

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

ННІ/факультет Навчально-науковий технологічний інститут
Кафедра Електричної інженерії та автоматизації
Спеціальність 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка
Форма навчання Денна

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної кваліфікаційної роботи

бакалавра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

Хидирова Данііла Тагіровича

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

на тему: Автоматизація обладнання промводопостачання. Система стабілізації
тиску в магістралі насосної станції.

(повна назва теми)

за матеріалами Кривбасводоканал

(повна назва бази дослідження)

науковий керівник

доцент, к.т.н.

(наук. ступінь, вчене звання)

(підпис)

Батарєєв В.В.

(прізвище, ініціали)

Робота допущена до захисту в ЕК

Протокол засідання кафедри

від 2026 р.

Завідувач кафедри

(підпис)

доцент, к.п.н.

Наук. ступень, вчене звання

Є.О. Модло

Ініціали, прізвище

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра Електричної інженерії та автоматизації

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр

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

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

« _____ » _____ 2026 року

ЗАВДАННЯ

НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТА

Хидирова Данііла Тагіровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема випускної кваліфікаційної роботи Автоматизація обладнання промводопостачання. Система стабілізації тиску в магістралі насосної станції.

керівник випускної роботи Батарєєв Віктор Володимирович, доцент, к.т.н.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «04» квітня 2026 року
№ _____

2. Строк подання студентом випускної кваліфікаційної роботи 01.06.2026

3. Вихідні дані до випускної кваліфікаційної роботи: система живлення насосів промводопостачання; напруга живлення до 100 кВ; струм до 2 А; використання мікропроцесорних контролерів; протокол обміну даними Modbus RTU; частота знімання сигналів 0,5 мс; сумарна погрішність БГР 0,3%; сумарна погрішність АЦП 0,15%; впровадження імпульсно-знакозмінного живлення; ефективність очищення газів до 96,9%; заходи з охорони праці та пожежної безпеки.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 4.1 Аналітична частина: дослідити принцип роботи та обладнання насосної установки промводопостачання; проаналізувати існуючу систему управління; виявити недоліки. 4.2 Основна частина: розробити функціональну схему автоматизації насосної установки промводопостачання; обрати технічні засоби автоматизації; розробити алгоритм роботи; обґрунтувати вибір обладнання; розробити принципову схему регулювання та підключення; розглянути заходи з охорони праці та пожежної безпеки; сформулювати висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

ВРБ.174.245-ст.19.А1. – Функціональна схема автоматизації; ВРБ.174.245-ст.19.Е1.1 – Принципова схема САР; ВРБ.174.245-ст.19.Е1.2 – Структурна схема автоматизованого керування насосною станцією; ВРБ.174.245-ст.19.Е1.3 – Загальна структурна схема керування; ВРБ.174.245-ст.19.Е1.4 – Блок-схема алгоритму стабілізації тиску в магістралі.

6. Консультанти розділів випускної кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітична частина	Батарєєв В.В.	06.04.2026	06.04.2026
Основна частина	Батарєєв В.В.	06.04.2026	06.04.2026

7. Дата видачі завдання 06.04.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної роботи	Строк виконання етапів випускної роботи	Примітка
1.	Аналітична частина	01.05.2026	
2.	Основна частина	24.05.2026	
3.	Оформлення пояснювальної записки	29.05.2026	
4.	Виконання графічної частини	02.06.2026	
5.	Подання роботи до кафедри	01.06.2026	
6.	Захист роботи в ЕК	20.06.2026	

Студент

(підпис)

Хидиров Д.Т.
(прізвище та ініціали)

Керівник випускної кваліфікаційної роботи

(підпис)

Батарєєв В.В.
(прізвище та ініціали)

№ ряд ка	Фор мат	Позначення			Назва	Кіл. листів	№ екз.	Прим	
1	A3	ВРБ.174.245-ст.19.А1			Функціональна схема	1			
2					автоматизації				
3									
4	A3	ВРБ.174.245-ст.19.Е1.1			Принципова електрична	1			
5					схема регулювання				
6									
7	A3	ВРБ.174.245-ст.19.Е1.2			Структурна схема	1			
8					автоматизованого				
9					керування				
10					насосною станцією				
11									
12	A3	ВРБ.174.245-ст.19.Е1.3			Загальна структурна				
13					схема автоматизованого				
14					керування				
15									
16									
17	A3	ВРБ.174.245-ст.19.Е1.4			Блок-схема	1			
18					алгоритма стабілізації				
19					тиску в магістралі				
20									
21	A4	ВРБ.174.245-ст.19.ПЗ			Пояснювальна записка	53			
22									
23									
24									
25									
26									
					ВРБ.174.245-ст.19.ВР				
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Автоматизація обладнання промводопостачання. Система стабілізації тиску в магістралі насосної станції. Відомість роботи	Літера		Аркуш	Аркушів
Розроб.		Хидиров Д.Т.						4	1
Пров.		Батареев В.В.							
Н.контр.		Батареев В.В.							
Затв.		Модло Є.О.							
						ННТИ ДУЕТ Каф.ЕІА гр. АВ-23ск			

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра: 54 с., 13 рис., 7 табл., 28 джерел використаної літератури.

Об'єкт розробки – система автоматизованого керування насосною станцією для стабілізації параметрів водопостачання та забезпечення надійної роботи обладнання.

Мета роботи – підвищення ефективності функціонування насосної станції шляхом автоматизації процесів регулювання тиску та рівня води, оптимізації енергоспоживання, мінімізації аварійних ситуацій та зниження динамічних навантажень на електродвигуни й трубопроводи.

Методи дослідження та апаратура – теоретичний аналіз технологічних параметрів роботи насосної станції; розробка алгоритмів автоматичного регулювання на основі сигналів датчиків тиску, рівня та витрати води; вибір технічних засобів реалізації системи (модуль аналогового вводу SM1231, релейний модуль RM2, частотний перетворювач SINAMICS G120, панель оператора HMI KTP1200); економічна оцінка ефективності впровадження.

Результати дослідження: розроблено алгоритми автоматичного регулювання роботи насосів із використанням частотного перетворювача, що забезпечує плавний пуск та зупинку, стабілізацію тиску та рівня води у резервуарі. Система включає аварійний захист, який спрацьовує при перевантаженні двигуна, перегріві або критичному падінні рівня води. Впровадження системи дозволить скоротити витрати електроенергії, знизити втрати води, мінімізувати простой та підвищити надійність роботи обладнання, що призведе до значного економічного ефекту.

Ключові слова: автоматизація, датчики, електропривод, частотний перетворювач, насосна станція, система керування.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	10
1.1 Загальна характеристика насосної станції	10
1.2 Технологічний процес роботи насосної станції.....	12
1.3 Структура та параметри об'єкта дослідження.....	14
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	18
2.1 Структура системи.....	18
2.2 Алгоритм стабілізації тиску в магістралі насосної станції.....	19
2.2.1 Суть завдання	19
2.2.2 Алгоритм роботи системи.....	21
2.2.3 Аварійні режими	22
2.3 Вимоги до датчиків.....	24
2.4 Робота системи	26
2.5 Похибка вимірів	28
2.6 Блок-схема алгоритму роботи	29
2.7 Вибір технічних засобів	31
2.7.1. Контролер	32
2.7.2 Модулі вводу-виводу та комунікації	33
2.7.3 Датчики тиску, витрати та рівня	36
2.7.4 Частотний перетворювач	38
2.8 Розробка принципової схеми	39
2.9 Заходи з охорони праці та безпеки життєдіяльності на насосній станції ...	41

2.9.1 Організаційні заходи	41
2.9.2 Санітарно-гігієнічні заходи	43
2.9.3 Пожежна безпека та цивільна оборона.....	45
2.9.4 Аналіз ризиків та профілактика травматизму.....	46
ВИСНОВКИ.....	49
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	51

ВСТУП

Забезпечення безперебійного та якісного промислового водопостачання є одним із ключових завдань сучасних підприємств. Насосні станції у системах промислового водопостачання відіграють важливу роль у підтримці необхідного рівня тиску у магістральних трубопроводах, що живлять технологічні агрегати та виробничі цехи. Проте традиційні методи керування насосними станціями, що базуються на ручному управлінні або застарілих релейно-контактних системах, мають низку недоліків: високу енерговитратність, нерівномірне навантаження на обладнання, низьку адаптивність до змін у споживанні води та підвищену зношуваність насосних агрегатів.

Актуальність теми зумовлена необхідністю підвищення енергоефективності та надійності роботи насосних станцій промислового водопостачання через впровадження сучасних засобів автоматизації. Автоматизація процесу управління насосною станцією дозволяє не лише зменшити витрати на електроенергію, а й забезпечити оптимальне регулювання параметрів подачі води, що сприяє продовженню терміну експлуатації насосного обладнання та зниженню витрат на його обслуговування.

Мета дослідження – розробка автоматизованої системи стабілізації тиску в магістралі насосної станції промислового водопостачання з метою підвищення енергоефективності, зниження експлуатаційних витрат та забезпечення стабільного гідравлічного режиму.

Об'єкт дослідження – процес функціонування насосної станції промислового водопостачання.

Предмет дослідження – методи автоматизації роботи насосної станції та принципи розробки системи стабілізації тиску в магістралі.

Основні завдання дослідження:

Проаналізувати принципи роботи насосних станцій промислового водопостачання.

Дослідити сучасні методи автоматизації насосних станцій, визначити їхні переваги та недоліки.

Обґрунтувати необхідність впровадження системи стабілізації тиску в магістралі.

Розробити структурну та функціональну схему автоматизації насосної станції.

Визначити оптимальні технічні засоби для реалізації автоматизації.

Розробити алгоритми управління насосною станцією для керування її роботою.

Дослідити аспекти охорони праці та екологічної безпеки при експлуатації автоматизованої насосної станції.

Методи дослідження включають аналіз науково-технічної літератури, системний аналіз, математичне моделювання процесів водопостачання, комп'ютерне моделювання роботи автоматизованої системи, методи економічного аналізу та оцінки ефективності впровадження автоматизації.

Практичне значення роботи полягає у можливості застосування запропонованої автоматизованої системи стабілізації тиску для модернізації існуючих насосних станцій промислового водопостачання, що дозволить знизити енергоспоживання та експлуатаційні витрати, підвищити якість водопостачання та забезпечити безперебійну роботу насосного обладнання.

Таким чином, розробка та впровадження автоматизованої системи стабілізації тиску в магістралі насосної станції промислового водопостачання є актуальним завданням, що сприяє підвищенню ефективності системи водопостачання та забезпеченню стабільності технологічних процесів підприємства.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Загальна характеристика насосної станції

Насосні станції промислового водопостачання є інженерно-технічними комплексами, що забезпечують транспортування води відповідно до потреб виробничих процесів. У їх складі знаходяться насосні агрегати, трубопроводи, арматура, силові обладнання, контрольно-вимірювальні прилади та вантажопідйомні механізми, необхідні для безперебійної роботи насосів у розрахункових режимах, а також для їхнього ремонту та заміни. Надійність та ефективність насосних станцій безпосередньо впливають на стабільність технологічних процесів підприємства, адже від безперервності водопостачання залежить робота систем охолодження, транспортування та промивання матеріалів.

Класифікація насосних станцій здійснюється за функціональним призначенням. Станції першого підйому використовуються для забору води з природних джерел (річки, свердловини, водосховища) та її подачі у накопичувальні резервуари. Станції другого підйому забезпечують транспортування вже очищеної води до виробничих цехів. Окрему групу становлять підкачувальні станції, призначені для збільшення та стабілізації тиску у магістральних трубопроводах, що особливо актуально для великих промислових підприємств із нерівномірним графіком споживання води.

За типом обладнання насосні станції можуть бути оснащені відцентровими, осьовими, діагональними або об'ємними насосами. За розташуванням споруд вони поділяються на наземні, частково заглиблені та шахтні. За характером управління виділяють ручні, напівавтоматичні, автоматичні та дистанційні системи керування. У промислових умовах особливе значення має стабільність тиску у магістралі, адже навіть незначні відхилення можуть призвести до

порушення технологічного режиму, аварійних ситуацій або зниження якості продукції.

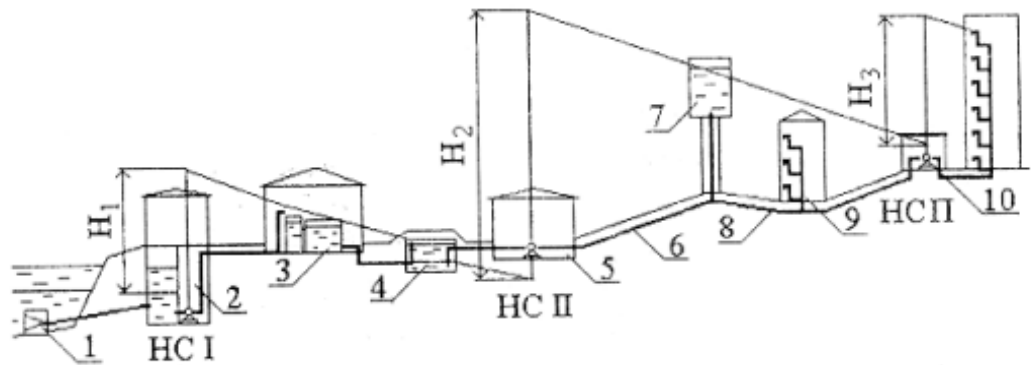


Рис. 1.1 – Принципова схема насосної станції промислового водопостачання

Для більшої наочності наведемо приклади промислових насосних станцій у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Приклади промислових насосних станцій

Тип насосної станції	Призначення	Особливості
Станція першого підйому	Забір води з природних джерел	Забезпечує подачу у накопичувальні резервуари
Станція другого підйому	Транспортування очищеної води до цехів	Працює після очисних споруд
Підкачувальна станція	Підвищення та стабілізація тиску	Використовується при нерівномірному споживанні
Каналізаційна станція	Перекачування стічних вод	Застосовується при неможливості самопливу
Комбінована станція	Поєднання функцій першого і другого підйому	Дозволяє економити на будівництві та експлуатації

Насосні станції промислового водопостачання є складними інженерними спорудами, що забезпечують стабільність технологічних процесів підприємства. Їхня ефективність визначається правильним вибором типу станції, обладнання та режимів роботи, а також відповідністю сучасним вимогам до енергоефективності та надійності.

1.2 Технологічний процес роботи насосної станції

Технологічний процес роботи насосної станції промислового водопостачання полягає у заборі, накопиченні та транспортуванні води до споживачів із забезпеченням необхідних параметрів витрати та тиску. Основним завданням є створення стабільного гідравлічного режиму, що гарантує безперервність виробничих процесів підприємства.

Вода надходить у водоприймальний резервуар із природного джерела або магістрального водогону. Резервуар виконує функцію акумулювання та вирівнювання подачі, що дозволяє компенсувати нерівномірність споживання. З резервуара вода подається на насосні агрегати, які перекачують її у магістральний трубопровід. Насоси працюють у розрахунковому режимі, забезпечуючи необхідний напір і продуктивність.

Магістральний трубопровід транспортує воду до виробничих цехів. У процесі руху виникають гідравлічні втрати, пов'язані з тертям у стінках труб, місцевими опорами та арматурою. Для компенсації цих втрат насоси повинні створювати напір, що перевищує розрахунковий тиск у споживачів. Запірна та регулююча арматура дозволяє керувати потоками, здійснювати відключення окремих ділянок та регулювати витрату.

Особливістю технологічного процесу є його залежність від графіка споживання води. У промислових умовах витрата може суттєво змінюватися протягом доби, що призводить до коливань тиску у магістралі. Для забезпечення

стабільності роботи станції передбачено резервування насосних агрегатів, а також використання підкачувальних станцій, які підтримують необхідний тиск у пікові години.

Важливим елементом технологічного процесу є контроль параметрів. Для цього застосовуються контрольно-вимірювальні прилади: датчики тиску, витрати, рівня у резервуарі. Вони забезпечують інформацію для операторів та системи керування, дозволяючи своєчасно реагувати на зміни режиму.

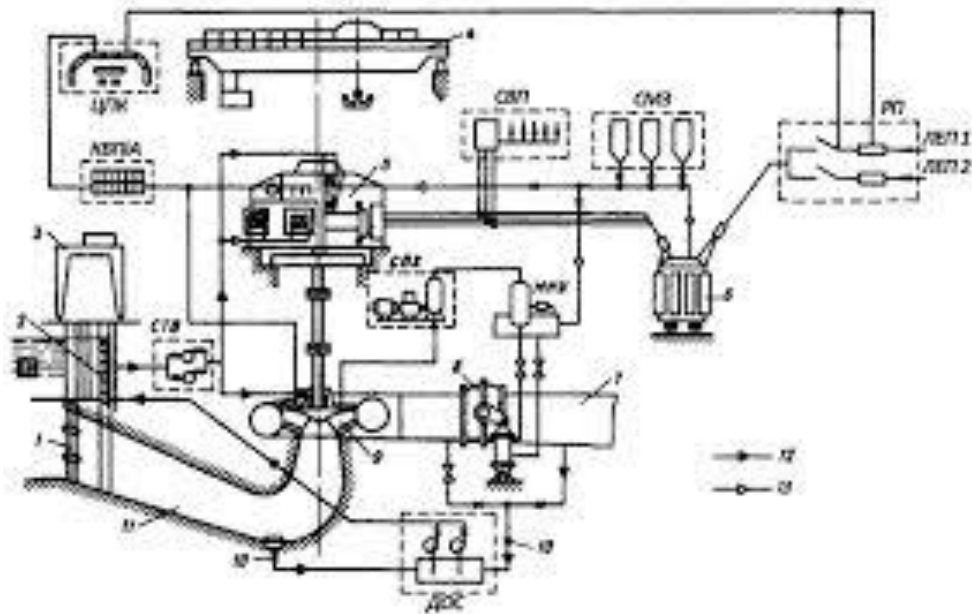


Рис. 1.2 – Технологічний процес роботи насосної станції промислового водопостачання

Для більшої наочності наведемо узагальнені параметри технологічного процесу у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Основні параметри технологічного процесу насосної станції

Елемент процесу	Параметри	Призначення
Водоприймальний резервуар	Об'єм 500 м ³ ; рівень води 2–4 м	Акумулювання та вирівнювання подачі

Продовження таблиці 1.2

Насосний агрегат	Продуктивність 400 м ³ /год; напір 60 м	Перекачування води у магістраль
Магістральний трубопровід	Діаметр 200 мм; довжина 1,2 км	Транспортування води до цехів
Запірна арматура	Засувки DN200; час відкриття 30 с	Керування потоками
Датчики контролю	Тиск 0–1,6 МПа; витрата 0–500 м ³ /год	Моніторинг параметрів процесу

Технологічний процес роботи насосної станції промислового водопостачання є складною системою взаємодії обладнання та трубопроводів, що забезпечує стабільність виробничих процесів підприємства. Його ефективність визначається правильним вибором параметрів, організацією резервування та своєчасним контролем гідравлічних характеристик.

1.3 Структура та параметри об'єкта дослідження

Насосна станція промислового водопостачання є ключовим елементом інженерної інфраструктури підприємства, що забезпечує безперервну подачу технічної води у виробничі процеси. Вода використовується для охолодження агрегатів, промивання деталей, транспортування матеріалів та інших технологічних операцій, тому стабільність її подачі визначає ефективність роботи всього виробництва. Основним завданням насосної станції є підтримання необхідного гідравлічного режиму в магістральному трубопроводі, що живить технологічні цехи та агрегати. Вода надходить у водоприймальний резервуар із джерела постачання, після чого перекачується насосними агрегатами у

магістраль. Робота станції забезпечує стабільність технологічних процесів, адже відхилення параметрів подачі води можуть призвести до порушення режимів охолодження, промивання або транспортування матеріалів [1].

До складу насосної станції входять кілька основних елементів. Водоприймальний резервуар виконує функцію акумулювання води та вирівнювання її подачі. Насосні агрегати, як правило відцентрового типу, забезпечують перекачування води з резервуара у магістральний трубопровід. Магістральний трубопровід є транспортною лінією, по якій вода подається до споживачів. Запірна та регулююча арматура дозволяє керувати потоками, здійснювати відключення окремих ділянок та регулювати витрату. Допоміжне обладнання включає системи електропостачання, щити керування, а також пристрої для обслуговування та контролю. Технологічний процес полягає у перекачуванні води з резервуара у магістральний трубопровід із забезпеченням необхідної витрати та тиску. При зміні споживання води у виробничих цехах виникають коливання гідравлічних параметрів, що потребує відповідної організації роботи насосних агрегатів [2].

Особливістю насосної станції є її інерційність: зміна режиму роботи насосів не миттєво відображається на тиску в магістралі, що обумовлює необхідність врахування перехідних процесів. Крім того, робота станції залежить від споживачів, адже коливання витрати води у цехах безпосередньо впливають на тиск у трубопроводі. Високі вимоги до надійності пояснюються тим, що зупинка насосної станції може призвести до зупинки виробництва. Тому передбачено резервування насосних агрегатів, яке дозволяє у випадку виходу з ладу одного насоса забезпечити роботу системи за рахунок включення резервного обладнання. Така організація підвищує стійкість технологічного процесу та гарантує безперервність водопостачання навіть у аварійних ситуаціях [3].

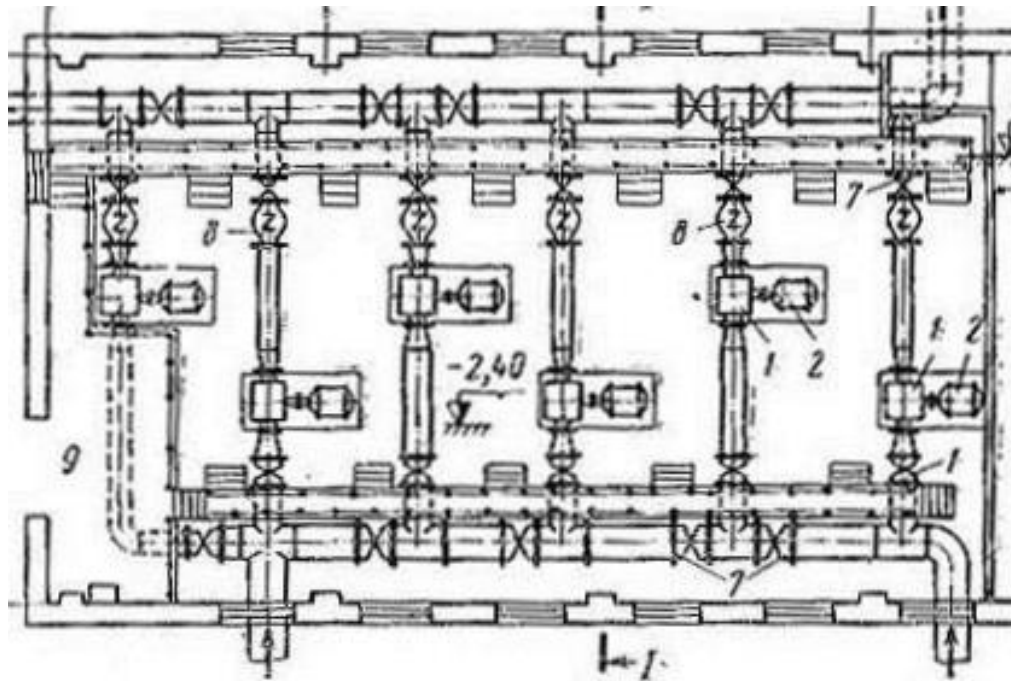


Рис. 1.1 – Технологічна схема насосної станції промислового водопостачання

1 – насос відцентровий; 2 – електродвигун; 3 – дренажний насос з електродвигуном; 4 – щит силових установок; 5 – щит КВП; 6 – кран-балка ручна; 7 – засувка; 8 – зворотний клапан; 9 – монтажний майданчик; 10 – електророзподільвальні пристрої

Для більшої наочності наведемо технічні характеристики основного обладнання насосної станції у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3

Технічні характеристики обладнання насосної станції

Найменування обладнання	Основні параметри	Примітка
Відцентровий насос типу НМ	Продуктивність 400 м ³ /год; напір 60 м; потужність двигуна 55 кВт	Робочий агрегат
Водоприймальний резервуар	Об'єм 500 м ³ ; матеріал – залізобетон	Акумуляуючий елемент
Магістральний трубопровід	Діаметр 200 мм; довжина 1,2 км; робочий тиск 0,6 МПа	Лінія подачі

Продовження таблиці 1.3

Засувка електроприводна	Діаметр умовний 200 мм; час відкриття 30 с	Регулююча арматура
Допоміжне обладнання	Система електропостачання, щит керування	Забезпечення роботи

Таким чином, насосна станція промислового водопостачання є складним технологічним об'єктом, що забезпечує стабільність виробничих процесів підприємства шляхом підтримання необхідних параметрів подачі води у магістральному трубопроводі. Її робота характеризується високою відповідальністю, адже від безперервності водопостачання залежить функціонування багатьох технологічних операцій.

Тому при проектуванні та експлуатації насосних станцій особливу увагу приділяють вибору обладнання, його технічним характеристикам, організації резервування та забезпеченню надійності. Важливим є також врахування гідравлічних особливостей системи, таких як втрати напору у трубопроводах, коливання витрати та вплив споживачів на режим роботи. Усе це визначає складність та багатогранність технології промислового водопостачання, яка потребує ретельного аналізу та обґрунтування на кожному етапі проектування і експлуатації.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Структура системи

На рис. 2.1 зображена структурна схема системи автоматизованого керування насосною станцією промислового водопостачання, де прийняті наступні умовні позначки:

CPU 1214C – центральний процесор ПЛК, що виконує алгоритм керування;

SM 1231 – модуль аналогових входів для підключення датчиків тиску, витрати;

PM2 – модуль реле для комутації насосних агрегатів;

CB 1241 RS485 – плата інтерфейсу для організації обміну даними;

HMI KTP1200 Basic PN – панель оператора для візуалізації параметрів та ручного керування;

JRZ RL21w – промисловий роутер для передачі даних по радіоканалу;

Антенa 906 – антена для зв'язку з диспетчерським пунктом;

KM – контактори для підключення електродвигунів насосів;

ST – датчики стану технологічного обладнання;

ZE – датчики аварійних ситуацій (задимлення, підтоплення, охоронний периметр);

M – насосні агрегати;

Вхідні повідомлення – сигнали від датчиків та системи моніторингу;

Оброблення повідомлень – програмна логіка ПЛК для формування команд;

Вихідні повідомлення – керуючі сигнали до виконавчих механізмів.

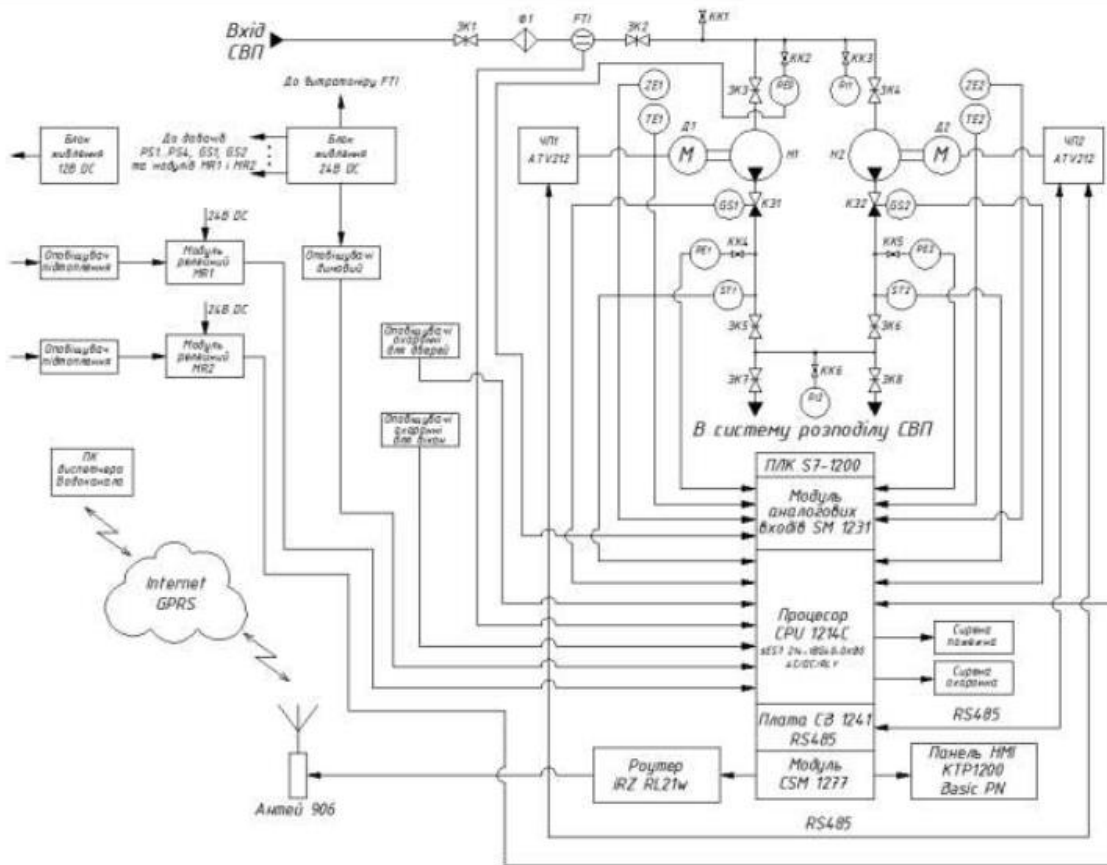


Рис. 2.1. Структурна схема системи автоматизованого керування насосною станцією

2.2 Алгоритм стабілізації тиску в магістралі насосної станції

2.2.1 Суть завдання

Підтримання стабільного тиску у магістральному трубопроводі є ключовою умовою безперервної роботи виробничих процесів. У промислових цехах витрата води змінюється нерівномірно, що призводить до коливань тиску. Якщо тиск падає нижче допустимого рівня, це може викликати порушення режимів охолодження або транспортування матеріалів. Якщо ж він перевищує верхню межу, виникає небезпека гідроударів та перевантаження обладнання.

Для вирішення цієї проблеми застосовується індивідуальне регулювання швидкості кожного насоса за допомогою частотних перетворювачів. Саме вони

дозволяють плавно змінювати частоту живлення електродвигуна, а отже — швидкість обертання робочого колеса. Це дає можливість оперативно реагувати на зміну витрати та утримувати тиск у заданих межах.

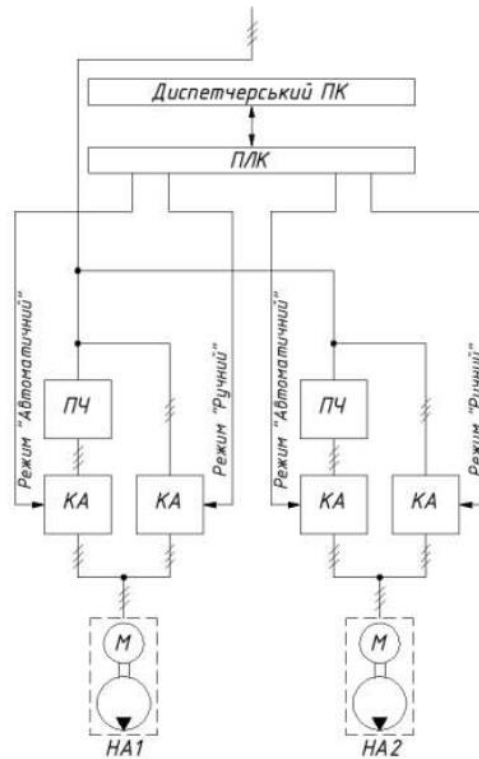


Рис. 2.2. Загальна структура системи автоматизованого керування насосною станцією

Загальна структура системи автоматизованого керування насосною станцією наведена на рисунку 2.2. Вона включає два насосні агрегати, кожен з яких може працювати як у автоматичному режимі через частотний перетворювач, так і у ручному режимі через комутаційну апаратуру. Така побудова системи дозволяє реалізувати як плавне регулювання параметрів у нормальних умовах, так і забезпечити роботу обладнання на номінальній частоті у випадку аварійних ситуацій або виходу з ладу ПЧ.

2.2.2 Алгоритм роботи системи

Система отримує дані від датчиків тиску та витрати, встановлених у ключових точках трубопроводу. Контролер порівнює ці значення із заданими межами. Якщо тиск знижується нижче допустимого рівня, формується команда на частотний перетворювач для збільшення частоти живлення електродвигуна. Це призводить до підвищення швидкості обертання робочого колеса насоса і відповідного зростання тиску.

Для опису цього процесу можна використати залежність між тиском у магістралі та швидкістю обертання насоса. Тиск визначається як функція напору, що створюється насосом:

$$P(t) = P_{\text{зад}} + k \cdot (n(t) - n_{\text{зад}}) \quad (2.1)$$

де $P(t)$ – поточний тиск у магістралі;

$P_{\text{зад}}$ – задане значення тиску;

$n(t)$ – фактична швидкість обертання насоса;

$n_{\text{зад}}$ – швидкість, що відповідає номінальному режиму;

k – коефіцієнт пропорційності, який залежить від характеристик насоса та трубопроводу.

У випадку перевищення тиску понад верхню межу контролер видає команду на зменшення частоти живлення. Це можна описати виразом:

$$\begin{aligned} n_{\text{нове}} &= n(t) - \Delta n, \\ \text{якщо } P(t) &> P_{\text{тах}} \end{aligned} \quad (2.2)$$

де $n_{\text{нове}}$ – нове значення швидкості обертання;

Δn – величина корекції, що визначається алгоритмом регулювання.

Особливістю алгоритму є врахування витрати води. Якщо витрата зростає, система збільшує частоту обертання, щоб компенсувати втрати напору. Це можна записати так:

$$Q(t) = Q_{\text{зад}} + \alpha \cdot (n(t) - n_{\text{зад}}) \quad (2.3)$$

де $Q(t)$ – фактична витрата;

$Q_{\text{зад}}$ – задана витрата;

α – коефіцієнт, що враховує гідравлічні характеристики системи.

Робота насосів постійно адаптується до реальних умов експлуатації, а частотні перетворювачі забезпечують плавність регулювання без різких стрибків, що гарантує стабільність гідравлічного режиму.

2.2.3 Аварійні режими

У системі автоматизованого керування насосною станцією передбачено спеціальні алгоритми для роботи в аварійних режимах. Їхня мета полягає у забезпеченні безперервності водопостачання та захисту обладнання від пошкоджень у випадку відмови окремих елементів системи.

Найбільш критичною є ситуація виходу з ладу частотного перетворювача. У такому випадку контролер формує команду на комутаційну апаратуру, яка переводить насосний агрегат на живлення безпосередньо від мережі. Це дозволяє підтримати номінальний режим роботи навіть при відмові основних засобів автоматизації.

Для опису цього процесу можна використати вираз:

$$n_{\text{ав}} = n_{\text{ном}}, \text{ якщо } ПЧ = 0 \quad (2.4)$$

де $n_{ав}$ – швидкість обертання насоса в аварійному режимі;

$n_{ном}$ – номінальна швидкість обертання;

$ПЧ = 0$ – сигнал про відмову частотного перетворювача.

Додатково система контролює струм двигуна. Якщо він перевищує допустиме значення, формується сигнал «Аварія»:

$$\begin{aligned} C_{ав} &= 1, \\ \text{якщо } I(t) &\geq I_{max} \end{aligned} \quad (2.5)$$

де $I(t)$ – поточний струм двигуна;

I_{max} – максимально допустиме значення струму.

У випадку падіння тиску нижче критичного порогу протягом певного часу система автоматично включає резервний насос. Це можна описати так:

$$\begin{aligned} C_{рез} &= 1, \\ \text{якщо } P(t) &< P_{кр} \text{ протягом } T_{зад} \end{aligned} \quad (2.6)$$

де $C_{рез}$ – сигнал на включення резервного насоса;

$P(t)$ – поточний тиск у магістралі;

$P_{кр}$ – критичний поріг тиску;

$T_{зад}$ – заданий час контролю.

Для уникнення хибних спрацювань сигнал «Аварія» видається лише у випадку, якщо умови перевищення зберігаються протягом певного інтервалу часу:

$$\begin{aligned} C_{ав} &= 1, \\ \text{якщо } (|P(t) - P_{зад}| &\geq \Delta P \end{aligned} \quad (2.7)$$

або

$$|I(t) - I_{\text{зад}}| \geq \Delta I \text{ протягом } T_3$$

де ΔP – допустиме відхилення тиску;

ΔI – допустиме відхилення струму;

T_3 – час, протягом якого перевищення вважається аварійним.

Алгоритм аварійних режимів включає три основні блоки:

- автоматичний перехід на живлення від мережі при відмові ПЧ;
- контроль струму двигуна та формування сигналу «Аварія» при перевищенні допустимих значень;
- включення резервного насоса при падінні тиску нижче критичного порогу.

Завдяки цьому система забезпечує безперервність роботи насосної станції, захист обладнання та відповідність вимогам.

2.3 Вимоги до датчиків

На підставі аналізу алгоритму стабілізації тиску та структури системи автоматизованого керування насосною станцією у таблиці 2.1 наведено вимоги до датчиків і вихідних сигналів.

Таблиця 2.1

Вимоги до датчиків і вихідних сигналів

№ п/п	Умовне позначення	Параметр	Вихідний сигнал	Похибка	Примітка
1	Дтис	Тиск у магістралі 0–1,0 МПа	4–20 мА	±0,5%	Підключення через SM 1231

Продовження таблиці 2.1

2	ДВП	Витрата води 0–1000 м³/год	4–20 мА	±1%	Електромагнітний витратомір
3	Дрив	Рівень у резервуарі 0–5 м	4–20 мА	±1%	Ультразвуковий датчик
4	ST	Стан технологічного обладнання	Двопозиційний 0/24 В	—	Сигнали «Вкл./Викл.»
5	ZE	Аварійні ситуації (задимлення, підтоплення, охорона)	Двопозиційний 0/24 В	—	Сигнали «Ок/Аварія»
6	КМ	Стан контакторів насосів	Двопозиційний 0/24 В	—	Включення двигунів
7	ПЧ	Регулювання частоти живлення двигуна	Аналоговий 0–10 В або Modbus	—	Плавне регулювання швидкості насосів
8	CPU 1214C	Обробка сигналів	Цифровий код	—	Центральний процесор ПЛК
9	CB 1241 RS485	Обмін даними	RS-485	—	Зв'язок із сервером
10	HMI KTP1200	Візуалізація параметрів	Ethernet/Profinet	—	Панель оператора
11	JRZ RL21w + Антена 906	Передача даних	Радіоканал	—	Зв'язок із диспетчером

Призначення сигналів графі 2:

Дтис – датчики тиску, що забезпечують контроль гідравлічного режиму магістралі; їхні сигнали використовуються для формування команд на частотні перетворювачі та визначення аварійних ситуацій.

ДВП – датчик витрати води, який дозволяє контролеру визначати реальне споживання та коригувати швидкість насосів для компенсації втрат напору.

Дрів – датчик рівня у резервуарі, що забезпечує контроль запасів води та формує сигнали для включення або відключення насосів залежно від рівня.

ST – датчики стану технологічного обладнання, які підтверджують факт включення чи виключення агрегатів та передають інформацію про робочий стан у контролер.

ZE – датчики аварійних ситуацій (задимлення, підтоплення, охоронний периметр), що формують сигнали «Ок/Аварія» для своєчасного реагування системи та оператора.

КМ – контактори, які забезпечують комутацію електродвигунів насосів; їхні сигнали підтверджують факт включення або відключення агрегату.

ПЧ – перетворювачі частоти, що реалізують плавне регулювання швидкості обертання насосів; їхні вихідні сигнали визначають робочий режим двигунів.

CPU 1214C – центральний процесор ПЛК, який виконує алгоритм керування, аналізує дані від датчиків та формує команди для виконавчих механізмів.

CB 1241 RS485 – інтерфейсна плата для організації обміну даними між контролером, панеллю оператора та сервером; забезпечує передачу інформації на відстань до 700 м.

HMI KTP1200 – панель оператора, яка використовується для візуалізації параметрів, ручного керування та введення команд оператором.

JRZ RL21w + Антена 906 – промисловий роутер та антена, що забезпечують передачу даних по радіоканалу до диспетчерського пункту.

2.4 Робота системи

Робота системи автоматизованого керування насосною станцією ґрунтується на безперервному контролі параметрів тиску, витрати та рівня води. При надходженні сигналу від датчика тиску (Дтис) контролер порівнює його із заданим значенням. Якщо тиск знижується нижче допустимого рівня, формується команда на частотний перетворювач (ПЧ) для збільшення частоти живлення двигуна. Це призводить до підвищення швидкості обертання насоса і стабілізації тиску в магістралі.

У випадку перевищення тиску понад верхню межу контролер видає команду на зменшення частоти живлення. Таким чином насос працює з меншою швидкістю, що дозволяє уникнути перевантаження трубопроводу.

Додатково система враховує сигнали від датчика витрати (ДВП). Якщо витрата зростає, контролер збільшує частоту обертання, щоб компенсувати втрати напору. Якщо витрата зменшується, частота знижується, щоб уникнути надлишкового тиску.

Алгоритм роботи передбачає також контроль рівня у резервуарі (Дрів). При досягненні мінімального рівня система формує сигнал на включення резервного насоса, а при перевищенні максимального рівня – сигнал на його відключення.

Усі сигнали від датчиків надходять до центрального процесора (CPU 1214C), який виконує програмну логіку та формує вихідні команди для ПЧ, контакторів (КМ) і системи аварійного захисту (ZE).

Для опису роботи системи можна використати логічні умови:

$$\text{Якщо } P(t) < P_{min} \Rightarrow n = n + \Delta n$$

$$\text{Якщо } P(t) > P_{max} \Rightarrow n = n - \Delta n$$

$$\text{Якщо } Q(t) > Q_{зад} \Rightarrow n = n + \alpha \cdot \Delta n$$

$$\text{Якщо } Q(t) < Q_{зад} \Rightarrow n = n - \alpha \cdot \Delta n$$

$$\text{Якщо } H(t) < H_{min} \Rightarrow \text{Включити резервний насос}$$

$$\text{Якщо } H(t) > H_{max} \Rightarrow \text{Відключити резервний насос}$$

де $P(t)$ – поточний тиск;

$Q(t)$ – фактична витрата;

$H(t)$ – рівень у резервуарі;

n – швидкість обертання насоса;

Δn – величина корекції;

α – коефіцієнт впливу витрати.

Робота системи полягає у постійному аналізі сигналів від датчиків і формуванні команд на виконавчі механізми. Це забезпечує стабільність гідравлічного режиму, енергоефективність та захист обладнання від аварійних ситуацій.

2.5 Похибка вимірів

Введення в проєкт даного розділу обумовлене дискретністю роботи контролера, що вимагає визначення частоти знімання сигналів датчиків виходячи із заданих величин похибок контрольованих параметрів.

З аналізу даних табл. 2.1 випливає, що найбільш інтенсивно змінюваною величиною є тиск у магістралі. Так, при різкому включенні насоса швидкість зміни тиску може становити $\frac{dP}{dt} = 0,25$ МПа/с, а при аварійних режимах (наприклад, гідроудар) досягає $\frac{dP}{dt} = 0,4$ МПа/с.

Задамося допустимою похибкою виміру тиску у 1,5%. Максимально можлива похибка (Пт) визначається похибками наступних складових:

$$Пт = Пдт + ПАЦП + Пм + Пр \quad (2.8)$$

де: Пдт – похибка датчика тиску (0,5%);

ПАЦП – похибка аналого-цифрового перетворювача (0,2%);

Пр – похибка розрахунків (прийнята рівною нулю);

Пм – методична похибка, обумовлена частотою знімання сигналів.

$$Пм = 1,5 - 0,5 - 0,2 = 0,8\%$$

Знаходимо величину абсолютної похибки виміру тиску:

$$Пвса = 0,008 \cdot P_H = 0,008 \cdot 0,6 = 0,0048 \text{ МПа} \quad (2.9)$$

де $P_H = 0,6 \text{ МПа}$ – номінальне значення тиску в магістралі.

Розраховується період звертання до датчиків:

$$t_o = \frac{Пвса}{dP/dt} = \frac{0,0048}{0,25} = 0,0192 \text{ с} \quad (2.10)$$

де dP/dt – швидкість зміни тиску.

Частота знімання сигналів:

$$f = \frac{1}{t_o} = \frac{1}{0,0192} \approx 52,1 \text{ Гц} \quad (2.11)$$

Для забезпечення допустимої похибки вимірювання тиску не більше 1,5% система повинна здійснювати опитування датчиків із частотою не менше 52 Гц. Це гарантує своєчасне реагування контролера на зміну параметрів і стабільність роботи насосної станції навіть у перехідних та аварійних режимах.

2.6 Блок-схема алгоритму роботи

Алгоритм роботи системи автоматизованого керування насосною станцією побудований на принципі безперервного контролю тиску в магістралі. Центральний контролер SIMATIC S7-1200 аналізує сигнали від датчиків і формує команди для частотних перетворювачів SINAMICS G120, які виступають головним регулятором швидкості насосів.

Частотні перетворювачі змінюють частоту живлення двигунів залежно від показників тиску, витрати та рівня, що дозволяє підтримувати стабільний гідравлічний режим і забезпечує енергоефективність.

Блок-схема (рис. 2.3) відображає послідовність дій контролера та взаємодію між датчиками, частотними перетворювачами й виконавчими механізмами.

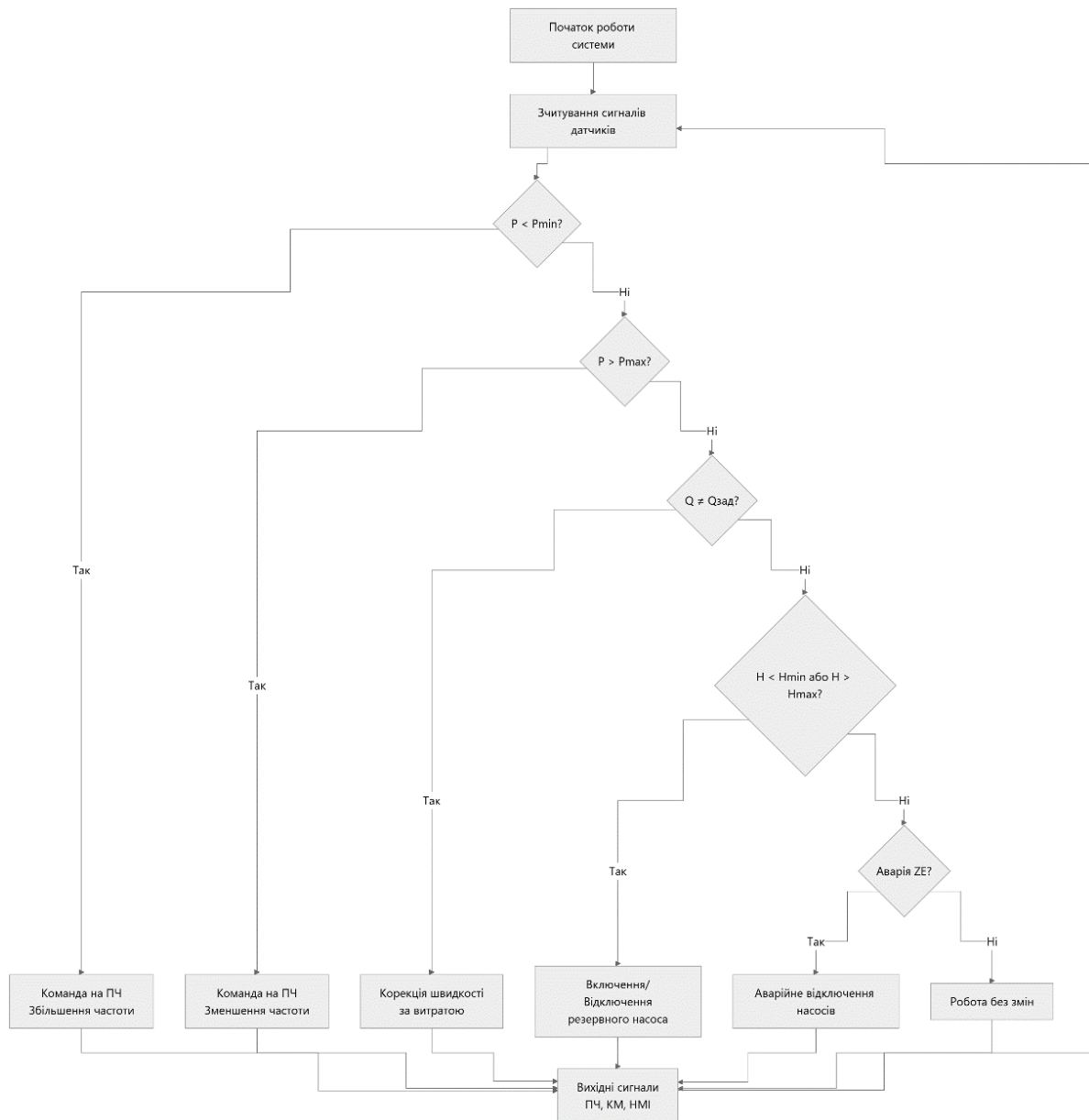


Рис. 2.3 Блок-схема алгоритму стабілізації тиску в магістралі

2.7 Вибір технічних засобів

Вибір засобів автоматизації компанії Siemens обумовлений їхньою високою надійністю, широким функціоналом та відповідністю сучасним міжнародним стандартам. Siemens є світовим лідером у галузі промислової автоматизації, а їхні контролери та датчики забезпечують стабільну роботу навіть

у складних умовах експлуатації. Це особливо важливо для насосних станцій промислового водопостачання, де від точності та безперервності керування залежить технологічний процес [6].

Додатковою перевагою є повна сумісність усіх компонентів: контролери SIMATIC, модулі вводу-виводу, частотні перетворювачі SINAMICS та датчики SITRANS інтегруються в єдину систему без потреби у складних налаштуваннях. Це дозволяє швидко реалізувати алгоритми стабілізації тиску та витрати, а також забезпечити гнучкість у модернізації системи. Крім того, Siemens пропонує широкий спектр програмних рішень для діагностики та візуалізації, що значно спрощує обслуговування [7].

Важливим аргументом на користь Siemens є наявність детальної технічної документації та інструкцій, які дозволяють точно налаштовувати обладнання відповідно до вимог проекту. Це гарантує відповідність системи вимогам безпеки, енергоефективності та довговічності. Використання Siemens у дипломному проекті забезпечує академічну коректність та практичну цінність розробки [8].

2.7.1. Контролер

SIMATIC S7-1200 (CPU 1214C) – це компактний програмований логічний контролер, призначений для автоматизації малих та середніх систем. Він забезпечує обробку аналогових і цифрових сигналів, підтримує сучасні інтерфейси зв'язку (Ethernet/Profinet, RS-485), має вбудовані функції діагностики та безпеки. Контролер використовується як центральний елемент системи керування насосною станцією, реалізуючи алгоритми стабілізації тиску, витрати та аварійного захисту [6].



Рис. 2.4 Контролер SIMATIC S7-1200

Таблиця 2.2

Технічні характеристики SIMATIC S7-1200 (CPU 1214C)

Параметр	Значення
Тип контролера	SIMATIC S7-1200 CPU 1214C
Кількість цифрових входів	14
Кількість цифрових виходів	10
Кількість аналогових входів	2 (через SM 1231 – до 8)
Інтерфейси	Ethernet/Profinet, RS-485 (через CB 1241)
Пам'ять програми	100 кБ
Пам'ять даних	50 кБ
Час виконання інструкції	0,08 мкс
Робоча температура	–20...+50 °C
Живлення	24 В DC
Функції	PID-регулювання, діагностика, підтримка HMI, інтеграція з SINAMICS

2.7.2 Модулі вводу-виводу та комунікації

Для реалізації алгоритму керування насосною станцією використано модулі вводу-виводу та комунікації серії SIMATIC S7-1200, які забезпечують підключення датчиків тиску, витрати, рівня та виконавчих механізмів.

SM 1231 (аналогові входи) – призначений для прийому сигналів від датчиків тиску та витрати з вихідним сигналом 4–20 мА. Забезпечує високу точність вимірювання та гальванічну розв’язку каналів [9].



Рис. 2.5. Модуль SM 1231

RM2 (релейні виходи) – використовується для комутації насосних агрегатів через контактори КМ. Забезпечує надійне включення та відключення двигунів [10].



Рис. 2.6. Модуль RM2

CB 1241 RS-485 – модуль комунікації для організації обміну даними між контролером, панеллю оператора та сервером. Підтримує стандартний протокол RS-485, що дозволяє інтегрувати систему у промислову мережу [11].



Рис. 2.7 Модуль CB 1241 RS-485

Таблиця 2.3

Технічні характеристики модулів SIMATIC S7-1200

Параметр	SM 1231 (AI)	RM2 (Relay)	CB 1241 (RS-485)
Тип	Модуль аналогових входів	Модуль релейних виходів	Комунікаційний модуль
Кількість каналів	4 аналогових входи	2 релейні виходи	1 інтерфейс RS-485
Діапазон сигналів	0–10 В, 4–20 мА	24 В DC / 230 В AC	RS-485, до 1 Мбіт/с
Роздільна здатність	12 біт	–	–
Гальванічна розв'язка	Є	Є	Є
Робоча температура	–20...+50 °C	–20...+50 °C	–20...+50 °C
Призначення	Підключення датчиків тиску та витрати	Комутація насосів	Обмін даними з НМІ та сервером

2.7.3 Датчики тиску, витрати та рівня

Для забезпечення точного контролю параметрів насосної станції використано датчики серії Siemens SITRANS, які відзначаються високою точністю, надійністю та сумісністю з контролерами SIMATIC.

Датчик тиску Siemens SITRANS P використовується для вимірювання тиску у магістралі водопостачання. Має широкий діапазон вимірювання, високу точність та стандартний вихідний сигнал 4–20 мА. Забезпечує стабільний контроль навіть при перепадах тиску та температури [12].



Рис. 2.8 Датчик тиску Siemens SITRANS P

Датчик витрати Siemens SITRANS F MAG 8000 електромагнітний витратомір, призначений для вимірювання витрати води у трубопроводах. Має автономне живлення, можливість роботи без зовнішнього джерела енергії, високу точність та простоту інтеграції у систему [13].



Рис. 2.9 Датчик витрати Siemens SITRANS F MAG 8000

Датчик рівня Siemens SITRANS LU ультразвуковий датчик для контролю рівня води у резервуарі. Використовується для запобігання переповненню та сухому ходу насосів. Має широкий діапазон вимірювання та можливість роботи у складних умовах (пил, вологість) [14].



Рис. 2.10 Датчик рівня Siemens SITRANS LU

Таблиця 2.5

Технічні характеристики датчиків Siemens SITRANS

Параметр	SITRANS P (тиск)	SITRANS F MAG 8000 (витрата)	SITRANS LU (рівень)
Тип	Датчик тиску	Електромагнітний витратомір	Ультразвуковий датчик рівня
Діапазон вимірювання	0...1,0 МПа	0...1000 м³/год	0...5 м
Вихідний сигнал	4–20 мА	4–20 мА, цифровий інтерфейс	4–20 мА
Точність	±0,5%	±0,4%	±0,5%
Живлення	24 В DC	Автономне / 24 В DC	24 В DC
Робоча температура	–20...+70 °C	–20...+60 °C	–20...+60 °C
Матеріал корпусу	Нержавіюча сталь	Нержавіюча сталь / полімер	Полімер
Захист	IP67	IP67	IP65
Особливості	Сумісність із SM 1231	Автономна робота, просте обслуговування	Робота у складних умовах, захист від сухого ходу

2.7.4 Частотний перетворювач

Для регулювання швидкості обертання насосних агрегатів у системі автоматизованого керування використовується частотний перетворювач Siemens SINAMICS G120. Це сучасний універсальний перетворювач, який забезпечує плавне регулювання частоти живлення електродвигуна, що дозволяє підтримувати стабільний тиск у магістралі та оптимізувати витрату енергії.

Основними перевагами SINAMICS G120 є:

Енергоефективність – зменшення споживання електроенергії за рахунок адаптивного регулювання швидкості насосів;

Надійність – наявність вбудованих функцій захисту двигуна від перевантаження, перегріву та короткого замикання;

Гнучкість – можливість роботи з різними типами двигунів та сумісність із контролерами SIMATIC;

Комунікаційні можливості – підтримка інтерфейсів PROFIBUS, PROFINET, Modbus, що дозволяє інтегрувати перетворювач у промислові мережі;

Простота обслуговування – модульна конструкція, що забезпечує швидку заміну окремих блоків без зупинки всієї системи [15].



Рис.2.11 Частотний перетворювач Siemens SINAMICS G120

Таблиця 2.6

**Технічні характеристики частотного перетворювача Siemens
SINAMICS G120**

Параметр	Значення
Тип	SINAMICS G120
Діапазон потужності	0,55...250 кВт
Номінальна напруга	380–480 В АС, 3-фазна
Вихідна частота	0...650 Гц
Вихідний сигнал	Аналоговий 0–10 В, цифровий Modbus/Profinet
ККД	До 98%
Захист	Вбудований захист від перевантаження, перегріву, короткого замикання
Інтерфейси	PROFIBUS, PROFINET, RS-485
Робоча температура	–10...+50 °С
Ступінь захисту	IP20 (з можливістю IP54 у шафі)
Особливості	Модульна конструкція, функції енергоощадного режиму, діагностика через HMI

2.8 Розробка принципової схеми

Принципова схема системи автоматизованого керування насосною станцією наведена на рис. 2.12 і є основою для реалізації процесу стабілізації тиску у магістралі. Вона включає всі необхідні елементи для взаємодії між датчиками, контролером, модулями вводу-виводу, частотними перетворювачами та виконавчими механізмами.

Основним елементом системи є програмований логічний контролер SIMATIC S7-1200 (CPU 1214C), який виконує функції збору, аналізу та обробки сигналів. На його аналогові входи через модуль SM 1231 надходять сигнали від датчиків тиску (SITRANS P), витрати (SITRANS F MAG 8000) та рівня (SITRANS LU). Ці сигнали перетворюються у цифровий формат і використовуються для формування команд керування.

Передача даних на сервер здійснюється через комунікаційний модуль CB 1241 RS-485 та промисловий роутер JRZ RL21w з антеною. Це забезпечує архівацію параметрів роботи системи, ведення журналу подій та можливість диспетчерського контролю.

Таким чином, принципова схема демонструє повну інтеграцію датчиків SITRANS, контролера SIMATIC, модулів вводу-виводу, частотних перетворювачів SINAMICS та допоміжних пристроїв у єдину систему. Вона забезпечує:

- стабільність гідравлічного режиму;
- енергоефективність роботи насосів;
- захист обладнання від аварійних режимів;
- зручність керування та діагностики через HMI та сервер.

2.9 Заходи з охорони праці та безпеки життєдіяльності на насосній станції

Експлуатація насосної станції супроводжується дією низки небезпечних та шкідливих виробничих факторів, серед яких високий тиск у магістралі, можливість гідроударів, робота електродвигунів та частотних перетворювачів під напругою, шум і вібрація, а також ризик підтоплення приміщень. Тому система охорони праці має бути спрямована на створення безпечних умов роботи персоналу, запобігання аварійним ситуаціям та забезпечення надійного функціонування обладнання.

2.9.1 Організаційні заходи

Організаційні заходи охорони праці на насосній станції спрямовані на створення системи управління безпекою, яка забезпечує узгодженість дій

персоналу, чіткий розподіл відповідальності та своєчасне реагування на небезпечні ситуації. Вони охоплюють як підготовку працівників, так і регламентацію їхніх дій у процесі експлуатації обладнання.

Насамперед організаційні заходи передбачають проведення регулярних інструктажів з охорони праці та пожежної безпеки. Інструктажі мають бути первинними, повторними, позаплановими та цільовими, залежно від характеру робіт та умов їх виконання. Первинний інструктаж проводиться перед допуском працівника до роботи, повторний — не рідше одного разу на півроку, а позаплановий — у випадку змін у технологічному процесі чи виникнення аварійних ситуацій [16].

Важливим елементом є допуск до роботи лише кваліфікованого персоналу, який пройшов навчання та перевірку знань з охорони праці. Працівники повинні мати відповідні посвідчення та проходити періодичну атестацію. Це дозволяє знизити ризик помилок, пов'язаних із недостатньою компетентністю, та забезпечує високий рівень професійної відповідальності [17].

Організаційні заходи включають також розробку та дотримання інструкцій з експлуатації насосів, частотних перетворювачів та контрольно-вимірювальних приладів. Інструкції повинні містити опис безпечних методів роботи, порядок дій у випадку аварійних ситуацій, а також вимоги до використання засобів індивідуального захисту. Вони є нормативною базою для щоденної діяльності персоналу і мають бути доступними на робочих місцях [18].

Особливу увагу слід приділяти організації чергування та диспетчерського контролю. Чергування дозволяє рівномірно розподілити навантаження між працівниками та зменшити тривалість дії шкідливих факторів. Диспетчерський контроль забезпечує постійний моніторинг параметрів роботи насосної станції, своєчасне виявлення відхилень та оперативне реагування на аварійні сигнали. Це значно підвищує рівень безпеки та надійності роботи обладнання [19].

До організаційних заходів належить також проведення медичних оглядів працівників, які працюють у шкідливих умовах. Регулярні медичні обстеження дозволяють своєчасно виявляти професійні захворювання та запобігати їх розвитку. Працівники, які мають протипоказання до роботи в умовах підвищеного шуму чи вібрації, не допускаються до виконання відповідних завдань [20].

Важливим аспектом є створення системи обліку та аналізу нещасних випадків і порушень правил охорони праці. Це дозволяє виявляти причини аварійних ситуацій, розробляти профілактичні заходи та вдосконалювати організацію роботи. Аналіз проводиться на основі звітів та актів розслідувань, які зберігаються у службі охорони праці підприємства [21].

Таким чином, організаційні заходи охоплюють підготовку персоналу, регламентацію його дій, контроль за станом здоров'я та створення системи моніторингу безпеки. Їх комплексна реалізація забезпечує зниження виробничих ризиків, підвищення надійності роботи насосної станції та захист працівників від небезпечних факторів.

2.9.2 Санітарно-гігієнічні заходи

Санітарно-гігієнічні заходи на насосній станції спрямовані на створення безпечних і комфортних умов праці для персоналу, збереження його працездатності та профілактику професійних захворювань. Вони охоплюють питання контролю шуму та вібрації, підтримання оптимального мікроклімату, організації освітлення, забезпечення санітарно-побутових умов та дотримання чистоти на робочих місцях.

Насамперед важливим є контроль рівня шуму та вібрації, які виникають під час роботи насосних агрегатів і електродвигунів. Допустимі рівні шуму та вібрації регламентуються державними санітарними нормами, і їх перевищення

може призвести до зниження працездатності, розвитку професійних захворювань слухового апарату та нервової системи. Для зменшення негативного впливу застосовуються шумопоглинаючі матеріали, амортизуючі основи під насосами, а також індивідуальні засоби захисту слуху [22].

Другим важливим аспектом є підтримання оптимального мікроклімату у приміщеннях насосної станції. Робота електродвигунів та частотних перетворювачів супроводжується виділенням тепла, що може призвести до перегріву приміщення. Тому необхідно забезпечити ефективну систему вентиляції та кондиціонування, яка підтримує температуру та вологість у межах нормативних значень. Це дозволяє уникнути перегріву обладнання та створює комфортні умови для персоналу [23].

Не менш важливим є питання освітлення. Робочі місця повинні бути забезпечені достатнім рівнем природного та штучного освітлення, що відповідає вимогам ДБН. У випадку аварійного відключення електроенергії передбачаються джерела аварійного освітлення, які дозволяють безпечно завершити роботу та евакуювати персонал. Правильна організація освітлення знижує ризик травматизму та підвищує ефективність праці [24].

Регулярне прибирання приміщень насосної станції є ще одним важливим санітарно-гігієнічним заходом. Воно запобігає накопиченню пилу, технічних рідин та сміття, що може стати джерелом небезпеки. Особливу увагу слід приділяти недопущенню підтоплення робочих зон, оскільки наявність води на підлозі створює ризик ураження електричним струмом та травмування персоналу [25].

Персонал насосної станції має бути забезпечений питною водою та санітарно-побутовими приміщеннями. Наявність кімнат відпочинку, душових та гардеробних сприяє збереженню працездатності та здоров'я працівників, а також відповідає вимогам чинних санітарних норм. Це є важливим елементом соціального захисту персоналу та підвищення культури виробництва [21].

Таким чином, санітарно-гігієнічні заходи на насосній станції охоплюють комплекс рішень, спрямованих на зниження впливу шкідливих факторів, створення комфортних умов праці та профілактику професійних захворювань. Їх реалізація відповідно до нормативних документів забезпечує безпечну експлуатацію обладнання та збереження здоров'я персоналу.

2.9.3 Пожежна безпека та цивільна оборона

Пожежна безпека насосної станції є одним із ключових напрямів охорони праці, оскільки робота електродвигунів, частотних перетворювачів та іншого обладнання супроводжується ризиком займання електропроводки, коротких замикань та перегріву елементів системи. Для запобігання виникненню пожеж необхідно забезпечити комплекс організаційних і технічних заходів, що відповідають чинним нормативним документам.

Насосна станція повинна бути оснащена первинними засобами пожежогасіння, серед яких вогнегасники різних типів (порошкові, вуглекислотні, водяні), пожежні крани та рукави. Їх розташування має відповідати вимогам пожежних норм, а доступ до них бути вільним. Персонал повинен проходити навчання з правильного використання засобів пожежогасіння та регулярно брати участь у практичних тренуваннях [26].

Важливим елементом системи пожежної безпеки є автоматична сигналізація та система оповіщення персоналу. Вона забезпечує своєчасне виявлення джерела займання та оперативне інформування працівників про необхідність евакуації. Сигналізація має бути інтегрована з системою диспетчерського контролю, що дозволяє вести журнал подій та здійснювати аналіз причин виникнення небезпечних ситуацій [27].

Організація евакуації персоналу є невід'ємною складовою пожежної безпеки. Для цього розробляються плани евакуації, які розміщуються на видимих

місцях у приміщеннях насосної станції. Працівники повинні проходити регулярні навчальні тренування, що дозволяє відпрацювати алгоритм дій у надзвичайних ситуаціях та мінімізувати ризик паніки [28].

Для забезпечення безперервності роботи системи у випадку пожежі чи інших надзвичайних ситуацій створюються запаси аварійного освітлення та автономні джерела живлення. Це дозволяє підтримувати роботу системи сигналізації, забезпечувати освітлення шляхів евакуації та зберігати працездатність критично важливого обладнання. Використання джерел безперебійного живлення (UPS) та дизель-генераторів є обов'язковим для сучасних насосних станцій [21].

Цивільна оборона на насосній станції передбачає створення системи захисту персоналу та обладнання у випадку надзвичайних ситуацій техногенного чи природного характеру. До таких заходів належить інформування працівників про можливі загрози, організація укриттів, забезпечення засобами індивідуального захисту та проведення навчань з відпрацювання дій у разі аварій чи стихійних лих. Важливим є також створення запасів питної води, медикаментів та засобів першої допомоги [25].

Таким чином, пожежна безпека та цивільна оборона на насосній станції охоплюють комплекс заходів, спрямованих на запобігання виникненню пожеж, своєчасне реагування на надзвичайні ситуації та захист персоналу. Їх реалізація відповідно до нормативних документів забезпечує стабільну роботу обладнання та збереження життя і здоров'я працівників.

2.9.4 Аналіз ризиків та профілактика травматизму

Аналіз ризиків на насосній станції є необхідним етапом системи охорони праці, оскільки дозволяє виявити потенційні небезпеки, оцінити ймовірність їх виникнення та визначити профілактичні заходи для запобігання травматизму.

Основними небезпечними факторами є дія високого тиску у магістралі, можливість гідроударів, робота електродвигунів та частотних перетворювачів під напругою, шум і вібрація, а також ризик підтоплення приміщень.

Найбільш поширеним ризиком є ураження електричним струмом при обслуговуванні насосів та електрообладнання. Ймовірність виникнення такого ризику зростає при пошкодженні ізоляції кабелів, відсутності заземлення або порушенні правил експлуатації. Для профілактики необхідно забезпечити регулярну перевірку стану електрообладнання, використання діелектричних засобів захисту та проведення інструктажів з електробезпеки [17; 18].

Другим суттєвим ризиком є травмування персоналу внаслідок гідроударів або руйнування трубопроводів. Раптове підвищення тиску може спричинити розрив труб та викид води під великим тиском. Для запобігання цьому застосовуються запобіжні клапани, компенсатори тиску та системи плавного пуску насосів, що мінімізують ударні навантаження [19].

Важливим фактором ризику є дія шуму та вібрації, які виникають під час роботи насосних агрегатів. Тривалий вплив цих факторів може призвести до розвитку професійних захворювань слухового апарату та нервової системи. Профілактика включає застосування шумопоглинаючих матеріалів, амортизуючих основ під насосами та використання індивідуальних засобів захисту слуху [22].

Не менш небезпечним є ризик травмування при обслуговуванні рухомих частин насосів. Потрапляння одягу чи інструментів у зону обертання може спричинити серйозні ушкодження. Для профілактики необхідно встановлювати захисні кожухи, застосовувати блокування, що унеможливають запуск обладнання при відкритих люках, та забезпечувати персонал спецодягом [18; 19].

Аналіз ризиків також враховує можливість підтоплення приміщень насосної станції, що створює небезпеку ураження електричним струмом та

травмування персоналу. Для запобігання цьому передбачаються системи дренажу, сигналізація рівня води та аварійні насоси для відкачування [23].

Профілактика травматизму на насосній станції базується на комплексному підході: технічних рішеннях, організаційних заходах та використанні індивідуальних засобів захисту. Реалізація цих заходів відповідно до нормативних документів забезпечує зниження виробничих ризиків та створює безпечні умови праці для персоналу.

ВИСНОВКИ

У випускній кваліфікаційній роботі розроблено систему автоматизованого керування насосною станцією, яка забезпечує стабільну роботу обладнання, оптимізацію енергоспоживання та підвищення рівня безпеки персоналу. Основна мета досягнута шляхом впровадження автоматизованого регулювання тиску та рівня води у резервуарі, а також використання частотного перетворювача SINAMICS G120 для плавного пуску та зупинки насосів. Це дозволяє уникнути гідроударів, зменшити вібраційні навантаження та продовжити термін служби електродвигунів і трубопроводів.

Розроблені алгоритми контролю роботи насосної станції базуються на сигналах датчиків тиску, рівня та витрати води, що надходять до модуля аналогового вводу SM 1231. Керуючі команди на пуск та зупинку насосів реалізуються через релейний модуль RM2, а регулювання швидкості здійснюється частотним перетворювачем. Система включає аварійний захист, який спрацьовує при перевантаженні двигуна, перегріві або критичному падінні рівня води, запобігаючи пошкодженню обладнання та аварійним зупинкам.

Впровадження запропонованого рішення дозволить скоротити витрати електроенергії, знизити втрати води та мінімізувати простой, пов'язані з аварійними ситуаціями. Економічний ефект досягається за рахунок зменшення витрат на ремонт обладнання, оптимізації режимів роботи насосів та підвищення надійності системи водопостачання.

Перспективи подальших досліджень включають інтеграцію системи з SCADA для дистанційного моніторингу та керування, використання нейромереж для адаптивного регулювання параметрів роботи насосів залежно від змін навантаження, а також розширення функціоналу для інших типів насосних станцій. Розроблена система є ефективним рішенням для підвищення

продуктивності та енергоефективності водопостачальних об'єктів, а її принципи можуть бути адаптовані для подібних виробничих систем.

Реалізація запропонованих заходів з охорони праці забезпечить дотримання санітарно-гігієнічних норм, підвищить комфортність умов праці та зменшить кількість виробничих втрат через аварії та простої. Комплексний підхід до автоматизації та безпеки створює надійну основу для подальшої модернізації насосних станцій та впровадження сучасних технологій у сфері енергозбереження й охорони праці.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кузнецов В. І. Технологія промислового водопостачання: навч. посіб. – Київ: Техніка, 2017. – 312 с.
2. Петров С. О. Насосні станції та їх експлуатація: монографія. – Харків: ХНАДУ, 2019. – 280 с.
3. Бондаренко М. П. Водопостачання та водовідведення: підручник. – Дніпро: НМетАУ, 2020. – 356 с.
4. 555
5. 555
6. Siemens AG. SIMATIC S7-1200 Programmable Controller System Manual [Електронний ресурс]. – Офіційний сайт Siemens. – Режим доступу: <https://support.industry.siemens.com> ([support.industry.siemens.com in Bing](https://support.industry.siemens.com)).
7. Siemens AG. SINAMICS V20/G120 Frequency Converter Manual [Електронний ресурс]. – Офіційний сайт Siemens. – Режим доступу: <https://support.industry.siemens.com> ([support.industry.siemens.com in Bing](https://support.industry.siemens.com)).
8. Siemens AG. SITRANS Process Instrumentation Catalog [Електронний ресурс]. – Офіційний сайт Siemens. – Режим доступу: <https://support.industry.siemens.com> ([support.industry.siemens.com in Bing](https://support.industry.siemens.com)).
9. Siemens AG. SIMATIC S7-1200 Analog Input Module SM 1231 Manual [Електронний ресурс]. – Офіційний сайт Siemens. – Режим доступу: <https://support.industry.siemens.com> ([support.industry.siemens.com in Bing](https://support.industry.siemens.com)).
10. Siemens AG. SIMATIC S7-1200 Relay Output Module RM2 Manual [Електронний ресурс]. – Офіційний сайт Siemens. – Режим доступу: <https://support.industry.siemens.com> ([support.industry.siemens.com in Bing](https://support.industry.siemens.com)).
11. Siemens AG. SIMATIC S7-1200 Communication Module CB 1241 RS-485 Manual [Електронний ресурс]. – Офіційний сайт Siemens. – Режим

доступу: <https://support.industry.siemens.com> (support.industry.siemens.com in Bing).

12. Siemens AG. SITRANS P Pressure Transmitters Manual [Електронний ресурс]. – Офіційний сайт Siemens. – Режим доступу: <https://support.industry.siemens.com> (support.industry.siemens.com in Bing).

13. Siemens AG. SITRANS F MAG 8000 Electromagnetic Flowmeter Manual [Електронний ресурс]. – Офіційний сайт Siemens. – Режим доступу: <https://support.industry.siemens.com> (support.industry.siemens.com in Bing).

14. Siemens AG. SITRANS LU Ultrasonic Level Transmitter Manual [Електронний ресурс]. – Офіційний сайт Siemens. – Режим доступу: <https://support.industry.siemens.com> (support.industry.siemens.com in Bing).

15. Siemens AG. SINAMICS G120 Frequency Converter Manual [Електронний ресурс]. – Офіційний сайт Siemens. – Режим доступу: <https://support.industry.siemens.com> (support.industry.siemens.com in Bing).

16. НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення інструктажів з питань охорони праці. – Київ: Держгірпромнагляд, 2005.

17. НПАОП 0.00-1.28-10. Правила охорони праці під час експлуатації електроустановок споживачів. – Київ: Мінпраці України, 2010.

18. ДСТУ EN 60204-1:2016. Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1. Загальні вимоги. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016.

19. Мезенцева І. О. Безпека виробничих процесів і устаткування: навчальний посібник. – Харків: НТУ «ХП», 2022.

20. НПАОП 0.00-4.03-04. Типове положення про порядок проведення медичних оглядів працівників певних категорій. – Київ: МОЗ України, 2004.

21. Охорона праці: навчальний посібник / За ред. В. М. Пономарьова. – Київ: КНЕУ, 2021.

22. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми допустимого шуму на робочих місцях. – Київ: МОЗ України, 1999.

23. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Київ: Мінрегіон України, 2013.
24. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. – Київ: Мінрегіон України, 2018.
25. Мезенцева І. О. Безпека виробничих процесів і устаткування: навчальний посібник. – Харків: НТУ «ХПІ», 2022.
26. НПАОП 0.00-5.01-07. Правила пожежної безпеки в Україні. – Київ: МНС України, 2007.
27. ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту. – Київ: Мінрегіон України, 2014.
28. ДСТУ EN 50171:2014. Джерела живлення для систем аварійного освітлення. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2014.



Метадані

ДОКУМЕНТ

Заголовок

151-11д-2026врб

Автор

151-11д-2026врб

Науковий керівник / Експерт

Модло Є.

ІД документу

334168404

ОРГАНІЗАЦІЯ

Назва організації

STATE UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TECHNOLOGY

підрозділ

STATE UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TECHNOLOGY

ЗВІТ

Дата звіту

6/4/2026

Дата редагування

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.

3.91%

3.91%

КП 1

7266

Кількість слів

0.12%

0.12%

КЦ

60914

Кількість символів

Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв



11

Інтервали



0

Мікропробіли



0

Білі знаки



0

Парафрази (SmartMarks)



15

Джерела

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Колір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз

Колір тексту

НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)

КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ
(ФРАГМЕНТІВ)

ЗГОДА здобувача(чки) вищої освіти
Державного університету економіки і технологій про перевірку
кваліфікаційної роботи на прояви академічного плагіату
та розміщення в Репозитарії Університету

Я, Хидиров Даніїл Тагірович, підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу.

Засвідчую, що кваліфікаційна бакалаврська робота Автоматизація обладнання промводопостачання. Система стабілізації тиску в магістралі насосної станції, виконана самостійно та не містить академічного плагіату. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Державного університету економіки і технологій ознайомлений. Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення норм академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

Також я поінформований(на), що відповідно до «Положення про Репозитарій (електронну базу даних) Державного університету економіки і технологій» зазначена робота буде розміщена в Електронному архіві Університету (Репозитарії ДУЕТ). З умовами такого розміщення ознайомлений(на).

01.06.2026