дисплеями в меню «Link & Jumps»: а) на дисплеї №1; б) на дисплеї №2; в) на дисплеї №3; г) на дисплеї №4

Розроблені дисплеї людино-машинного інтерфейсу представлені на графічному плакаті №3.

Висновки:

В п’ятому розділі бакалаврської роботи було здійснено розробку алгоритмів та програми функціонування мікропроцесорного засобу автоматизації серії Vision V570 виробництва корпорації Unitronics для здійснення реалізації системи автоматизації на ГРС, а також розроблено людино-машинний інтерфейс системи керування ГРС.

РОЗДІЛ 6
ПРИНЦИПОВІ ЕЛЕКТРИЧНІ СХЕМИ З'ЄДНАНЬ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Відповідно до розробленої функціональної схеми автоматизації ГРС, з урахуванням програми функціонування мікроконтролера серії Vision V570, а також вимог до експлуатації контрольно-вимірювальних приладів було створено принципову схему електричних з'єднань пристроїв з ПЛК.

Схема електричних з'єднань складається з:

1) електричної схеми приєднання ВП (рисунок 6.1):

– електромагнітного клапана Samson типу 3963;

– електромагнітного дозуюючого насосу НД3;

– світлодіодної сигнальної лампа виробництва Schneider Electric.

2) схеми приєднання пристроїв з дискретним виходом (рисунок 6.2):

– реле перепаду тиску типу WIKA DW Samson типу 3963;

– давача кінцевого положення клапана Samson 4744-2.

3) схеми живлення модулів мікроконтролера та засобів автоматизації (див. рисунок 6.3).

4) електричної схеми приєднання ПВП до каналів аналогового входу мікропроцесорного програмного засобу автоматизації (рисунок 6.4), зокрема:

– ПВП тиску серії Sitrans P420 за двохпровідною схемою приєднання;

– ультразвукового перетворювача рівня серії Sitrans LU180 за двохпровідною схемою приєднання;

– первинного вимірювального перетворювача температури типу ТСМ-У 143 за двохпровідною схемою приєднання;

– ультразвукового перетворювача витрати серії Sitrans FS230 за двохпровідною схемою приєднання.

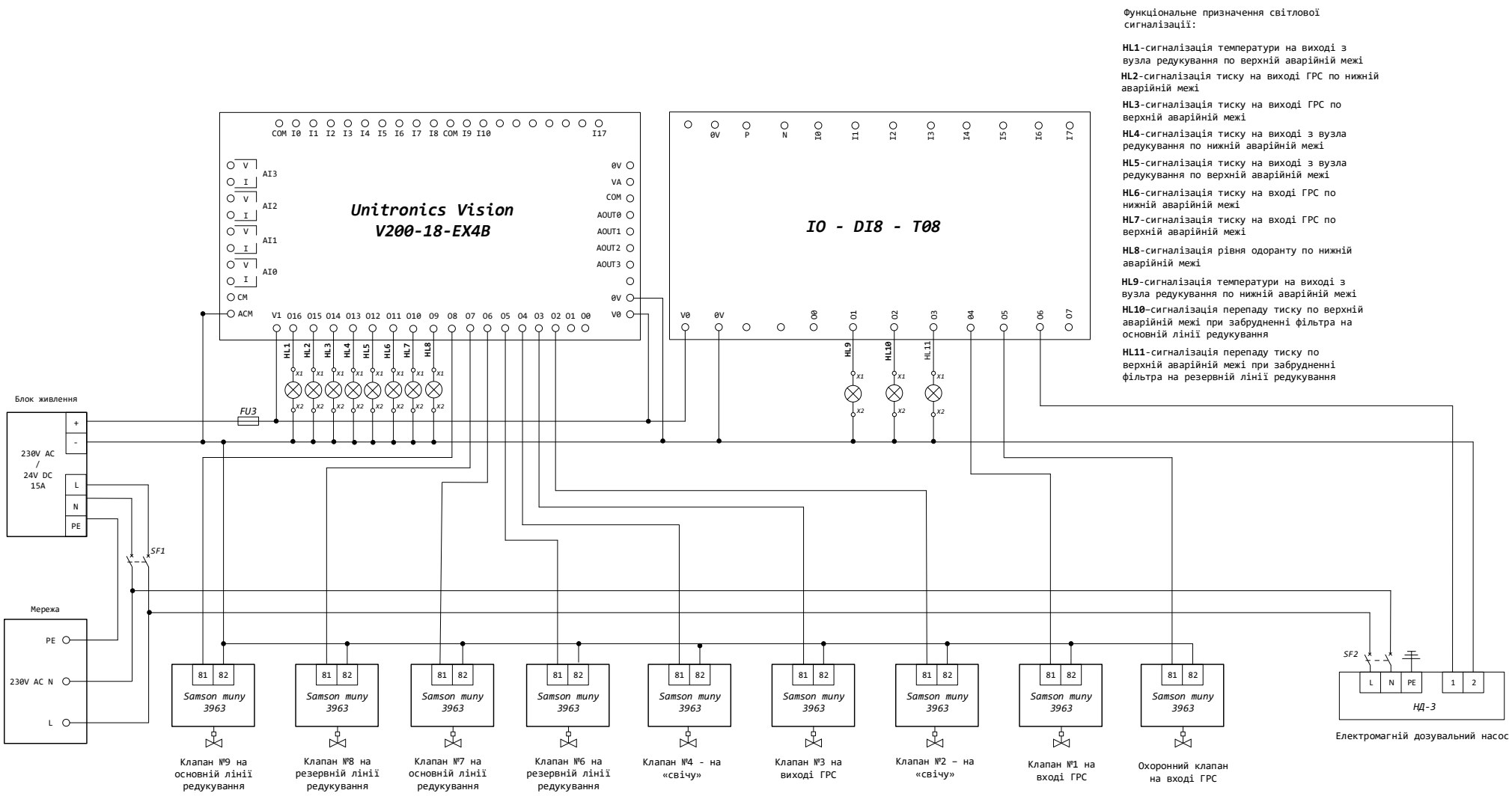


Рисунок 6.1 Принципова електрична схема приєднання виконавчих пристроїв до каналів дискретних виходів пристрою вводу/виводу V200-18-E4XB та модулю розширення типу IO-DI8-TO8

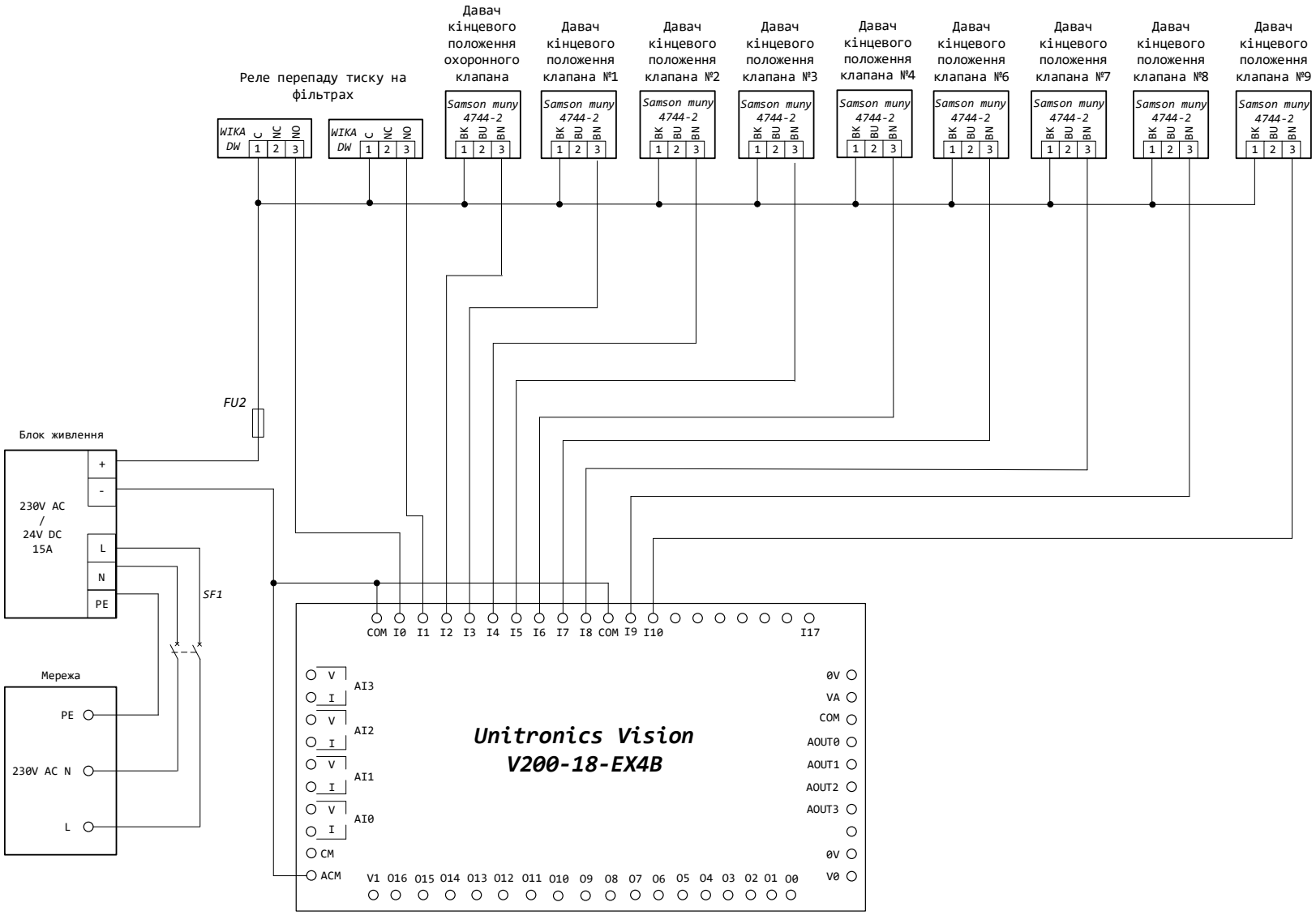


Рисунок 6.2 Принципова електрична схема приєднання виконавчих пристроїв до каналів дискретних входів пристрою вводу/виводу V200-18-E4XB

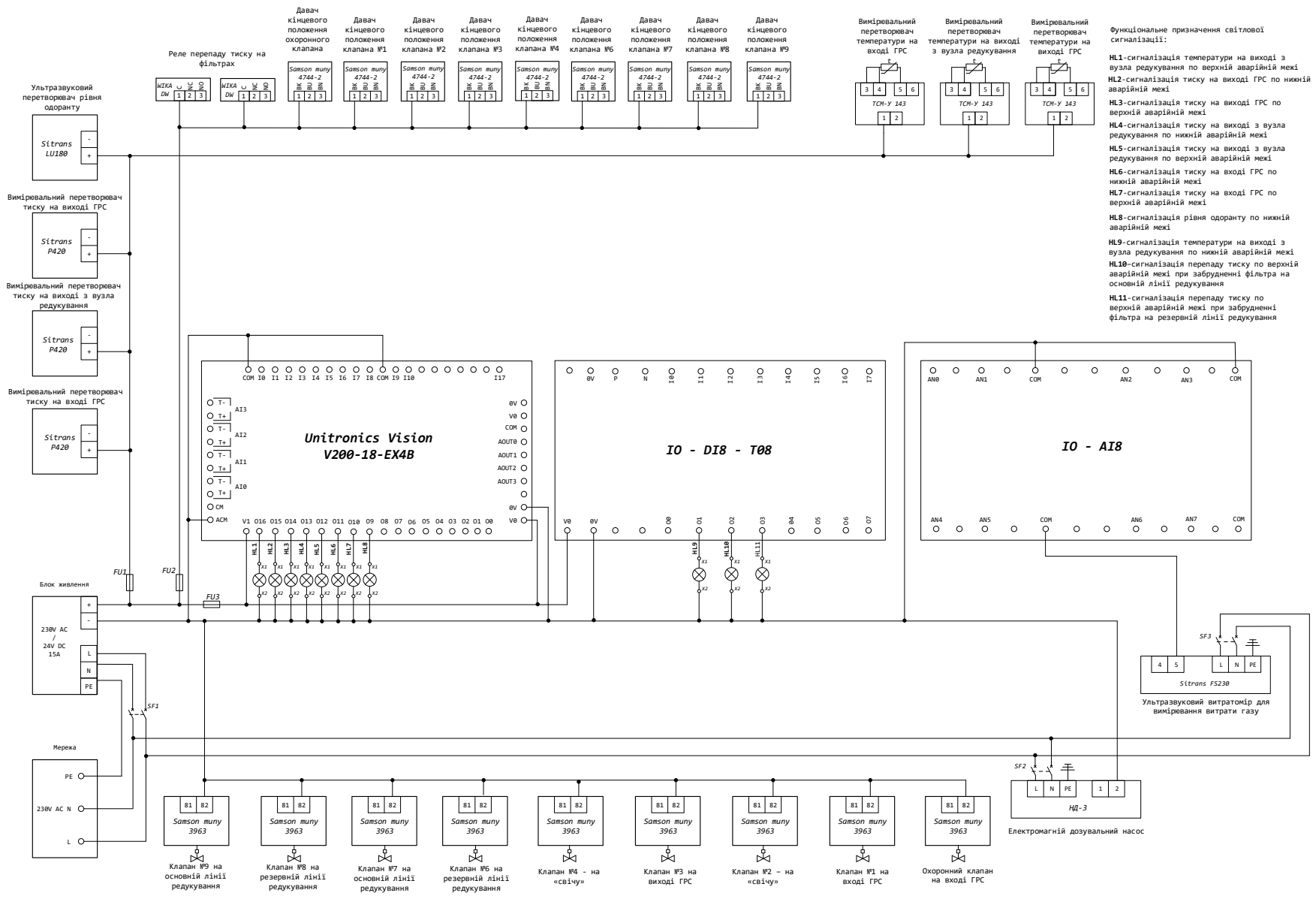


Рисунок 6.3 Принципова електрична схема живлення модулів ПЛК та технічних засобів автоматизації

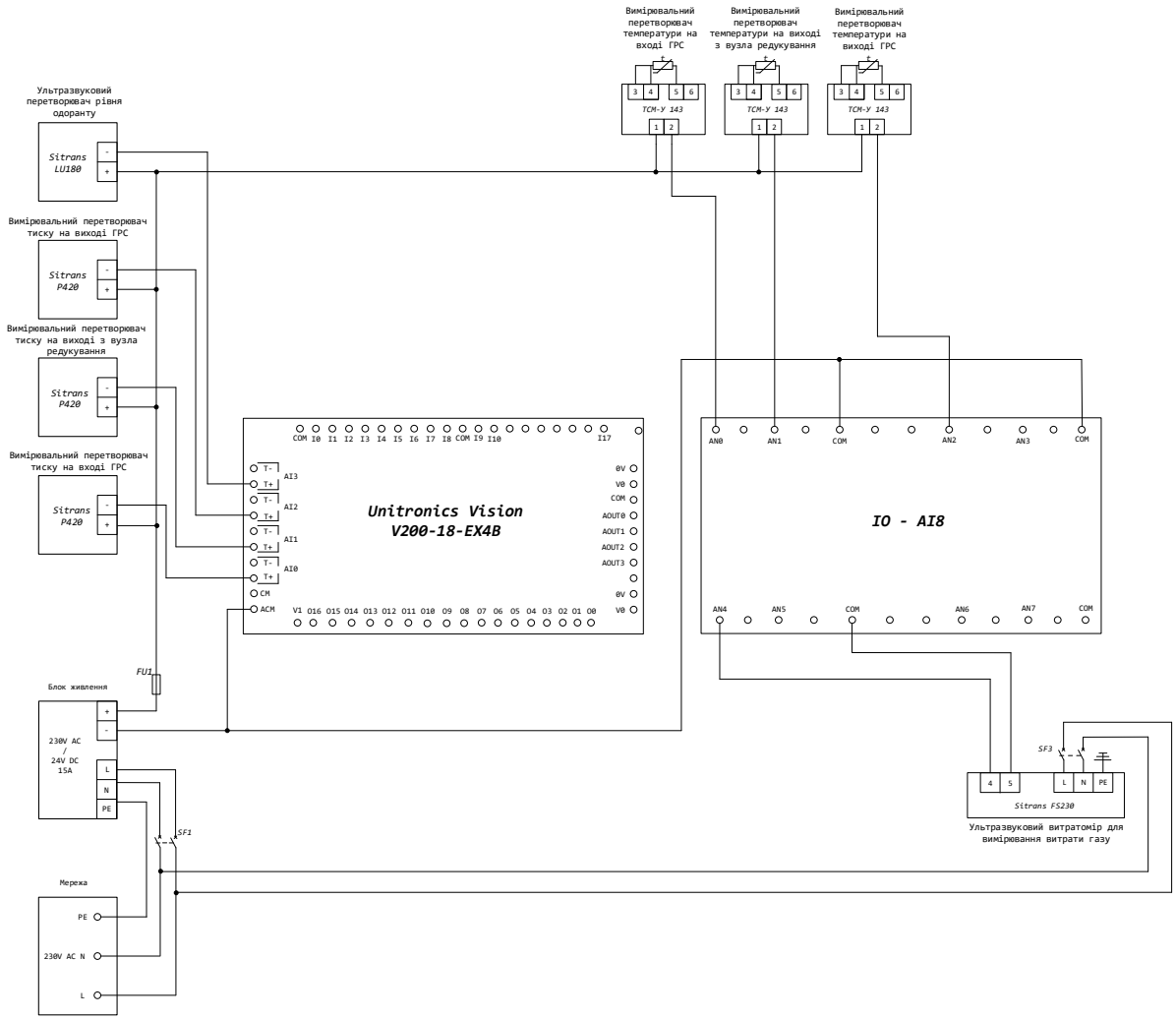


Рисунок 6.4 Принципова електрична схема приєднання первинних вимірювальних перетворювачів до каналів аналогового входу пристрою вводу/виводу V200-18-E4XB та модулю розширення типу IO-AI8

Загальна принципова схема електричних з’єднань засобів автоматизації представлена в графічній частині бакалаврської роботи на аркуші №4.

Висновки:

У розділі 6 бакалаврської кваліфікаційної роботи було розроблено принципові електричні схеми з’єднань засобів автоматизації для впровадження системи автоматизації на газорозподільній станції «Устилуг».

РОЗДІЛ 7
ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Вступна частина

Охорона праці – це не лише система технічних та організаційних заходів, а й важливий соціальний чинник, який впливає на стан суспільства, його економіку та політичну стабільність. З соціальної точки зору, кожна виробнича травма, професійне захворювання чи загибель працівника – це трагедія не лише для окремої особи, а й для її сім'ї, близьких, колективу. Економічні наслідки незадовільної охорони праці також масштабні: це прямі втрати підприємств через простої, компенсації та штрафи, і непрямі – через зниження продуктивності, втрату кваліфікованих працівників.

Охорона праці на ГРС має важливе значення через високі ризики, які пов'язані з експлуатацією газового обладнання. Вона включає комплекс заходів, які спрямовані на запобігання аваріям та захисту працівників від шкідливих факторів. Ігнорування вимог та нормативів щодо організації процесу на ГРС може призвести до техногенних катастроф, отримання травм працівниками, а також фінансових втрат.

У бакалаврській кваліфікаційній роботі розглядається газорозподільна станція «Устилуг». До її складу входять вузли редукування, обліку та одоризації газу. Експлуатація обладнання на ГРС пов'язана з високими ризиками, зумовленими властивостями газу (вибухонебезпечність, токсичність), тому для запобігання аваріям та надзвичайним ситуаціям обладнання повинно мати іскробезпечне та вибухозахисне виконання та бути стійким до температури та вологості навколишнього середовища.

В даному розділі буде розглянуто такі питання з охорони праці на ГРС:

- Безпечна експлуатація засобів автоматизації ГРС;
- Гігієна праці та виробнича санітарія на ГРС;
- Пожежна безпека на ГРС.

А також буде здійснено розрахунок блискавкозахисту для операторного відділення ГРС

7.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації засобів автоматизації

Оскільки ГРС відноситься до категорії об’єктів підвищеної небезпеки для безпечної її роботи потрібно систематично проводити перевірку стану газопроводів, обладнання, а також вентиляції.

Електрообладнання для вибухонебезпечної зони класу 2 потрібно обирати так, щоб максимальна температура його поверхні не перевищувала температуру самозаймання газу або пари, які можуть бути присутні в приміщенні [22].

Вибухозахищене електрообладнання і електрообладнання загального призначення, яке використовується на газорозподільних станціях, також має бути захищене від впливу агресивного середовища, вологи і пилу[22].

Засоби автоматизації на ГРС повинні бути забезпечені засобами блискавкозахисту, а також під'єднані до магістралі захисного заземлення. Апаратура системи передачі даних, зв'язку та обліку мають бути захищені від ураження блискавки згідно з НПАОП 60.3-1.01-10 «Правила безпечної експлуатації магістральних газопроводів».

Також потрібно забезпечувати електроживлення на ГРС від двох джерел:

- основного – від промислової мережі змінного струму з напругою 220 В та частотою 50 Гц;

- резервного – від акумуляторної батареї 12 В або 24 В, яка повинна підзаряджатися автоматично, а також бути обладнана пристроєм, який запобігає глибокому розрядженню акумулятора.

У разі зникнення або зниження напруги основного джерела живлення, перехід на резервне живлення має відбуватися «безударно», тобто із збереженням всіх функцій та без втрати інформації.

7.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії на ГРС

Газорозподільна станція «Устилуг» має стратегічне значення як об'єкт критичної інфраструктури, тому організація безпечних умов праці є ключовим

фактором, що впливає на функціонування технологічного обладнання, а також на збереження здоров'я персоналу, який обслуговує обладнання.

Особливістю експлуатації газорозподільної станції є високий рівень автоматизації основних технологічних процесів. Однак, для періодичного технічного огляду, проведення планово-попереджувальних робіт та ліквідації можливих аварійних ситуацій на ГРС повинен бути присутній обслуговуючий персонал. Тому у всіх приміщеннях та зонах, де існує потенційний ризик для працівників, потрібно забезпечити відповідні умови праці.

7.2.1 Мікроклімат на ГРС

На газорозподільній станції для категорії робіт Іа згідно з ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» передбачено норми параметрів мікроклімату наведені в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1

Параметри мікроклімату

Період року	**Оптимальні**			**Допустимі**		
	t, °C	W, %	V, м/с	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	23-25	60-40	0,1	28-22	55 при 28 °C	0,2-0,1
Холодний	22-24	60-40	0,1	25-21	75	≤0,1

Для забезпечення необхідних норм параметрів мікроклімату на ГРС встановлюють системи вентиляції повітря для підтримання оптимальної температури та рівня вологості, завдяки видаленню теплого вологого повітря з приміщення та подачі охолодженого повітря. У холодний період року у виробничих приміщеннях використовують локальне опалення.

7.2.2 Склад повітря робочої зони

На газорозподільних станціях склад повітря робочої зони повинен відповідати нормативним вимогам. Концентрація горючих газів (метану, пропану, бутану) не повинна перевищувати 20% НКГВ. При досягненні рівня загазованості

10% НКГВ повинна спрацьовувати попереджувальна сигналізація, а при 20% НКГВ – аварійна сигналізація [25].

В допоміжному приміщенні з котлом повинен бути контроль загазованості метаном і контроль загазованості оксидом вуглецю і сірководнем. Максимальна допустима загазованість оксидом вуглецю становить 0,002%, а сірководнем 0,005%. Допустимою границею концентрації газу в повітрі приміщень є концентрація не більше 1,0 %. Якщо концентрація метану у повітрі приміщення становить 5¸15% це є вибухонебезпечно [25].

У виробничих приміщеннях ГРС, а саме в приміщенні одоризації, редукування, а також в котельні кожної зміни необхідно газоаналізатором перевіряти рівень загазованості із записуванням результатів перевірки в операторному журналі ГРС. Витоки газу повинні виявлятись тільки за допомогою мильного розчину. Застосування вогню для виявлення місць витоків газу забороняється. Інтенсивність запаху природного газу необхідно перевіряти органолептичним або приладовим методом [26].

У разі виявлення небезпечних концентрацій має автоматично запускатись аварійна вентиляція, а персонал має бути забезпечений індивідуальними засобами захисту органів дихання.

7.2.3 Виробниче освітлення

Освітлення на ГРС має відповідати вибухопожежній безпеці та забезпечувати достатню видимість для роботи. Проектувати освітлення необхідно дотримуючись нормативних вимог НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок», ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення», НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» та положення Правил улаштування електроустановок (ПУЕ).

Основне освітлення на ГРС має бути вибухозахищеним (маркування Ex d, Ex e або Ex i) у зонах з можливістю витоку газу, зі ступенем захисту не нижче IP65 для захисту від пилу та вологи, а також стійким до впливу агресивного середовища [28].

На ГРС повинно бути передбачене аварійне освітлення, яке дає можливість контролювати покази приладів, стан обладнання і систем, а також виконувати усунення несправностей і проводити безпечну евакуацію при відключенні електроживлення або у разі аварійних ситуацій на ГРС.

Аварійні світильники повинні забезпечувати освітленість не менше 0,5 лк на рівні підлоги для евакуації та 10% від нормативного освітлення для продовження роботи. Також вони повинні мати автономне живлення від акумуляторів на 1-3 години або можливість підключення до незалежного джерела [27].

7.2.4 Виробничий шум

На газорозподільних станціях основними джерелами шуму можуть бути компресорні агрегати, газорозподільні установки, запірна та регулююча арматура, трубопроводи з високошвидкісними потоками газу, вентиляційні системи та трансформаторні підстанції. Також додатковими факторами є ударні шуми від пускових клапанів та вібрація трубопроводів, яка посилює загальний шумовий фон.

Нормативні вимоги щодо рівня шуму на газорозподільних станціях в Україні регулюються ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Для ГРС допустимий рівень шуму на робочому місці повинен не перевищувати [30]:

- 50 дБА в денний час при тривалій роботі;
- 110 дБА при короткочасному впливі (з обов’язковим використанням засобів індивідуального захисту).

Для зменшення впливу виробничого шуму на персонал потрібно вживати такі методи захисту, як звукоізоляція шумних агрегатів, екранування, встановлення глушників на клапани, заміна клапанів на малошумні, використання ЗІЗ тощо.

7.2.5 Виробничі вібрації

Основними джерелами вібрацій на газорозподільних станціях можуть бути трубопроводи з високим тиском, регулюючі та запірні клапани, а також насоси і компресори.

В Україні нормативні вимоги щодо рівня шуму на робочих місцях регулюються ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації», згідно з якими:

- локальна вібрація не повинна перевищувати 126 дБ ;

- загальна вібрація (передається через опорні поверхні) має бути в межах 92–120 дБ залежно від тривалості впливу.

Щоб захистити персонал від впливу вібрації на ГРС потрібно здійснювати віброізоляцію обладнання, встановлювати демпфери для поглинання коливань, обмежувати час перебування персоналу під впливом вібрацій, а також використовувати засоби індивідуального захисту.

7.2.6 Виробничі випромінювання

На газорозподільних станціях можуть виникати такі види виробничого випромінювання:

- інфрачервоне – виникає від гарячих поверхонь обладнання і може призводити до перегріву тіла людини;

- електромагнітне – виникає від електрообладнання;

- ультрафіолетове випромінювання – виникає при зварювальних роботах.

Нормативні вимоги щодо допустимих рівнів випромінювання регулюються ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

На ГРС зазвичай рівні випромінювання не перевищують встановлених норм. Однак, щоб забезпечити безпеку персоналу на ГРС необхідно здійснювати ізоляцію гарячих поверхонь, екранувати джерела електромагнітного випромінювання металевими кожухами, обмежувати час перебування персоналу під впливом випромінювання, а також використовувати засоби індивідуального захисту.

7.3 Пожежна безпека на ГРС

Газорозподільні станції є об’єктами підвищеної пожежної та вибухонебезпеки через постійну присутність горючих газів (метану, пропану, бутану тощо) під високим тиском.

Основні джерела пожежної небезпеки:

- витоки горючих газів з трубопроводів, фланцевих з’єднань, запірної арматури або резервуарів;

- електроустаткування, яке може стати джерелом іскри (особливо в зонах із можливим витоком газу).

- зовнішні фактори: блискавка, несанкціоноване використання вогню, техногенні аварії.

Організація пожежної безпеки на ГРС здійснюється згідно з вимогами нормативних документів, зокрема:

1) НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні»;

2) ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту»;

3) НПАОП 0.00-1.76-15 «Правила безпеки систем газопостачання»;

4) НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок».

7.3.1 Технічні рішення системи запобігання пожежі

Для забезпечення пожежної безпеки на ГРС повинна бути встановлена система автоматичного газового контролю (газосигналізатори на CH_4, H_2S, CO) з сигналізацією та автоматичним відключенням у разі витоку. Обладнання, яке встановлене на ГРС повинно мати вибухозахищене виконання (маркування Ex d, Ex e або Ex i) у зонах з можливістю витоку газу, а також мати ступінь захисту не нижче IP65 для захисту від пилу та вологи. Щоб захистити ГРС від ураження блискавкою усе металеве обладнання повинно бути заземлено, а також має бути встановлений блискавкозахист.

У вибухонебезпечних зонах класу 2 потрібно застосовувати кабелі і проводи з мідними жилами. Не допускається застосування неізольованих проводів, крім проводів для заземлення [22].

Кабельні з’єднання у вибухонебезпечних приміщеннях необхідно виконувати за допомогою клемних ящиків вибухобезпечного виконання. [22].

Щоб запобігти механічному пошкодженню проводу і небезпеки ураження електричним струмом, потрібно всі проводки прокладати в захисних коробах, а сигнальні та живлячі - незалежно один від одного. Проводки, які прокладаються у траншеї по площадці ГРС та перетинають дороги та інші комунікації необхідно прокладати в захисній ПВХ трубі [22, 29].

7.3.2 Технічні рішення системи протипожежного захисту

У разі виникнення пожежі на ГРС повинні бути встановлені автоматичні системи пожежогасіння. Також необхідно встановити ручні порошкові вогнегасники біля основного обладнання та на виході з приміщень. У зонах, де є підвищена небезпека виникнення пожежі потрібно розміщувати вогнегасники вуглекислотного типу.

Також на ГРС повинна бути реалізована система аварійного освітлення, а у всіх приміщеннях розміщено актуальні плани евакуації та інструкції з дій у разі виникнення пожежі.

Весь персонал, який працює з обладнанням ГРС, повинен проходити щорічне навчання з пожежної безпеки та інструктаж (первинний, повторний, позаплановий). Всі інструктажі і перевірки повинні бути записані у відповідному журналі. Також необхідно проводити навчальні тренування з евакуації та дій у разі виникнення пожежі.

7.4 Розрахунок системи блискавкозахисту для операторного відділення

1. Визначаємо категорію і тип зони захисту блискавковідводу

Для розрахунку блискавкозахисту потрібно мати дані про грозову активність у районі розміщення об’єкта. Дана газорозподільна станція розміщена у Волинській області, тому середня тривалість гроз $T_{гр}=80$ *год*.

Кількість годин грозової активності в рік n становить [34]:

$$n = (6,7 \times T_{гр}) /100 = (6,7\times 80) /100 =5,36, \qquad (7.1)$$

де $T_{гр}$ - середня тривалість гроз у годинах, визначена за картами інтенсивності грозової діяльності або за середніми багаторічними (не менш 10 р.) даними метеостанції, найближчої до місця знаходження об’єкта

За цими даними визначаємо очікувану кількість ударів блискавки за рік по операторному відділенні ГРС [34]:

$$N=[(S + 6\times h_{об}) \times (L + 6\times h_{об}) - 7,7\times h_{об}^2] \times n \times 10^{-6}=$$
$$=[(10 + 6\times 6)\times (16 + 6\times 6) - 7,7\times 6^2] \times 5,36 \times 10^{-6}= \qquad (7.2)$$
$$=0,011,$$

де L – довжина операторного відділення ГРС;

S - ширина операторного відділення ГРС;

$h_{об}$ - висота операторного відділення ГРС.

В залежності від класифікації споруди за ПУЕ та від кількості очікуваних ударів блискавкою N вибираємо тип зони та рівень блискавкозахисту об’єкту [34].

Оскільки класифікація споруди за ПУЕ це клас 2, то при $N\leq 1$ рівень блискавкозахисту є II.

Тоді надійність захисту від прямого удару блискавки ($P_з$) слід приймати 0,95÷ 0,99 [34].

2. Розраховуємо зону захисту одиничного тросового блискавковідводу.

Стандартні зони захисту одиничного тросового блискавковідводу висотою h обмежені симетричними двосхилими поверхнями, що створюють у вертикальному перерізі рівнобедрений трикутник з вершиною на висоті $h_o<h$ і основою на рівні землі $2r_o$ (рисунок 7.1) [34].

Висота блискавковідводу h = 12,7м.

Висота зони захисту h_0 розраховується за формулою [34]:

$$h_0=0,8\times h=0,8\times 12,7=10,16м , \qquad (7.3)$$

де h - висота блискавковідводу.

Напівширина зони захисту становить [34]:

$$r_0 = 0{,}95 \times h = 12{,}065м, \qquad (7.4)$$

де h - висота блискавковідводу.

Напівширина r_x зони захисту необхідної надійності одиничного тросового блискавковідводу на висоті h_x від поверхні землі визначається за формулою [34]:

$$r_x = r_o\,(h_o - h_x)/\,h_o = 12{,}065 \times (10{,}16-6)/10{,}16 = 5м, \qquad (7.5)$$

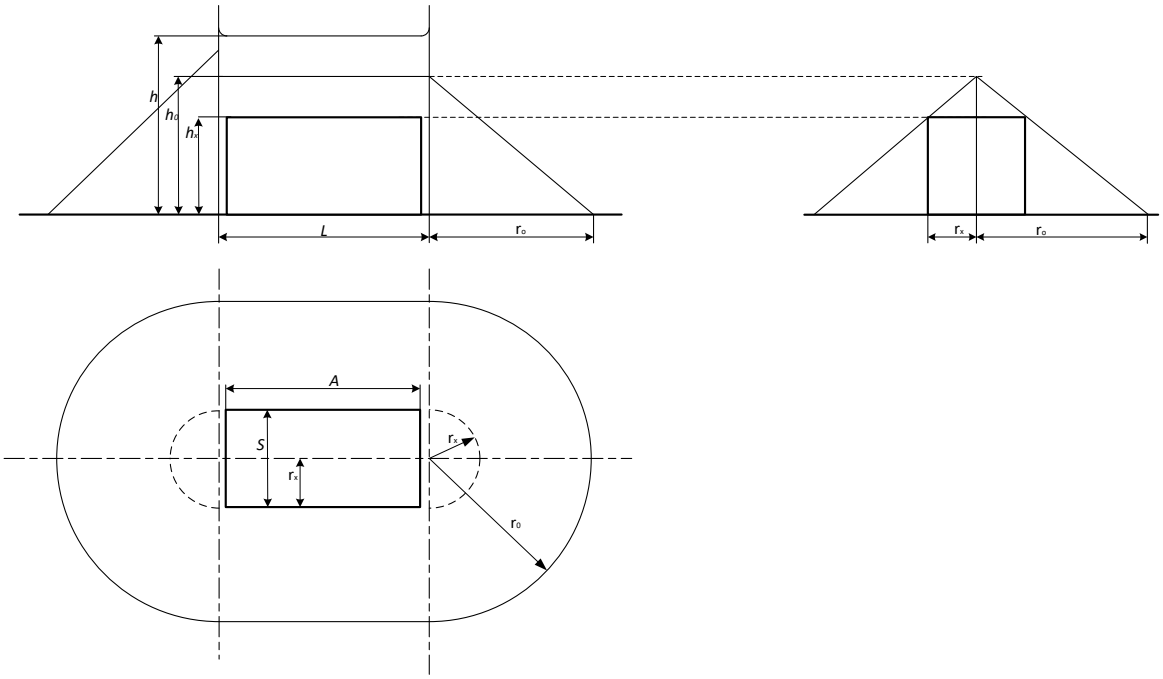


Рисунок 7.1 Зона захисту одиничного тросового блискавковідводу

Висновки:

У розділі 7 бакалаврської кваліфікаційної роботи було розглянуто питання з охорони праці на ГРС, такі як безпечна експлуатація засобів автоматизації газорозподільної станції, гігієна праці та виробнича санітарія на ГРС, пожежна безпека на ГРС а також здійснено розрахунок блискавкозахисту для операторного відділення газорозподільної станції.

Впровадження зазначених заходів і рішень на ГРС є ключовим фактором безпечного функціонування об’єкту та створення передумов для стабільної роботи персоналу і зниження виробничих ризиків.

РОЗДІЛ 8
РОЗРАХУНОК І ОБГРУНТУВАННЯ ВИТРАТ НА ЗДІЙСНЕННЯ ЗАХОДІВ З АВТОМАТИЗАЦІЇ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНОЇ СТАНЦІЇ

Характеристика об’єкта

Газорозподільна станція призначена для подачі споживачам газу певного тиску, очистки, одоризації, а також вимірювання витрат газу. Вона є ключовим елементом в системі газопостачання, оскільки забезпечує безпечну та стабільну подачу газу до промислових підприємств та комунальних мереж [1].

Автоматизація виробничих процесів відіграє важливу роль у підвищенні ефективності, надійності та безпеки функціонування газорозподільних станцій. Впровадження систем автоматизації ГРС дозволяє оптимізувати витрати на експлуатацію, мінімізувати ризики, які пов’язані з людським фактором, підвищити точність контролю параметрів газу, а також забезпечити швидке реагування на аварійні ситуації, які можуть виникнути в процесі роботи ГРС.

Метою даного розділу у бакалаврській кваліфікаційній роботі є обґрунтування витрат на автоматизацію з урахуванням технічних особливостей ГРС та нормативних вимог.

8.1 Розрахунок і обгрунтування витрат на здійснення заходів для впровадження системи автоматизації ГРС

Для обчислення витрат, які пов’язані із реалізацією схеми автоматизації ГРС, складаємо кошторис, який включає в себе вартість придбання, транспортування, а також встановлення контрольно-вимірювальних приладів.

Вартість монтажних робіт складається з вартості матеріалів, витрат на енергію, заробітну плату, а також накладних витрат. Вона може становити 45% від вартості КВПіА. А вартість транспортування становить 25% від ціни КВПіА [35].

За таблицею 8.1 вартість КВПіА становить A_1= 1 252 675 грн. Витрати на монтажні роботи становлять:

$$A_2 = A_1 \cdot 0{,}45 = 1\,252\,675 \cdot 0{,}45 = 563\,703{,}75 \text{ грн.} \qquad (8.1)$$

Витрати на транспортування становлять:

$$A_3 = A_1 \cdot 0{,}25 = 1\ 252\ 675 \cdot 0{,}25 = 313\ 168{,}75 \text{ грн.} \quad (8.2)$$

Таблиця 8.1

Кошторис витрат на автоматизацію ГРС

№	Назва приладу	Тип приладу	К-ть	Вартість одного приладу, грн.	Загальна вартість приладів, грн.
1	2	3	4	5	6
1	Мікроконтролер Unitronics	Vision V570	1	33 000	33 000
2	Модуль розширення	IO-DI8-TO8	1	4 600	4 600
3	Модуль розширення	IO-AI8	1	10 000	10 000
4	ПВП тиску	SITRANS P420	1	58 000	58 000
5	ПВП тиску	SITRANS P420	2	50 000	100 000
6	Регулятор тиску	G57	2	8 000	16 000
7	Реле перепаду тиску	WIKA DW	2	10 000	20 000
8	Термоперетворювач	ТСМ-У модель 1-43	3	7 000	21 000
9	Рівнемір	SITRANS LU180	1	35 000	35 000
10	Газовий лічильник	Радміртех	2	27 000	54 000
11	Електромагнітний клапан	3963	9	4 300	38 700
12	Ультразвуковий витратомір	SITRANS FS230	1	100 000	100 000
13	Клапан	SAMSON 241 T8015	9	50 000	450 000
14	Запобіжний запірний клапан	Pietro Fiorentini SBC 782 105M	1	150 000	150 000
15	Сигнальна лампа Schneider	XB7EV03BP	11	125	1375
16	Давач кінцевого положення	SAMSON 4744-2	9	17 000	153 000
17	Електромагнітний дозувальний насос	НД3	1	8 000	8 000
	Всього, грн.				1 252 675

Також, потрібно врахувати витрати на облаштування робочого місця оператора в розрахунку кошторису автоматизації ГРС. Ці витрати будуть становити A_4=50 000 грн.

Отже, кошторис витрат на автоматизацію ГРС буде становити:

$K = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$ = 1 252 675 +563 703,75+313 168,75+50 000 = 2 179 548 грн.

Норми амортизації становлять 40% від усієї вартості системи автоматизації ГРС. Отже, сума амортизації рівна 871 819 грн.

Впровадження розробленої системи автоматизації газорозподільної станції може призвести до поліпшення техніко-економічних показників процесу, зокрема:

- зменшення кількості персоналу для обслуговування;
- збільшення пропускної спроможності ГРС на 45,5 $м^3$/год;
- зменшення витрат електроенергії - 1,5 кВт/год;
- збільшення точності вимірювання газу.

Після автоматизації процесу на ГРС економічна ефективність за рік становитиме:

- при збільшенні продуктивності:

$$45{,}5\ м^3/год \cdot 8760\ год = 398\ 580\ м^3/рік \qquad (8.3)$$

- при економії енергії:

$$1{,}5\ кВт/год \cdot 398\ 580\ м^3/рік = 597\ 870\ кВт/год \qquad (8.4)$$

При тарифі 4,32 грн/кВт·год для критичної інфраструктури економія затрат на електроенергію в рік буде становити:

$$E_1 = 597\ 870\ кВт/год \cdot 4{,}32\ грн/\ кВт{\cdot}год/рік = 2\ 582\ 798{,}4\ грн/рік \qquad (8.5)$$

Впровадження автоматизації призводить до зменшення кількості обслуговуючого персоналу. Якщо до автоматизації його кількість становила 10 осіб в зміну, то після автоматизації процесу достатньо буде 4 операторів.

Зарплата одного оператора становить 20 000 грн/місяць. Місячні витрати на зарплату працівникам до автоматизації ГРС становлять:

$$20\ 000\ грн/місяць \cdot 10\ осіб = 200\ 000\ грн.\ /міс. \qquad (8.6)$$

Після автоматизації ГРС місячні витрати на заробітну плату працівникам становлять:

$$20\ 000 \text{ грн/місяць} \cdot 4 \text{ осіб} = 80\ 000 \text{ грн./міс.} \quad (8.7)$$

Тоді, економія на зарплаті працівників в місяць:

$$200\ 000 \text{ грн.} – 80\ 000 \text{ грн.} = 120\ 000 \text{ грн./ міс.} \quad (8.8)$$

Економія на оплаті в рік становить:

$$E_2 = 120\ 000 \text{ грн/міс.} \cdot 12 \text{ міс.} = 1\ 440\ 000 \text{ грн.} \quad (8.9)$$

Отже, загальна економія коштів при впровадженні системи автоматизації ГРС:

$$E_c = E_1 + E_2 = 2\ 582\ 798{,}4 + 1\ 440\ 000 = 4\ 022\ 798{,}4 \text{ грн. / рік,} \quad (8.10)$$

де, E_1- економія за рік на витраті коштів на електроенергію;

E_2– економія за рік на витраті коштів на оплату праці персоналу.

Експлуатаційні витрати на автоматизацію ГРС включають [35]:

1. Витрати на енергоживлення контрольно-вимірювальних приладів.

Сумарна витрата електроенергії для живлення приладів рівна 854 кВт/год в рік.

Тоді, вартість спожитої електроенергії складатиме:

$$З_1 = 854 \text{ кВт/год} \cdot 4{,}32 \text{ грн/ кВт·год} = 3\ 689{,}28 \text{ грн./рік} \quad (8.11)$$

2. Витрати на оплату праці працівників:

$$З_2 = 80\ 000 \text{ грн/міс.} \cdot 12 \text{ міс.} = 960\ 000 \text{ грн.} \quad (8.12)$$

3. Амортизаційні витрати:

$$З_3 = 871\ 819 \text{ грн.}$$

4. Витрати на ремонт приладів:

$$З_4 = 40\ 000 \text{ грн./рік}$$

5. Витрата на забезпечення охорони праці для персоналу:

$$З_5 = 30\ 000 \text{ грн./рік}$$

6. Витрати на ЄСВ і військовий збір:

$$З_6 = (0{,}22 + 0{,}05) \cdot З_2 = (0{,}22 + 0{,}05) \cdot 1\ 440\ 000 \text{ грн.} = 388\ 800 \text{ грн./рік} \quad (8.13)$$

Отже, загальна сума затрат на експлуатацію:

$$З_с = З_1 + З_2 + З_3 + З_4 + З_5 + З_6 = 3\ 689{,}28 + 960\ 000 + $$
$$+ 871\ 819 + 40\ 000 + 30\ 000 + 388\ 800 = \quad (8.14)$$
$$= 2\ 294\ 308{,}28 \text{ грн./рік}$$

1) Загальна умовно-річна економія визначається за формулою [35]:

$$Е_{заг} = Е_с - З_с = 4\ 022\ 798{,}4 - 2\ 294\ 308{,}28 = 1\ 728\ 490{,}12 \text{ грн.} \quad (8.15)$$

де, $Е_с$ – загальна сума економії;

$З_с$ – витрати на автоматизацію ГРС.

2) Визначення річного економічного ефекту здійснюється за формулою [35]:

$$Е_р = Е_{заг} - К \cdot Е_н = 1\ 728\ 490{,}12 - 2\ 179\ 548 \cdot 0{,}15 = 1\ 401\ 557{,}92 \text{ грн.} \quad (8.16)$$

де, $Е_н$ – коефіцієнт ефективності ($Е_н = 0{,}15$);

К –витрати на автоматизацію відповідно до кошторису.

3) Термін окупності визначається за формулою [35]:

$$Т_{ок} = К/Е_{заг} = 2\ 179\ 548/1\ 728\ 490{,}12 = 1{,}26 \text{ роки} \quad (8.17)$$

4) Коефіцієнт економічної ефективності можна знайти за формулою [35].:

$$Е = 1/\ Т_{ок} = 1/\ 1{,}26 = 0{,}79 \quad (8.18)$$

Таблиця 8.2

Основні техніко-економічні показники системи автоматизації ГРС

№	Показник	Одиниці	Величина
1.	Вартість автоматизації ГРС	грн.	2 179 548
2.	Загальна кількість працівників	чол.	4
3.	Заробітна плата персоналу за рік	грн.	960 000
4.	Річний економічний ефект	грн.	1 401 557,92
5.	Термін окупності ГРС	роки	1,26
6.	Коефіцієнт економічної ефективності	-	0,79

Висновки: Під час виконання восьмого розділу бакалаврської роботи я аргументувала економічну доцільність впровадження системи автоматизації на ГРС. Було розраховано кошторис витрат, необхідних для реалізації спроектованої системи автоматизації та розраховано такі економічні показники як річний економічний ефект ($Е_р$ = 1 401 557,92 грн.), коефіцієнт економічної ефективності (Е=0,79) та термін окупності ГРС¸ який становить 1,26 року.

ВИСНОВКИ

Під час виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи було розроблено систему автоматизації газорозподільної станції «Устилуг». Для цього було проведено аналіз нормативних вимог та стандартів, які описують технологічний процес роботи ГРС. На підставі цих матеріалів було здійснено опис технологічного процесу роботи газорозподільної станції, виконано аналіз факторів, що впливають на перебіг технологічного процесу, визначено номінальні параметри, а також здійснено розробку функціональної схеми автоматизації ГРС.

Щоб реалізувати функціональну схему автоматизації газорозподільної станції було вибрано технічні засоби автоматизації, а також виконано конфігурацію мікроконтролера серії Vision V570. Окрім цього, було описано засоби людино-машинного інтерфейсу, які використовуються при створенні користувацьких дисплеїв HMI-панелі, а також сформовано специфікацію технічних засобів автоматизації згідно з вибраними ТЗА.

У відповідності до спрощеної схеми автоматизації і з урахуванням вибраних контрольно-вимірювальних приладів, було розроблено та описано функціональну схему автоматизації газорозподільної станції розгорнутим способом. Згідно цієї схеми було здійснено розробку алгоритмів керування та програми функціонування мікропроцесорного засобу автоматизації серії Vision V570, а також розроблено людино-машинний інтерфейс системи керування ГРС і схеми електричних з’єднань пристроїв.

Окрім цього, було проаналізовано фактори, що впливають на безпеку функціонування газорозподільної станції «Устилуг» та наведено технічні рішення щодо безпечної експлуатації засобів автоматизації та гігієни праці на ГРС, а також описано рішення для запобігання пожежі на газорозподільній станції.

Було обгрунтовано економічну доцільність впровадження системи автоматизації на ГРС, розраховано кошторис витрат, а також основні економічні показники. Термін окупності автоматизації ГРС згідно цих розрахунків становить 1,26 року.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1.Технічна документація на газорозподільну станцію «Устилуг»

2. Перетворювачі тиску для процесів з підвищеними вимогами SITRANS P320/P420. URL: https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:4564678f-ff40-402e-9556-751729e4d5e0/p320-p420-ua.pdf (дата звернення: 05.05.2025)

3. Перетворювачі тиску для процесів з підвищеними вимогами SITRANS P320/P420. URL: https://www.processinstrumentsolutions.co.uk/wp-content/uploads/2021/05/A5E44852162-ADen_P320P420_HART_OI_en-US.pdf (дата звернення: 05.05.2025)

4. Реле диференціального тиску WIKA DW, DW10. Електронний ресурс. URL: https://kz.wika.com/upload/DS_PV3542_en_co_2396.pdf (дата звернення: 05.05.2025)

5.Регулятор тиску G57. Електронний ресурс. URL: https://empireltd.com.ua/g56-g57/ (дата звернення: 05.05.2025)

6.Давач температури моделі 1-43. Електронний ресурс. URL: https://ao-tera.com/img/common/content/files/PDF/UKR/explode_safe_probes_pdf.pdf (дата звернення: 05.05.2025)

7. Лічильник газовий турбінного типу з вбудованим пристроєм перетворювання об’єму Комплекс КВТ–1.01А. Електронний ресурс. URL:https://radmirtech.com.ua/wp-content/uploads/2019/12/Rukovodstvo-po-ekspluatatsyy-KVT-1.01A.pdf (дата звернення: 05.05.2025)

8. Електромагнітний клапан типу 3963. Електронний ресурс. URL: https://www.samsongroup.com/document/e39630uk.pdf (дата звернення: 05.05.2025)

9. Рівнемір типу SITRANS LU180. Електронний ресурс. URL: https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:ac52fa76-7769-4c54-b3f2-1aa01a44fed7/FI01-Level-UA.pdf (дата звернення: 05.05.2025)

10. Насос електромагнітний дозувальний НД3. Електронний ресурс. URL: http://www.dgt.com.ua/prod/nd2/nd2_ps.pdf (дата звернення: 05.05.2025)

11.Запобіжний клапан SBC 782 Pietro Fiorentini. Електронний ресурс. URL: https://www.fiorentini.com/wp-

content/uploads/2023/03/SBC782_technicalmanual_ENG_revA.pdf (дата звернення: 05.05.2025)

12. Клапан SAMSON 241. Електронний ресурс. URL: https://www.samsongroup.com/document/t80150en.pdf (дата звернення: 05.05.2025)

13. Давач кінцевого положення SAMSON 4744-2. Електронний ресурс. URL: https://www.samson.de/document/e83670en.pdf (дата звернення: 05.05.2025)

14. Ультразвуковий витратомір SITRANS FS230. Електронний ресурс. URL: https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:fc0acf6a-467d-43c1-b662-8bf113d9c0aa/fi01-fs230-ua.pdf (дата звернення: 05.05.2025)

15. Ультразвуковий витратомір SITRANS FS230. Інструкція з експлуатації URL:https://cache.industry.siemens.com/dl/files/111/109777111/att_1013004/v1/A5E38755607-AB_SITRANS_FS230_COI_en-US.pdf (дата звернення: 05.05.2025)

16. Сигнальна лампа. Паспорт продукту. Електронний ресурс. URL: file:///C:/Users/1/Downloads/XB7EV03BP.pdf (дата звернення: 05.05.2025)

17. Інформаційні матеріали лекційного заняття №7 з дисципліни: “Мікропроцесорні програмні засобі автоматизації”. Електронний навчально-методичний комплекс віртуального навчального середовища НУ “Львівська Політехніка”. URL: https://vns.lpnu.ua/mod/resource/view.php?id=690770

18. Пристрій вводу/виводу Snap-in типу V200-18-E4XB. Електронний ресурс. URL: https://i4automation.co.uk/wp-content/uploads/2020/07/Vision-V200-18-E4XB-Install-Tech.pdf (дата звернення: 05.05.2025)

19. Модуль розширення типу IO-DI8-TO8. Електронний ресурс. URL: https://i4automation.co.uk/wp-content/uploads/2020/10/Vision-IO-DI8-TO8-XX-Install-Tech.pdf (дата звернення: 05.05.2025)

20. Модуль розширення типу IO-AI8. Електронний ресурс. URL: https://i4automation.co.uk/wp-content/uploads/2020/10/Vision-IO-AI8-Install-Tech.pdf (дата звернення: 05.05.2025)

21. Інформаційні матеріали лекційного заняття №2 з дисципліни: “Мікропроцесорні програмні засобі автоматизації”. Електронний навчально-

методичний комплекс віртуального навчального середовища НУ “Львівська Політехніка”. URL: https://vns.lpnu.ua/mod/resource/view.php?id=679381

22. НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок від 21.06.2001. [Чинний від 21.06.2001]. Наказ № 272 Міністерства праці та соціальної політики України. Київ. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text

23. НПАОП 60.3-1.01-10. Правила безпечної експлуатації магістральних газопроводів від 27.01.2010. [Чинний від 08.04.2025]. Наказ № 11 Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду. Київ. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0292-10#Text

24. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень від 01.12.1999. [Чинний від 01.12.1999]. Наказ №42 Міністерства охорони здоров’я. Київ. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text

25. Наказ № 1192 Міністерства енергетики України «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони» від 09.07.2024. [Чинний від 06.03.2025]. Київ. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1107-24#Text

26. Наказ № 402 Міністерства енергетики України « Про затвердження правил технічної експлуатації систем газопостачання» від 21.10.2024. [Чинний від 30.04.2025]. Київ. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1816-24#Text

27. ДБН В.2.5-28:2018: Природне і штучне освітлення. [Чинний від 01.03.2019]. Вид. офіц. Київ: ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (НДІБК), 2019. 137с.

28. НАПБ А.01.001-2014: Правила пожежної безпеки в Україні від 30.12.2014. [Чинний від 11.07.2024]. Наказ № 1417 Міністерства внутрішніх справ України. Київ. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text

29. Правил улаштування електроустановок. URL: https://mev.gov.ua/storinka/pravyla-ulashtuvannya-elektroustanovok

30. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку від 01.12.1999. [Чинний від 01.12.1999]. Наказ № 37 Міністерства охорони здоров'я. Київ. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va037282-99#Text

31. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації від 01.12.1999. [Чинний від 01.12.1999]. Наказ № 39 Міністерства охорони здоров'я України. Київ. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99#Text

32. ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захисту. [Чинний від 01.07.2015]. Вид. офіц. Київ: ВГО «Український союз пожежної та техногенної безпеки», 2015. 132с.

33. НПАОП 0.00-1.76-15 Правила безпеки систем газопостачання від 15.05.2015. [Чинний від 07.07.2015]. Наказ № 285 Міністерства енергетики та вугільної промисловості України. Київ. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0674-15#Text

34. Методичні вказівки до практичної роботи з курсу "Професійна та цивільна безпека" для студентів інженерно-технічних спеціальностей денної та заочної форми навчання / Укл. В. П. Скачко. Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2019. 20 с.

35. Приклад виконання розділу з економіки для бакалаврів спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. URL:

https://vns.lpnu.ua/pluginfile.php?file=%2F3713404%2Fmod_folder%2Fcontent%2F0%2F%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4%20%D0%B2%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D1%96%D0%BB%D1%83%20%D0%B7%20%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D1%96%D0%BA%D0%B8.pdf&forcedownload=1