

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри КСУ
_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ
_____ 2024 р

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня бакалавр

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньо-професійної програми
«Комп'ютеризовані системи управління та робототехніка»

на тему: «Автоматизація підвищувальної насосної станції водопостачання»

Здобувача групи СУз-03-2с

Рудого Костянтина Івановича

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів та текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Рудий Костянтин

Керівник:

К.т.н., доцент, асистент

Журавльов А.Ю.

Ном.поз	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	№ екз.	Примітки
1			<u>Документація загальна</u>			
2						
3			<u>Застосована</u>			
4	A4		Завдання кафедри	1		
5						
6			<u>Новорозроблена</u>			
7	A4	T3	Технічне завдання	2		
8	A4		Анотація	1		
9	A4	СУз-03-2с.151.02ПЗ	Пояснювальна записка	42		
10						
11			<u>Документація конструкторська</u>			
12			<u>Новорозроблена</u>			
13	A4	СУз-03-2с.151.02 А1	Система. Функціональна схема автоматизації	1		
14	A4	СУз-03-2с.151.02 А2	Система. Схема інформаційно-матеріальних потоків	1		
15	A4	СУз-03-2с.151.02 А3	Схема принципово-електрична	1		

					СУз-03-2с.151.02ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Рудий К.І			Автоматизація підвищувальної насосної станції для водопостачання. Відомість проєкту	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Журавльов О.					1	1
Реценз.						СумДУ, СУз-03-2с		
Н. Контр.		Журавльов О.						
Затверд.		Петро ЛЕОНТЬЄВ						

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра комп'ютерних систем управління

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав кафедри КСУ

_____ П.В. Леонтєв

_____ 2024 року

ЗАВДАННЯ

На кваліфікаційну роботу бакалавра здобувачу вищої освіти
Рудому Костянтину Івановичу

1. Тема кваліфікаційної роботи: " Автоматизація підвищувальної насосної станція для водопостачання"

затверджено наказом ректора СумДУ № 0451-VI від " 29 " квітня 2024 року

2. Термін здачі студентом закінченого проекту «22» червня 2024 р

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: Завдання кафедри, технічний опис підвищувальної насосної станції для водопостачання

4. Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань, які потрібно розробити):

1 ОПИС ПІДВИЩУВАЛЬНОЇ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ДЛЯ ВОДОПОСТАЧАННЯ

2 ОПИС ТА РОБОТА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3 ВИБІР ТА ОПИС ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

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

1. Функціональна схема автоматизації

2. Схема інформаційно-матеріальних потоків

3. Схема принципово-електрична

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Номер етапу	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи
1	Аналіз завдання кафедри. Складання ТЗ. Підбір та аналіз літератури. Вибір аналогів та прототипів.	24.04-01.05.24
2	Опис підвищувальної насосної станції для водопостачання як об'єкту для автоматизації, вивчення конструкції та принципу роботи	02.05-11.05.24
3	Опис та роботи системи автоматизації	12.05-18.05.24
4	Опис та робота складових частин системи автоматизації	19.05-26.05.24
5	Вибір та опис засобів автоматизації	27.05-03.06.24
6	Технічне оформлення проектної документації. Здача проекту керівнику	04.06-22.06.24

7. Дата видачі завдання «23» квітня.2024р

Керівник проекту:

К.т.н., доцент, асистент

Журавльов А.Ю.

Здобувач:

студент групи СУз-03-2с

Рудий К.І.

АНОТАЦІЯ

Рудий Костянтин Іванович. Автоматизація підвищувальної насосної станції для водопостачання.

Кваліфікаційна робота бакалавра. Сумський державний університет, Суми, 2024.

Кваліфікаційна робота містить 53 аркуші пояснювальної записки, включаючи 8 рисунків, 5 таблиці. Конструкторську документацію, що складається з 3 креслень.

Робота присвячена вивченню автоматизації насосної станції, вимог і будови устаткування, режимів роботи.

В якості контролера системи автоматизації був обраний контролер Siemens Simatic S7-1200, який призначений для перетворення аналогових сигналів первинних перетворювачів в цифрові сигнали, їх програмної обробки, а також управління включенням насосів, сигналом попереджувальної та аварійної сигналізації, аварійного виключення насосів при перевищенні критичних параметрів.

Обрані засоби для побудови системи автоматизації.

Розроблений інтерфейс контролера насосної станції.

Розроблена структура та функціональна схема системи автоматизації; схема електрична принципова.

Ключові слова: автоматизація, насосна станція, водопостачання, Siemens Simatic S7-1200, контролер, електрична схема, функціональна схема, сигналізація, управління насосами.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра комп'ютерних систем управління

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

На проектування автоматизації підвищувальної насосної станції для водопостачання

Розробник:
студент групи СУз-03-2с

Рудий К.І.

Погоджено
Керівник проекту:
К.т.н., доцент, асистент

Журавльов А.Ю.

1. Назва та галузь застосування.

Автоматизація підвищувальної насосної станції для водопостачання.

Призначено для подальшого створення системи автоматичного управління і регулювання технологічних параметрів.

2. Підстава для розробки.

Наказ ректора Сумського державного університету № 0451-VI від “ 29 ” квітня 2024 р.

3. Мета і призначення розробки.

Необхідно вибрати і провести аналіз сучасних апаратних засобів автоматизації, на підставі яких в подальшому стане можливим створення нової системи управління підвищувальною насосною станцією для водопостачання, що забезпечує виконання всіх технологічних вимог.

4. Джерела розробки.

Проектна документація, нормативні документи.

5. Режими роботи об'єкта.

Система управління передбачає роботу обладнання в автоматичному, дистанційному і ручному режимах.

6. Умови експлуатації агрегату.

Система повинна забезпечувати тиск води 1.2 МПа для водопостачання двадцятиповерхового будинку з висотою водопідйому до 60 метрів, з нормальним тиском і безперервним постачанням води на всі поверхи.

7. Технічні вимоги.

Засоби апаратного забезпечення підвищувальної насосної станції для водопостачання повинні бути надійними, зручними і безпечними при експлуатації і монтажі.

8. Економічні показники.

Економічна ефективність повинна забезпечуватися за рахунок застосування сучасної техніки, що має підвищити якість роботи.

9. Стадії та етапи розробки.

Вивчення будови і роботи підвищувальної насосної станції для водопостачання, її електрообладнання, допоміжних систем. Вибір керуючих засобів. Розробка структурної схеми розміщення складових частин і приєднання зовнішніх проводів; схеми функціональної автоматизації.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня бакалавр

на тему: «Автоматизація підвищувальної насосної станції водопостачання»

Здобувач
групи СУз-03-2с

Рудий Костянтин Іванович

Керівники:

асистент каф. КСУ, к.т.н.

Журавльов Олександр Юрійович

ЗМІСТ

СКРОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ.....	3
ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 ОПИС ПІДВИЩУВАЛЬНОЇ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	6
1.1 Загальні відомості про підвищувальну насосну станцію водопостачання.....	6
1.2 Аналіз режимів функціонування підвищувальної насосної станції водопостачання.....	8
РОЗДІЛ 2 ОПИС ТА РОБОТА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	14
2.1 Призначення, загальні характеристики та умови експлуатації системи автоматизації.....	14
2.2 Вхідні/вихідні характеристики.....	16
2.3 Опис системи автоматизації.....	18
2.4 Будова та робота системи автоматизації.....	22
2.5 Режими роботи контролера.....	25
РОЗДІЛ 3 ОПИС ТА РОБОТА СКЛАДОВИХ ЧАСТИН СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	28
3.1 Комп'ютер Siemens SIMATIC IPC627D.....	28
3.2 Комунікаційна плата CB 1241 RS485.....	31
РОЗДІЛ 4 ВИБІР ТА ОПИС ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	35
4.1 Функціональна схема та її складові.....	35
4.2 Схема інформаційно-матеріальних потоків та її складові.....	37
4.3 Принципово-електрична схема та її складові.....	38
РОЗДІЛ 5 СТВОРЕННЯ ТА ОПИС ДІЇ ІНТЕРФЕЙСУ КОНТРОЛЕРА НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ.....	40
5.1 Опис дії інтерфейсу контролера насосної станції.....	40
5.2 Створення інтерфейсу контролера насосної станції в ThingsBoard.....	41
ВИСНОВКИ.....	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	47
ДОДАТКИ.....	51

					СУз-03-2с.151.02ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб</i>		<i>Рудий К.І</i>			Автоматизація підвищувальної насосної станції для водопостачання. Відомість проекту		
<i>Перевірив</i>		<i>Журавльов О.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>		<i>Журавльов О.</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Петро ЛЕОНТЬЄВ</i>					
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
						2	47
					СумДУ, СУз-03-2с		

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

ПЛК - Програмовані логічні контролери

IT - Інформаційні технології

AI - Штучний інтелект (Artificial Intelligence)

IoT - Інтернет речей (Internet of Things)

					<i>СУЗ-03-2с.151.03ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		3

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку міської інфраструктури питання забезпечення надійного та безперебійного водопостачання багатоповерхових будинків набуває все більшої актуальності. Одним із ключових елементів системи водопостачання є підвищувальна насосна станція, яка забезпечує необхідний тиск води для подачі на верхні поверхи будівель. В умовах зростання висотності будинків та збільшення кількості споживачів виникає потреба у впровадженні автоматизованих систем управління насосними станціями, що дозволить підвищити ефективність їх роботи та забезпечити стабільність водопостачання.

Автоматизація підвищувальних насосних станцій дозволяє оптимізувати роботу обладнання, забезпечити моніторинг та управління параметрами системи в реальному часі, знизити експлуатаційні витрати та підвищити надійність системи в цілому. Використання сучасних технологій автоматизації, таких як програмовані логічні контролери (PLC), системи дистанційного управління та моніторингу, дозволяє забезпечити високий рівень автоматизації та інтеграцію системи водопостачання у загальну інфраструктуру будинку.

Метою даної роботи є розробка проекту автоматизації підвищувальної насосної станції для водопостачання двадцятиповерхового будинку. В роботі будуть розглянуті сучасні методи та засоби автоматизації, обрані оптимальні рішення для забезпечення необхідного тиску та безперебійного постачання води на всі поверхи будинку. Особлива увага буде приділена вибору обладнання, розробці функціональних схем автоматизації, а також економічному обґрунтуванню впровадження запропонованих рішень.

Об'єкт автоматизації: підвищувальна насосна станція для водопостачання багатоповерхового будинку.

					СУЗ-03-2с.151.03ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Предмет автоматизації: автоматизована система управління підвищувальною насосною станцією, яка забезпечує стабільний тиск та безперебійне водопостачання на всі поверхи двадцятиповерхового будинку.

Методи автоматизації:

- аналіз технічної літератури та нормативних документів з автоматизації насосних станцій;
- моделювання та симуляція роботи насосної станції з використанням програмних засобів;
- експериментальні дослідження та випробування вибраних технічних рішень на лабораторних стендах;
- економічний аналіз доцільності впровадження автоматизованих систем управління;
- системний аналіз та проектування схем автоматизації.

Впровадження автоматизованої системи управління підвищувальною насосною станцією дозволить не тільки підвищити ефективність її роботи, але й забезпечити високу якість водопостачання, що є важливим фактором для комфорту та безпеки мешканців багатоповерхових будинків.

					<i>СУз-03-2с.151.03ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

РОЗДІЛ 1
ОПИС ПІДВИЩУВАЛЬНОЇ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ
ВОДОПОСТАЧАННЯ

У цьому розділі подано загальні відомості про підвищувальну насосну станцію водопостачання, яка є ключовим елементом для забезпечення стабільного і безперебійного водопостачання багатоповерхових будинків. Розглядаються основні складові станції, такі як насоси, резервуари, трубопроводи та запірна арматура. Особлива увага приділяється аналізу режимів функціонування насосної станції, що дозволяє оптимізувати її роботу, знизити витрати енергії та підвищити ефективність водопостачання. Також описуються різні методи регулювання швидкості насосів, включаючи механічне та електричне управління, і підкреслюються переваги використання частотно-регульованих приводів для підвищення продуктивності та надійності системи.

1.1 Загальні відомості про підвищувальну насосну станцію водопостачання

Підвищувальна насосна станція (Додаток А) для водопостачання багатоповерхових будинків є ключовим елементом у забезпеченні стабільного і безперебійного водопостачання. Вона призначена для підвищення тиску води в системі, що дозволяє доставляти воду на верхні поверхи будівель, забезпечуючи необхідний тиск та витрату.

Основними складовими підвищувальної насосної станції є насоси, резервуари, трубопроводи, запірна та регулююча арматура, а також система автоматичного управління. Насоси, які є центральними елементами системи, обираються відповідно до необхідної продуктивності та тиску, що визначаються виходячи з вимог водопостачання та висоти будівлі.

					СУЗ-03-2с.151.03ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Наприклад, для забезпечення стабільного тиску води на верхніх поверхах двадцятиповерхового будинку необхідно використовувати насоси з високою продуктивністю, здатні піднімати воду на значну висоту.

Резервуари, або водонапірні баки, виконують важливу роль у системі, забезпечуючи запас води для рівномірної роботи насосної станції. Вони дозволяють компенсувати нерівномірність споживання води впродовж доби та забезпечують наявність води у випадку короткочасних збоїв у подачі або під час технічного обслуговування насосів.

Трубопроводи, що з'єднують насоси, резервуари та точки водоспоживання, виготовляються з матеріалів, стійких до корозії та високого тиску, що забезпечує довготривалу та надійну експлуатацію системи. Правильний вибір діаметру трубопроводів є критичним для мінімізації втрат тиску та забезпечення оптимальної витрати води.

Запірна та регулююча арматура включає клапани, крани, засувки та інші елементи, які дозволяють контролювати потік води, забезпечувати необхідний тиск та запобігати зворотньому потоку. Ці компоненти відіграють ключову роль у підтримці стабільної роботи системи та запобіганні аварійним ситуаціям.

Система автоматичного управління є одним із найважливіших елементів підвищувальної насосної станції, яка забезпечує моніторинг і керування роботою всіх компонентів у режимі реального часу. Використання програмованих логічних контролерів (ПЛК), таких як Siemens SIMATIC, дозволяє автоматизувати процеси включення та виключення насосів, регулювання їх продуктивності, а також забезпечувати аварійну сигналізацію та віддалений моніторинг стану системи. Завдяки системі автоматичного управління забезпечується оптимізація роботи насосної станції, зниження енергоспоживання та підвищення надійності водопостачання для всіх споживачів.

					СУЗ-03-2с.151.03ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Автоматизація підвищувальної насосної станції дозволяє здійснювати дистанційний контроль і управління, що забезпечує оперативне реагування на будь-які зміни в роботі системи, а також своєчасне виявлення і усунення несправностей. Це важливо для забезпечення надійного водопостачання в умовах мінливих потреб споживачів та змінних умов експлуатації.

Загалом, впровадження автоматизованих підвищувальних насосних станцій є важливим кроком у підвищенні ефективності та надійності систем водопостачання, що сприяє покращенню якості життя мешканців багатоповерхових будинків.

1.2 Аналіз режимів функціонування підвищувальної насосної станції водопостачання

Аналіз режимів функціонування підвищувальної насосної станції водопостачання виявляє аспекти, які необхідно враховувати при проектуванні та експлуатації систем. Важливість правильного регулювання швидкості асинхронних двигунів, що використовуються у насосних агрегатах, не можна недооцінювати, оскільки це впливає на ефективність та економічність роботи всієї системи.

Регулювання швидкості насосів зазвичай здійснюється за допомогою методів, що включають як механічне, так і електричне управління. Механічне управління полягає у використанні різних механічних пристроїв, таких як клапани, дроселі та регулятори, які змінюють потік рідини через систему. Ці пристрої встановлюються на трубопроводах і дозволяють механічно обмежувати або змінювати потік води, регулюючи тим самим тиск та витрату. Наприклад, клапан може бути частково закритий для зменшення потоку води, що знижує тиск і продуктивність насоса. Цей метод є досить простим і

									Арк.
									8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУЗ-03-2с.151.03ПЗ				

надійним, але має обмежену гнучкість і точність, особливо при необхідності швидкої адаптації до змінних умов експлуатації.

Електричне управління, з іншого боку, включає використання різних електричних пристроїв та технологій для контролю швидкості обертання двигунів насосів. Одним із найбільш поширених методів є використання пускорегулювальних апаратів, таких як реостати, автотрансформатори або тиристорні регулятори, які дозволяють змінювати напругу або струм, що подається на двигун. Це дозволяє змінювати швидкість обертання двигуна і, відповідно, продуктивність насоса.

Одним з прикладів електричного управління є використання автотрансформаторів, які можуть поступово змінювати напругу, що подається на двигун, забезпечуючи плавний пуск і зупинку насоса. Інший приклад – реостати, які змінюють опір у колі двигуна, що дозволяє регулювати струм і швидкість обертання.

Однак ці методи мають обмеження в точності і ефективності, оскільки вони можуть призводити до значних втрат енергії.

Більш сучасним і ефективним методом електричного управління є використання частотно-регульованих приводів (ЧРП). ЧРП забезпечують електронне регулювання швидкості обертання двигуна шляхом зміни частоти живлення, що дозволяє досягати необхідної продуктивності насоса з оптимальним споживанням енергії. ЧРП дозволяють значно точніше і гнучкіше контролювати роботу насоса, знижуючи енергоспоживання і підвищуючи ефективність всієї системи.

Таким чином, механічне управління використовує фізичні пристрої для зміни потоку рідини, тоді як електричне управління застосовує електричні та електронні засоби для контролю швидкості обертання двигуна, що дозволяє досягти більш точного і ефективного регулювання роботи насосної системи.

					<i>СУЗ-03-2с.151.03ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Використання ЧРП має багато переваг, серед яких можна виділити підвищення коефіцієнта корисної дії (ККД) установки, зниження енергоспоживання та зменшення зносу механічних компонентів системи. Завдяки можливості плавного пуску та зупинки насосних агрегатів, ЧРП допомагають знизити гідравлічні удари у системі, що важливо для запобігання передчасного зносу трубопроводів і фітингів.

Ще однією важливою перевагою частотного методу регулювання є здатність підтримувати високу енергетичну ефективність навіть при змінних умовах експлуатації. Під час роботи насосної станції можуть виникати коливання у потребах водопостачання, викликані змінами в споживанні води, наприклад, в залежності від часу доби або сезонних коливань. Частотно-регульовані приводи (ЧРП) дозволяють швидко та ефективно реагувати на ці зміни, оптимізуючи робочі параметри двигуна відповідно до актуальних потреб.

Завдяки здатності плавно змінювати швидкість обертання двигуна, ЧРП забезпечують постійний контроль за продуктивністю насоса, що дозволяє підтримувати стабільний тиск води в системі, мінімізуючи витрати енергії та запобігаючи надмірному зносу обладнання.

Однак, не зважаючи на значні переваги, використання частотно-регульованих приводів також має певні технічні та економічні складнощі. Перш за все, інвестиції у частотно-регульовані приводи можуть бути значними, особливо для великих насосних станцій. Витрати на придбання та встановлення ЧРП потребують додаткових капітальних вкладень, які включають вартість самого обладнання, монтажу та налаштування системи. Незважаючи на ці витрати, вони зазвичай швидко окупаються завдяки зниженню енергоспоживання та покращенню експлуатаційних показників системи, що дозволяє досягти значної економії на енергоресурсах та обслуговуванні в довгостроковій перспективі.

					<i>СУЗ-03-2с.151.03ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Також важливим аспектом є технічне обслуговування ЧРП. Сучасні частотно-регульовані приводи вимагають кваліфікованого технічного обслуговування та регулярного моніторингу для забезпечення їхньої надійної роботи. Необхідність у кваліфікованих фахівцях, здатних швидко діагностувати та усувати потенційні проблеми, створює додаткові витрати для підприємств, що експлуатують ці системи. Регулярне технічне обслуговування включає перевірку електронних компонентів, оновлення програмного забезпечення та діагностику системи для запобігання можливим несправностям і підтримки оптимальної роботи ЧРП.

Крім того, інтеграція частотно-регульованих приводів у загальні системи управління насосними станціями може бути складним завданням. Необхідність сумісності з існуючим обладнанням та програмним забезпеченням може вимагати додаткових модифікацій або адаптацій, що також призводить до збільшення первісних витрат.

Інтеграція може включати модернізацію старих систем керування, заміну або оновлення частин обладнання, а також налаштування програмного забезпечення для забезпечення ефективної взаємодії між всіма компонентами системи. Це потребує ретельного планування та координації, щоб забезпечити безперебійну роботу насосної станції та досягти максимального ефекту від впровадження ЧРП.

Попри ці виклики, стратегічне впровадження ЧРП у системи водопостачання є вигідним рішенням у довгостроковій перспективі. Ефективність використання енергії та можливість точного регулювання робочих параметрів забезпечують високий рівень продуктивності та економічності. Зниження енергоспоживання не лише зменшує оперативні витрати, але й сприяє скороченню викидів вуглекислого газу, що важливо для охорони навколишнього середовища.

									Арк.
									11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУз-03-2с.151.03ПЗ				

Таким чином, при аналізі режимів функціонування підвищувальної насосної станції водопостачання необхідно враховувати не лише технічні та економічні аспекти впровадження частотно-регульованих приводів, але й потенційні переваги, які ці технології можуть забезпечити в майбутньому. Вибір оптимального методу регулювання повинен базуватися на детальному аналізі поточних потреб станції, можливостей інтеграції нових систем, а також оцінці впливу на загальну продуктивність і надійність роботи обладнання.

З математичної точки зору, основні принципи регулювання швидкості двигуна за допомогою частотно-регульованих приводів можна описати через залежність потужності P від частоти обертання f та напруги V , яка подається на двигун. Потужність, яку споживає двигун, може бути визначена як:

$$P = V \times I \times \cos(\phi)$$

де I — струм, а $\cos(\phi)$ — коефіцієнт потужності.

Ефективність регулювання двигуна через ЧРП можна виразити через відношення фактичної потужності до потужності, споживаної без регулювання. ККД ЧРП може бути представлений як:

$$\eta = \frac{P_{in}}{P_{out}} \times 100\%$$

де P_{out} — корисна вихідна потужність, а P_{in} — вхідна потужність.

Також важливо врахувати вплив ЧРП на якість живлення електромережі.

Зокрема, частотні перетворювачі можуть спричиняти збільшення гармонік у системі. Гармонічний склад струму та напруги в системі можна описати через загальне співвідношення для n -ої гармоніки:

$$I_n = I_1 \times \left(\frac{1}{n}\right)^a$$

де I_1 — амплітуда основної гармоніки, n — порядок гармоніки, а a — параметр, який визначає зменшення амплітуди вищих гармонік.

					<i>СУЗ-03-2с.151.03ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Використання частотно-регульованих приводів дозволяє не тільки знизити витрати на енергію, але й покращити загальну стабільність системи завдяки можливості точного регулювання параметрів роботи двигуна. Впровадження таких технологій потребує детального аналізу та планування, але кінцевий результат може значно вплинути на ефективність і надійність всієї системи водопостачання.

					<i>СУЗ-03-2с.151.03ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		13

РОЗДІЛ 2

ОПИС ТА РОБОТА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

У цьому розділі детально описуються призначення, загальні характеристики та умови експлуатації системи автоматизації підвищувальної насосної станції для водопостачання. Розглядаються вхідні та вихідні характеристики системи, включаючи дані від датчиків та команди на виконавчі механізми. Описується структура системи автоматизації, яка складається з контролера Siemens Simatic S7-1200, датчиків тиску, рівня та температури води, приводів, виконавчих механізмів та панелі оператора (HMI). Пояснюються принципи роботи системи в автоматичному, дистанційному та ручному режимах, що забезпечують гнучкість та ефективність управління насосною станцією. Наводяться приклади реакцій системи на зміну параметрів та впливу різних режимів роботи контролера на функціонування обладнання.

2.1 Призначення, загальні характеристики та умови експлуатації системи автоматизації.

Система автоматизації підвищувальної насосної станції для водопостачання призначена для автоматизованого управління і регулювання технологічних параметрів насосного обладнання з метою забезпечення стабільного та безперебійного водопостачання на всі поверхи багатоповерхового будинку. Основне завдання системи - підтримка необхідного тиску води у водопровідній мережі для забезпечення комфортного використання води мешканцями будівлі.

Система автоматизації включає в себе такі основні компоненти: контролер Siemens Simatic S7-1200, який використовується для перетворення аналогових сигналів від первинних датчиків у цифрові сигнали, їх програмної

					<i>СУЗ-03-2с.151.03ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

обробки та управління роботою насосів; датчики тиску та рівня води, що застосовуються для вимірювання технологічних параметрів води у системі; приводи та виконавчі механізми, які керують роботою насосів на основі сигналів від контролера; сигнальна та аварійна сигналізація, яка попереджує про перевищення критичних параметрів та включає аварійний режим відключення насосів; панель оператора (НМІ), що забезпечує інтерфейс для взаємодії оператора з системою, відображення поточних параметрів та можливість ручного втручання в роботу системи.

Система автоматизації підвищувальної насосної станції призначена для експлуатації у таких умовах: температурний режим від 5°C до 40°C; вологість не більше 85% без конденсації; напруга живлення 220V ±10%, 50Hz; захист від пилу та вологи відповідно до стандарту IP54; місце встановлення у вентильованому приміщенні з можливістю доступу для технічного обслуговування.

Система автоматизації підвищувальної насосної станції розроблена з урахуванням сучасних технологій та забезпечує високу надійність і ефективність роботи насосного обладнання. Автоматизація процесів управління дозволяє оптимізувати використання енергоресурсів, зменшити витрати на обслуговування та підвищити загальну ефективність системи водопостачання. Система автоматизації має наступні вхідні та вихідні характеристики: вхідні сигнали - аналогові сигнали від датчиків тиску, рівня води та температури; цифрові сигнали від перемикачів та кнопок. Вихідні сигнали - сигнали управління для насосів, аварійної та сигнальної індикації, сигнали на панель оператора.

Система автоматизації складається з контролера, датчиків, виконавчих механізмів та інтерфейсу оператора. Контролер отримує сигнали від датчиків,

					СУЗ-03-2с.151.03ІІЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

обробляє їх за допомогою програмного забезпечення та видає команди на виконавчі механізми для регулювання роботи насосів. Панель оператора дозволяє моніторити стан системи та здійснювати ручне управління у разі необхідності. Контролер системи автоматизації працює у трьох режимах: автоматичний режим, коли система самостійно контролює та регулює роботу насосів на основі заданих параметрів; дистанційний режим, коли оператор може здійснювати управління системою через дистанційний інтерфейс; ручний режим, коли оператор безпосередньо керує роботою насосів та іншого обладнання за допомогою панелі оператора.

Система автоматизації підвищувальної насосної станції для водопостачання забезпечує стабільне і надійне водопостачання на всі поверхи багатоповерхового будинку, підвищує ефективність роботи обладнання та знижує витрати на його експлуатацію.

2.2 Вхідні/вихідні характеристики

Система автоматизації підвищувальної насосної станції для водопостачання має наступні вхідні та вихідні характеристики.

Вхідні сигнали: аналогові сигнали від датчиків тиску, рівня води та температури, а також цифрові сигнали від перемикачів та кнопок (таблиця 2.1)

Таблиця 2.1 Вхідні сигнали і дії

Вхідні сигнали	Джерело	Нормальні значення	Відхилення	Дії при відхиленні
Тиск води	Датчик тиску (РТ)	0.5-1.5 МПа	Менше 0.5 МПа або більше 1.5 МПа	Автоматичне включення/вимкнення насосів, аварійна сигналізація

									Арк.
									16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУЗ-03-2с.151.03ПЗ				

Продовження Таблиці 2.1

Вхідні сигнали	Джерело	Нормальні значення	Відхилення	Дії при відхиленні
Рівень води	Датчик рівня (LT)	50-100%	Менше 50% або більше 100%	Автоматичне включення/вимкнення насосів, аварійна сигналізація
Температура води	Датчик температури (TT)	10-30°C	Менше 10°C або більше 30°C	Аварійна сигналізація, корекція температури
Перемикачі режиму	Ручні перемикачі (SW1, SW2)	Автоматичний, дистанційний, ручний режим	Неправильний вибір режиму	Відображення помилки на панелі оператора
Кнопки аварійного вимкнення	Кнопка (EB)	Немає сигналу (нормальний стан)	Сигнал активовано	Негайне вимкнення насосів, активація аварійної сигналізації
Кнопки управління	Кнопка запуску/зупинки (SB)	Запуск/зупинка насосів	Немає реакції	Відображення помилки на панелі оператора

Вихідні сигнали: сигнали управління для насосів, аварійної та сигнальної індикації, сигнали на панель оператора (таблиця 2.2)

Таблиця 2.2 Вихідні сигнали

Вихідні сигнали	Призначення	Опис
Управління	Контролери насосів	Включення або виключення насосів

Вихідні сигнали	Призначення	Опис
насосами	(PLC)	залежно від вхідних сигналів

Продовження Таблиці 2.2

Вихідні сигнали	Призначення	Опис
Сигнальна індикація	Сигнальні лампи (HL)	Індикація нормального режиму або аварії
Аварійна сигналізація	Сигналізатори (AL)	Активація звукових та світлових сигналів при відхиленні від нормальних параметрів
Панель оператора	НМІ панель	Відображення стану системи, введення команд оператором

2.3 Опис системи автоматизації

Система автоматизації підвищувальної насосної станції для водопостачання призначена для забезпечення стабільного та безперебійного водопостачання на всі поверхи багатоповерхового будинку. Основне завдання системи – підтримка необхідного тиску води у водопровідній мережі для комфортного використання води мешканцями будівлі.

Система автоматизації включає наступні компоненти: контролер Siemens Simatic S7-1200, датчики тиску, рівня та температури води, приводи та виконавчі механізми, а також панель оператора (НМІ).

Контролер Siemens Simatic S7-1200 відповідає за перетворення аналогових сигналів від первинних датчиків у цифрові сигнали, їх програмну обробку та управління роботою насосів. Він отримує дані від датчиків тиску, рівня води та температури. Наприклад, датчик тиску (РТ) вимірює тиск у

					<i>СУЗ-03-2с.151.03ПЗ</i>	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

системі, датчик рівня (LT) контролює рівень води у резервуарі, а датчик температури (TT) визначає температуру води.

Приводи та виконавчі механізми відіграють ключову роль у системі автоматизації, забезпечуючи точне і своєчасне виконання команд від контролера для управління роботою насосів. Основні компоненти, які впливають на роботу насосного обладнання, включають електромагнітні клапани, контактори та приводи.

Електромагнітні клапани використовуються для автоматичного керування потоком води у системі. Вони відкриваються або закриваються за сигналом від контролера, регулюючи таким чином подачу води до насосів або з них. Наприклад, при зниженні рівня води у резервуарі, контролер може подати сигнал на відкриття клапана, дозволяючи воді наповнювати резервуар. Якщо рівень води досягає заданого максимуму, клапан закривається, запобігаючи переповненню.

Контактори є електромеханічними пристроями, що використовуються для ввімкнення і вимкнення електричних ланцюгів, які живлять насоси. Контролер надсилає сигнал на контактор, який у свою чергу замикає або розмикає ланцюг, подаючи або відключаючи електроживлення насосів. Це дозволяє автоматично вмикати або вимикати насоси залежно від поточних умов у системі, таких як тиск або рівень води.

Приводи, особливо частотно-регульовані приводи (ЧРП), використовуються для регулювання швидкості обертання насосних двигунів. ЧРП дозволяють змінювати частоту живлення двигуна, що забезпечує точний контроль над продуктивністю насосів.

Наприклад, у випадку підвищення потреби у воді, контролер може збільшити частоту живлення, тим самим збільшуючи швидкість обертання

					<i>СУЗ-03-2с.151.03ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

насоса і, відповідно, його продуктивність. Це забезпечує більш ефективне використання енергії та знижує знос механічних компонентів системи.

Разом ці компоненти забезпечують координацію і контроль над усіма аспектами роботи насосної станції.

Контролер аналізує дані від датчиків і на основі цього приймає рішення щодо керування електромагнітними клапанами, контакторами та приводами, забезпечуючи оптимальну і безпечну роботу системи водопостачання. Використання сучасних технологій автоматизації дозволяє досягти високої ефективності, надійності та гнучкості у управлінні насосним обладнанням.

Панель оператора (HMI) забезпечує зручний інтерфейс для моніторингу та управління системою. Оператор може бачити поточний стан системи, отримувати інформацію про параметри роботи насосів та датчиків, а також вручну керувати обладнанням у разі необхідності.

Система автоматизації підвищувальної насосної станції для водопостачання функціонує у трьох основних режимах: автоматичному, дистанційному та ручному. Кожен з цих режимів забезпечує різні рівні контролю та втручання оператора, що дозволяє гнучко налаштовувати роботу системи відповідно до поточних потреб та умов.

В автоматичному режимі система самостійно контролює та регулює роботу насосів на основі заданих параметрів. Контролер отримує дані від датчиків тиску, рівня води та температури, аналізує їх та приймає рішення про ввімкнення або вимкнення насосів, регулювання їх продуктивності та інші дії для підтримання стабільного функціонування системи.

Наприклад, якщо тиск у системі знижується нижче заданого мінімуму, контролер автоматично вмикає додатковий насос для підвищення тиску до потрібного рівня. Якщо рівень води в резервуарі перевищує допустимий максимум, система автоматично вимикає насос, щоб запобігти переповненню.

					<i>СУЗ-03-2с.151.03ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

У дистанційному режимі оператор може здійснювати управління системою через дистанційний інтерфейс, наприклад, з використанням комп'ютера або мобільного пристрою. Це дозволяє оператору контролювати роботу насосної станції та вносити корективи, перебуваючи на відстані від об'єкта.

Наприклад, під час технічного обслуговування або в разі виникнення надзвичайної ситуації оператор може зупинити роботу насосів, скоригувати налаштування або запустити систему знову, використовуючи спеціальне програмне забезпечення. Дистанційний режим також корисний для моніторингу системи в реальному часі, що дозволяє оперативно реагувати на зміни у роботі обладнання.

У ручному режимі оператор безпосередньо керує роботою насосів та іншого обладнання за допомогою панелі оператора (HMI), яка зазвичай розташована на насосній станції. Цей режим використовується для виконання налаштувань, проведення технічного обслуговування або у разі виникнення ситуацій, які вимагають негайного втручання людини. Наприклад, якщо система автоматично вимкнула насос через низький рівень води, оператор може вручну перевірити стан обладнання, здійснити необхідні налаштування і запустити насос знову. Також ручний режим використовується для навчання персоналу, коли потрібно продемонструвати роботу системи та навчити операторів правильно керувати обладнанням.

Таким чином, система автоматизації підвищувальної насосної станції забезпечує три різні режими роботи, що дозволяє досягти високої гнучкості та ефективності в управлінні водопостачанням. Автоматичний режим гарантує стабільність і безперебійність роботи, дистанційний режим надає можливість контролю та управління на відстані, а ручний режим дозволяє оператору безпосередньо втручатися у роботу системи для виконання необхідних дій.

					СУЗ-03-2с.151.03ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Система автоматизації забезпечує ефективну і безпечну роботу насосної станції, оптимізуючи використання енергоресурсів, знижуючи витрати на обслуговування та підвищуючи загальну ефективність системи водопостачання.

2.4 Будова та робота системи автоматизації

Система автоматизації підвищувальної насосної станції складається з кількох основних компонентів, які забезпечують ефективне управління та моніторинг роботи насосного обладнання.

Основним елементом системи є контролер Siemens Simatic S7-1200, який виконує функції збору, обробки та аналізу даних від датчиків, а також управління виконавчими механізмами. Контролер підключений до датчиків тиску, рівня води та температури, які постійно моніторять стан системи.

Датчики, зокрема датчики тиску Siemens 7MF4433-1DA02-2AB1, використовуються для вимірювання тиску у системі. При зниженні тиску нижче заданого рівня контролер отримує сигнал і автоматично включає додатковий насос для підвищення тиску.

Датчики рівня, такі як Siemens SITRANS Probe LU, контролюють рівень води в резервуарі. Коли рівень води знижується до критичного значення, датчик передає сигнал на контролер, який запускає насос для поповнення резервуара водою.

Якщо рівень води досягає максимуму, контролер відключає насос, запобігаючи переповненню.

Температурні датчики Siemens SITRANS T вимірюють температуру води в системі. У разі відхилення температури від нормального діапазону, контролер може включити або виключити охолоджувальне або нагрівальне обладнання для підтримання оптимальних умов експлуатації.

Приводи, зокрема частотно-регульовані приводи Siemens SINAMICS G120, використовуються для регулювання швидкості обертання насосних

					<i>СУЗ-03-2с.151.03ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

двигунів. Ці приводи дозволяють змінювати частоту живлення двигуна, що забезпечує точний контроль над продуктивністю насосів. Наприклад, при збільшенні потреби у воді, контролер може збільшити частоту живлення, тим самим збільшуючи швидкість обертання насоса і, відповідно, його продуктивність.

Виконавчі механізми включають електромагнітні клапани Siemens 6DR5010-0NG00-0AA0 та контактори Siemens 3RT1035-1BB40. Електромагнітні клапани використовуються для автоматичного керування потоком води у системі, відкриваючись або закриваючись за сигналом від контролера. Контакттори є електромеханічними пристроями, які використовуються для ввімкнення і вимкнення електричних ланцюгів, що живлять насоси.

Панель оператора (HMI) Siemens SIMATIC IPC627D забезпечує зручний інтерфейс для моніторингу та управління системою. Оператор може бачити поточний стан системи, отримувати інформацію про параметри роботи насосів та датчиків, а також вручну керувати обладнанням у разі необхідності.

Система автоматизації працює у трьох режимах: автоматичному, дистанційному та ручному. В автоматичному режимі система самостійно контролює та регулює роботу насосів на основі заданих параметрів.

У дистанційному режимі оператор може здійснювати управління системою через дистанційний інтерфейс, наприклад, з використанням комп'ютера або мобільного пристрою. У ручному режимі оператор безпосередньо керує роботою насосів та іншого обладнання за допомогою панелі оператора (таблиця 2.3)

Таблиця 2.3 Прилади та дії

Прилад	Ситуація	Дія
Контролер Siemens Simatic S7-1200	Зниження тиску у системі до критичного рівня	Вмикає додатковий насос для підвищення тиску
	Підвищення рівня води до	Вимикає насос, запобігаючи
Змн.		Арк.
№ докум.		Підпис
Дата		23

Прилад	Ситуація	Дія
	критичного рівня	переповненню

Продовження Таблиці 2.3

Прилад	Ситуація	Дія
Контролер Siemens Simatic S7-1200	Зниження температури води нижче мінімального рівня	Вмикає нагрівальне обладнання
	Підвищення температури води вище максимального рівня	Вмикає охолоджувальне обладнання
Датчик тиску Siemens 7MF4433-1DA02-2AB1	Вимірювання тиску у системі	Передає сигнал контролеру
Датчик рівня Siemens SITRANS Probe LU	Зниження рівня води до критичного рівня	Передає сигнал контролеру для включення насоса
	Підвищення рівня води до критичного рівня	Передає сигнал контролеру для вимкнення насоса
Датчик температури Siemens SITRANS T	Вимірювання температури води	Передає сигнал контролеру
Частотно-регульований привод Siemens SINAMICS G120	Збільшення потреби у воді	Підвищує частоту живлення для збільшення продуктивності насоса
	Зниження потреби у воді	Знижує частоту живлення для зменшення продуктивності насоса
Електромагнітний клапан Siemens 6DR5010-0NG00-0AA0	Необхідність регулювання потоку води	Відкриває або закриває клапан за сигналом від контролера

Продовження Таблиці 2.3

Контактор Siemens 3RT1035-1BB40	Необхідність ввімкнення або вимкнення насоса	Замикає або розмикає електричний ланцюг, подаючи або відключаючи живлення насоса
Панель оператора (HMI) Siemens SIMATIC IPC627D	Операторський контроль або ручне управління	Відображає стан системи, дозволяє вручну керувати насосами та іншим обладнанням

Ці компоненти та режими роботи забезпечують ефективно і безпечно управління підвищувальною насосною станцією, оптимізуючи використання енергоресурсів, знижуючи витрати на обслуговування та підвищуючи загальну ефективність системи водопостачання.

2.5 Режими роботи контролера

Контролер системи автоматизації підвищувальної насосної станції працює у трьох режимах: автоматичному, дистанційному та ручному.

Кожен режим надає різні рівні контролю і втручання оператора, дозволяючи адаптувати роботу системи до поточних умов та потреб.

Автоматичний режим передбачає самостійне управління системою на основі заданих параметрів. Контролер отримує дані від датчиків тиску, рівня води та температури, аналізує їх та автоматично виконує необхідні дії для підтримки стабільної роботи системи.

Наприклад, якщо тиск у системі знижується нижче заданого мінімуму, контролер включає додатковий насос для підвищення тиску. Якщо рівень води в резервуарі досягає критичного максимуму, контролер вимикає насос, запобігаючи переповненню.

Дистанційний режим дозволяє оператору здійснювати управління системою через віддалений інтерфейс, такий як комп'ютер або мобільний пристрій. Це забезпечує можливість контролювати і налаштовувати роботу насосної станції на відстані.

Наприклад, під час технічного обслуговування або при виникненні надзвичайної ситуації, оператор може дистанційно зупинити роботу насосів або скоригувати налаштування.

Ручний режим надає можливість оператору безпосередньо керувати роботою насосів та іншого обладнання за допомогою панелі оператора (НМІ). Цей режим використовується для налаштувань, проведення технічного обслуговування або у разі виникнення ситуацій, які потребують негайного втручання людини.

Наприклад, якщо система автоматично вимкнула насос через низький рівень води, оператор може вручну перевірити стан обладнання, здійснити необхідні налаштування і запуснути насос знову.

Таблиця 2.4 Режими роботи контролера

Режим	Ситуація	Дія
Автоматичний (контроль на контролері)	Зниження тиску у системі	Включає додатковий насос для підвищення тиску
	Підвищення рівня води до максимуму	Вимикає насос, запобігаючи переповненню
	Зниження температури нижче норми	Вмикає нагрівальне обладнання
	Підвищення температури вище норми	Вмикає охолоджувальне обладнання

Продовження Таблиці 2.4

Режим	Ситуація	Дія
Дистанційний (контроль на операторі)	Необхідність технічного обслуговування або надзвичайна ситуація	Дистанційно зупиняє роботу насосів або коригує налаштування
Ручний (контроль на операторі)	Автоматичне вимкнення насоса	Вручну перевіряє стан обладнання, здійснює налаштування і запускає насос знову

Ця таблиця ілюструє, як кожен режим роботи контролера впливає на контроль системи, ситуації, що можуть виникнути, та відповідні дії, що виконуються для забезпечення стабільної і безпечної роботи насосної станції.

РОЗДІЛ 3
ОПИС ТА РОБОТА СКЛАДОВИХ ЧАСТИН СИСТЕМИ
АВТОМАТИЗАЦІЇ

Цей розділ присвячений детальному опису складових частин системи автоматизації підвищувальної насосної станції. Розглядаються комп'ютер Siemens SIMATIC IPC627D, який забезпечує високу продуктивність і надійність роботи з великою кількістю даних у реальному часі, та комунікаційна плата СВ 1241 RS485, яка використовується для серійного обміну даними через точкове підключення. Описуються основні компоненти та їхні функції, такі як автоматизоване робоче місце з панеллю оператора, програмовані логічні контролери, датчики та виконавчі механізми. Наголошується на перевагах використання обладнання Siemens, таких як підвищена надійність, висока продуктивність, простота в управлінні, розширені можливості інтеграції та економічна ефективність.

3.1 Комп'ютер Siemens SIMATIC IPC627D

На насосних станціях часто використовуються обладнання фірми Siemens SIMATIC, оскільки вона спеціалізується на системах водопостачання та вважається найбільш надійною в цій галузі. Системи управління від Siemens SIMATIC забезпечують підвищену надійність і продуктивність, спрощений доступ до корисних даних і розширені можливості управління водопостачанням.

Для реалізації системи управління насосною станцією використовується Siemens SIMATIC IPC627D, який забезпечує високу продуктивність і надійність при роботі з великою кількістю даних у реальному часі. Основні компоненти системи включають:

					<i>СУз-03-2с.151.03ПЗ</i>	Арк.
						28
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1. Автоматизоване робоче місце (АРМ) з панеллю оператора та промисловим комп'ютером Siemens SIMATIC IPC627D (рис. 3.1), що дозволяє оператору відстежувати та керувати роботою насосної станції в реальному часі.

2. Програмовані логічні контролери (ПЛК) фірми Siemens, які забезпечують управління насосами та іншими виконавчими механізмами на станції.

3. Датчики та виконавчі механізми, що використовуються для збору даних та виконання команд управління.

Особливості та переваги системи Siemens SIMATIC:

- Підвищена надійність: обладнання Siemens відоме своєю високою надійністю та стійкістю до несприятливих умов експлуатації, що забезпечує безперебійну роботу насосної станції навіть у важких умовах.

- Висока продуктивність: промисловий комп'ютер Siemens SIMATIC IPC627D забезпечує обробку великого обсягу даних у реальному часі, що дозволяє швидко реагувати на зміни в роботі системи.

- Простота в управлінні: панель оператора та автоматизоване робоче місце дозволяють легко контролювати та керувати всіма аспектами роботи насосної станції, надаючи оператору зручний інтерфейс для моніторингу та управління.

- Розширені можливості інтеграції: системи Siemens SIMATIC легко інтегруються з іншими системами управління та обладнанням, що дозволяє створити комплексну систему управління водопостачанням.

- Збір та аналіз даних: датчики та виконавчі механізми збирають дані про всі ключові параметри роботи станції, що дозволяє здійснювати детальний аналіз та приймати обґрунтовані рішення для оптимізації роботи системи.

- Економічна ефективність: використання високоякісного обладнання Siemens допомагає знижувати енергоспоживання та експлуатаційні витрати, що робить систему економічно вигідною у довгостроковій перспективі.

									Арк.
									29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУЗ-03-2с.151.03ПЗ				

- Гнучкість у налаштуваннях: програмовані логічні контролери дозволяють адаптувати систему управління під конкретні потреби та вимоги насосної станції, забезпечуючи гнучкість у налаштуваннях.

Впровадження системи управління від Siemens SIMATIC на насосних станціях значно підвищує ефективність та надійність водопостачання, забезпечуючи безперебійну роботу та високу якість обслуговування споживачів.

Впровадження системи управління від Siemens SIMATIC на насосних станціях значно підвищує ефективність і надійність водопостачання, забезпечуючи безперебійну роботу і високу якість обслуговування споживачів.

Завдяки використанню передових технологій автоматизації та контролю, системи Siemens SIMATIC дозволяють оперативно реагувати на зміни в потребах водоспоживання, забезпечуючи оптимальні параметри роботи насосів.

Це сприяє зниженню енергоспоживання, мінімізації експлуатаційних витрат та збільшенню терміну служби обладнання. Крім того, інтеграція з сучасними системами моніторингу та аналізу даних дозволяє виявляти та усувати потенційні проблеми на ранніх стадіях, запобігаючи аварійним ситуаціям та забезпечуючи стабільну подачу води споживачам. В результаті, такі рішення не тільки покращують загальну продуктивність насосної станції, але й підвищують рівень задоволеності користувачів якістю водопостачання.

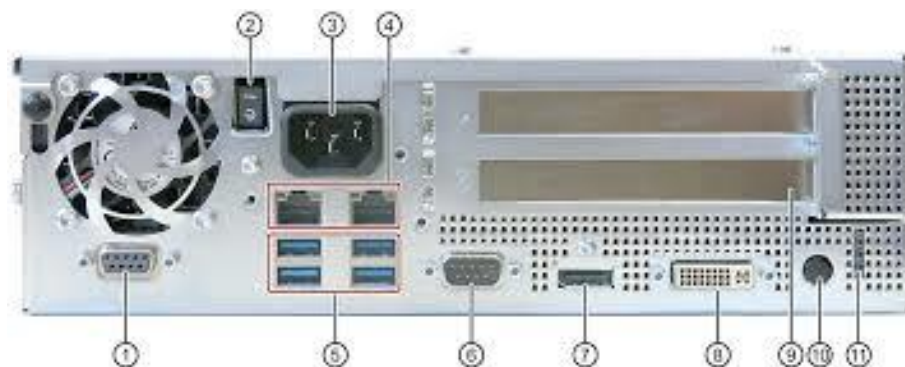


Рисунок 3.1 – Siemens SIMATIC IPC627D

						CUз-03-2с.151.03ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			30

1) Вентилятор охолодження: забезпечує охолодження внутрішніх компонентів комп'ютера для запобігання перегріву.

2) Роз'єм живлення: для підключення кабелю живлення комп'ютера.

3) Тумблер включення/вимикання живлення: для ручного включення або вимикання живлення комп'ютера.

4) Порти USB 3.0: використовуються для підключення периферійних пристроїв, таких як миші, клавіатури, зовнішні жорсткі диски тощо.

Послідовний порт (COM1): використовується для підключення пристроїв, що використовують послідовний зв'язок, таких як старі модеми або деякі промислові пристрої.

1) Порт VGA: для підключення монітора або іншого дисплея.

2) Порт DisplayPort: сучасний цифровий відеоінтерфейс для підключення моніторів з високою роздільною здатністю.

3) Порт DVI: цифровий відеоінтерфейс для підключення моніторів.

4) Роз'єм для аудіовиходу: для підключення навушників або зовнішніх динаміків. Роз'єм для мікрофона: для підключення зовнішнього мікрофона.

5) Порти Ethernet: для підключення до мережі через кабель Ethernet, забезпечують високошвидкісний мережевий зв'язок.

3.2 Комунікаційна плата CB 1241 RS485

Комунікаційна плата CB 1241 RS485, призначена для серійного обміну даними через точкове підключення, використовується для підключення до таких пристроїв, як:

- Системи автоматизації SIMATIC S7: забезпечує зв'язок з іншими системами автоматизації.

					СУз-03-2с.151.03ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

- Принтери, роботизовані контролери: підтримує зв'язок з різноманітними пристроями через стандартні протоколи.

- Модеми, сканери, зчитувачі штрих-кодів: підтримує серійний обмін даними з цими пристроями.

Плата CB 1241 підтримує такі протоколи:

- ASCII: для інтерфейсу з сторонніми системами через прості протоколи передачі.

- Modbus RTU: для майстер-слейв інтерфейсу з протоколом Modbus.

- USS Drive Protocol: спеціально для зв'язку з приводами, що використовують USS протокол.

Комунікаційна плата CB 1241 RS485 призначена для швидкого та високопродуктивного серійного обміну даними через точкове підключення.

На рис 3.2 видно кілька основних портів та роз'ємів.



Рис 3.2 Комунікаційна плата CB 1241 RS485

1. Термінальний блок (Terminal block):

- Використовується для підключення до різних пристроїв, таких як системи автоматизації SIMATIC S7, принтери, роботизовані контролери, модеми, сканери, зчитувачі штрих-кодів тощо.

- Забезпечує надійне електричне з'єднання для передачі даних через RS485 інтерфейс.

					СУЗ-03-2с.151.03ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

2. Світлодіодні індикатори (LED indicators):

- Індикація стану роботи плати та передачі даних. Світлодіоди можуть показувати, чи активне з'єднання, чи передаються дані, чи виникають помилки.

- Дозволяє візуально контролювати статус роботи плати без необхідності підключення до комп'ютера.

3. Комунікаційний порт RS485 (RS485 communication port):

- Основний порт для серійного обміну даними.

- Підтримує стандартні протоколи, такі як ASCII, Modbus RTU та USS drive protocol, що дозволяє використовувати плату для різноманітних застосувань.

- Забезпечує швидкий та надійний обмін даними між пристроями.

4. Кріплення для монтажу (Mounting fixtures):

- Забезпечує надійне кріплення плати до корпусу контролера або інше місце установки.

- Дозволяє швидко і зручно замінити плату при необхідності.

					<i>СУз-03-2с.151.03ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

РОЗДІЛ 4

ВИБІР ТА ОПИС ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

У цьому розділі представлено функціональну схему автоматизації підвищувальної насосної станції та її складові частини. Описуються компоненти системи, їхні функції та зв'язки між ними. Розглядаються інформаційні та матеріальні потоки, які забезпечують ефективну взаємодію між різними елементами системи. Пояснюється, як контролер Siemens Simatic S7-1200 отримує дані від датчиків, обробляє їх і керує виконавчими механізмами для підтримання стабільної роботи системи. Описується схема інформаційно-матеріальних потоків, яка відображає взаємодію між компонентами системи, включаючи сигнали та дані від датчиків і командні сигнали на виконавчі механізми. Наводиться графічне зображення схеми, яке показує взаємозв'язки між основними компонентами системи автоматизації.

4.1 Функціональна схема та її складові

Функціональна схема автоматизації підвищувальної насосної станції водопостачання включає кілька основних блоків, кожен з яких відповідає за певні функції та взаємодіє з іншими компонентами для забезпечення стабільної та ефективної роботи системи.

Перший блок – це блок підвищувальних насосів, який включає основні і резервні насоси. Ці насоси забезпечують необхідний тиск для подачі води на верхні поверхи будівлі. Робота насосів регулюється контролером Siemens S7-1200, який отримує сигнали від датчиків тиску, рівня води та температури. Основні насоси працюють постійно, а резервні насоси включаються в разі збільшення потреби у воді або в аварійних ситуаціях.

					СУз-03-2с.151.03ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Другий блок – це блок датчиків і сенсорів, який включає датчики тиску, рівня води та температури. Датчики тиску встановлені на вході та виході насосів для моніторингу тиску води в системі. Датчики рівня води контролюють рівень води в резервуарах, а температурні датчики стежать за температурою води. Всі ці датчики передають сигнали на контролер, який аналізує отриману інформацію та приймає відповідні рішення для управління насосами та іншими компонентами системи.

Третій блок – це контролер управління Siemens S7-1200, який є основним елементом системи автоматизації. Контролер приймає і обробляє сигнали від датчиків, керує роботою насосів, регулює їх продуктивність за допомогою частотних перетворювачів і забезпечує аварійну сигналізацію у разі виникнення нестандартних ситуацій.

Контролер також взаємодіє з НМІ панеллю, на яку виводяться всі основні параметри роботи системи та через яку оператор може здійснювати ручне управління.

Четвертий блок – це блок виконавчих механізмів, який включає електромагнітні клапани та контактори. Електромагнітні клапани керують потоком води в системі, відкриваючи або закриваючи подачу води за сигналом від контролера. Контактори, у свою чергу, вмикають або вимикають електричні ланцюги, які живлять насоси. Це дозволяє автоматично регулювати роботу насосів залежно від поточних умов в системі.

П'ятий блок – це НМІ панель, яка забезпечує інтерфейс для взаємодії оператора з системою. На панелі відображаються всі основні параметри роботи насосної станції, такі як тиск, рівень води, температура, а також статус роботи насосів і виконавчих механізмів. Оператор може вручну коригувати налаштування системи, запускати або зупиняти насоси, а також реагувати на аварійні сигнали.

					<i>СУЗ-03-2с.151.03ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Взаємодія між цими блоками забезпечує ефективне і стабільне управління підвищувальною насосною станцією водопостачання, забезпечуючи необхідний тиск води на всіх поверхах будівлі, оптимізуючи використання енергоресурсів та підвищуючи загальну надійність системи.

Схема представлена у Додатку А

4.2 Схема інформаційно-матеріальних потоків та її складові

Схема інформаційно-матеріальних потоків підвищувальної насосної станції відображає взаємодію між різними компонентами системи, зокрема інформаційні потоки (сигнали та дані) та матеріальні потоки (вода). Нижче наведено опис складових частин схеми та їхні позначення, а також зв'язки між ними.

Опис потоків між компонентами:

- Інформаційні потоки:
 - PLC отримує дані про тиск від датчика тиску (РТ).
 - PLC отримує дані про рівень води від датчика рівня (LT).
 - PLC отримує дані про температуру води від датчика температури (ТТ).
 - PLC передає команди на частотно-регульований привод (VFD) для регулювання швидкості насосів.
 - PLC передає команди на електромагнітний клапан (EV) для регулювання потоку води.
 - PLC передає команди на контактор (КМ) для вмикання та вимикання насосів.
 - PLC передає дані на панель оператора (НМІ) для відображення та отримує команди від оператора.
- Матеріальні потоки:

									Арк.
									37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				СУз-03-2с.151.03ПЗ	

- Вода надходить у систему, де її тиск, рівень та температура вимірюються відповідними датчиками.

- Електромагнітний клапан (EV) регулює потік води у системі, відкриваючись або закриваючись за командами від PLC.

- Насоси, керовані частотно-регульованим приводом (VFD) та контакторами (KM), забезпечують переміщення води по системі.

Графічне зображення представлено у Додатку Б

- Сині лінії показують інформаційні потоки, що йдуть від датчиків (PT, LT, TT) до контролера (PLC), а також команди, які PLC передає до виконавчих механізмів (VFD, EV, KM) та панелі оператора (HMI).

- Зелені лінії показують матеріальні потоки води, що проходять через систему під контролем виконавчих механізмів (KM, VFD, EV).

4.3 Принципово-електрична схема та її складові

Функціональна схема автоматизації підвищувальної насосної станції водопостачання включає кілька основних блоків, кожен з яких виконує певні функції та забезпечує ефективну роботу системи в цілому. Основним елементом є контролер Siemens Simatic S7-1200, який здійснює обробку сигналів від різних датчиків та керує виконавчими механізмами.

Контролер отримує дані від датчиків тиску, рівня та температури води. Ці датчики встановлені на критичних точках системи для постійного моніторингу параметрів роботи насосної станції.

Датчики тиску вимірюють тиск води в трубопроводах і передають сигнали на контролер, який у разі необхідності може включати або вимикати насоси для підтримання стабільного тиску.

									Арк.
									38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Датчики рівня води контролюють кількість води в резервуарах і передають дані на контролер, який регулює роботу насосів для запобігання переповненню або зниженню рівня води нижче критичного.

Температурні датчики вимірюють температуру води і передають інформацію на контролер для коригування режимів роботи насосної станції та запобігання перегріву або переохолодження води.

Система також включає частотно-регульовані приводи, які регулюють швидкість обертання насосних двигунів залежно від потреб системи. Це дозволяє оптимізувати енергоспоживання та підвищити ефективність роботи насосів. Виконавчі механізми, такі як електромагнітні клапани та контактори, керують потоком води та електроживленням насосів відповідно до команд контролера.

Інтерфейс оператора забезпечує моніторинг та управління системою в режимі реального часу. Оператор може бачити поточні параметри системи, отримувати аварійні повідомлення та здійснювати ручне управління у разі необхідності. Система працює у трьох режимах: автоматичному, дистанційному та ручному, що забезпечує гнучкість та надійність управління підвищувальною насосною станцією водопостачання.

Принципово-електрична схема показана у Додатку В

					<i>СУЗ-03-2с.151.03ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

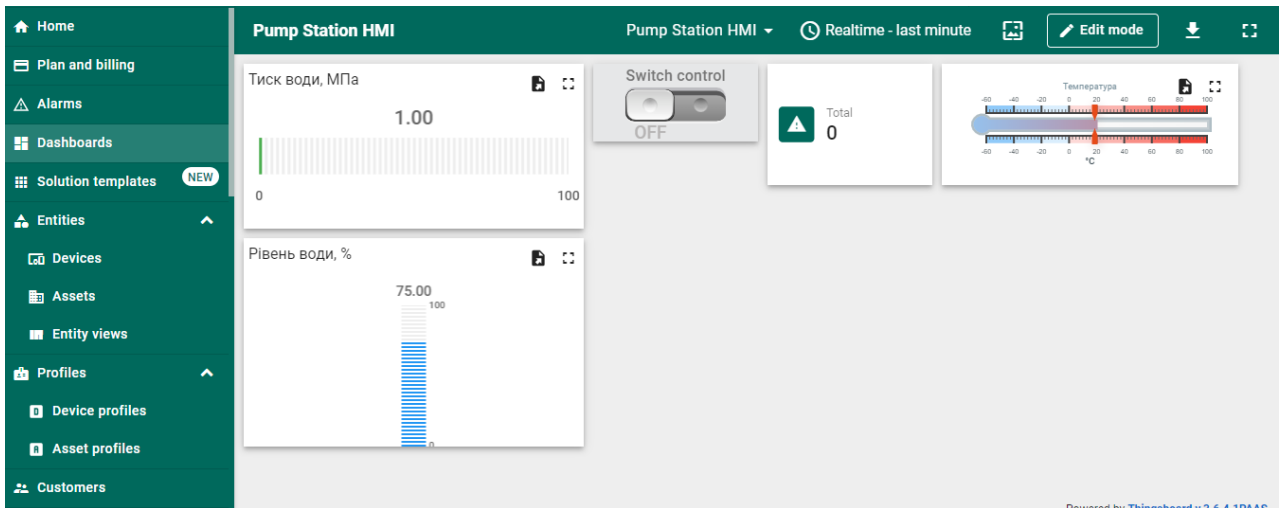
РОЗДІЛ 5

СТВОРЕННЯ ТА ОПИС ДІЇ ІНТЕРФЕЙСУ КОНТРОЛЕРА НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ

5.1 Опис дії інтерфейсу контролера насосної станції:

Інтерфейс контролера насосної станції реалізований на платформі ThingsBoard дозволяє оператору моніторити стан насосів та сигналізацію у режимі реального часу. Основними елементами інтерфейсу є панель управління, яка включає в себе віджети для відображення та контролю стану насосів, а також системи тривоги.

Панель управління



На панелі управління відображаються два основні показники:

1. Стан насосів (Pump Status) :

- Віджет "Switch Control" дозволяє відобразити поточний стан насосів (ввімкнені чи вимкнені).

- Оператор може змінювати стан насосів, використовуючи цей віджет.

- Інтерфейс автоматично оновлюється для відображення актуального стану.

2. Сигналізація (Alarm Status) :

- Віджет "Indicator" змінює колір у разі активації тривоги.

					<i>СУЗ-03-2с.151.03ПЗ</i>	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Якщо параметри, такі як тиск води, виходять за межі встановлених норм, інтерфейс відобразить сигнал тривоги.

- Це допомагає оператору швидко реагувати на аварійні ситуації.

Правила (Rule Chains) автоматизують обробку даних телеметрії та генерують тривоги у разі потреби:

1. Фільтрація повідомлень телеметрії :

- Використовується вузол "Message type filter" для обробки повідомлень типу "Post telemetry".

2. Перевірка значення тиску :

- Використовується вузол "Script", який аналізує отримані дані.

- Якщо тиск води виходить за межі допустимих значень (менше 0.5 або більше 1.5 МПа), скрипт генерує сигнал тривоги.

3. Створення тривоги :

- Використовується вузол "Create alarm", який активується у разі виходу параметрів за межі норми.

4. Відправка сповіщення оператору :

- Використовується вузол "Send email", який відправляє електронне повідомлення оператору про активацію тривоги.

Цей інтерфейс забезпечує ефективний моніторинг та контроль за станом насосної станції, дозволяючи оператору оперативно реагувати на будь-які відхилення в роботі системи.

5.2 Створення інтерфейсу контролера насосної станції в ThingsBoard

Для створення інтерфейсу контролера насосної станції в ThingsBoard спочатку потрібно налаштувати телеметрію. У розділі "Devices" створюємо новий пристрій з ім'ям "Контролер Насосної Станції". Після створення пристрою переходимо до вкладки "Latest Telemetry" і додаємо нові ключі

									Арк.
									41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				СУЗ-03-2с.151.03ПЗ	

телеметрії для параметрів "Pump Status" і "Alarm Status". Обираємо тип "Boolean" для цих параметрів.

Після налаштування телеметрії переходимо до створення панелі (Dashboard). У розділі "Dashboards" створюємо нову панель з назвою "Pump Station HMI". Додаємо на панель віджети для відображення статусу насосів і сигналізації.

Для відображення статусу насосів додаємо віджет типу "Switch Control". У налаштуваннях віджета обираємо тип даних "Entity" і створюємо новий alias для пристрою "Контролер Насосної Станції". У полі "Data key" вручну вводимо "PumpStatus". Для налаштування RPC використовуємо метод "setValue".

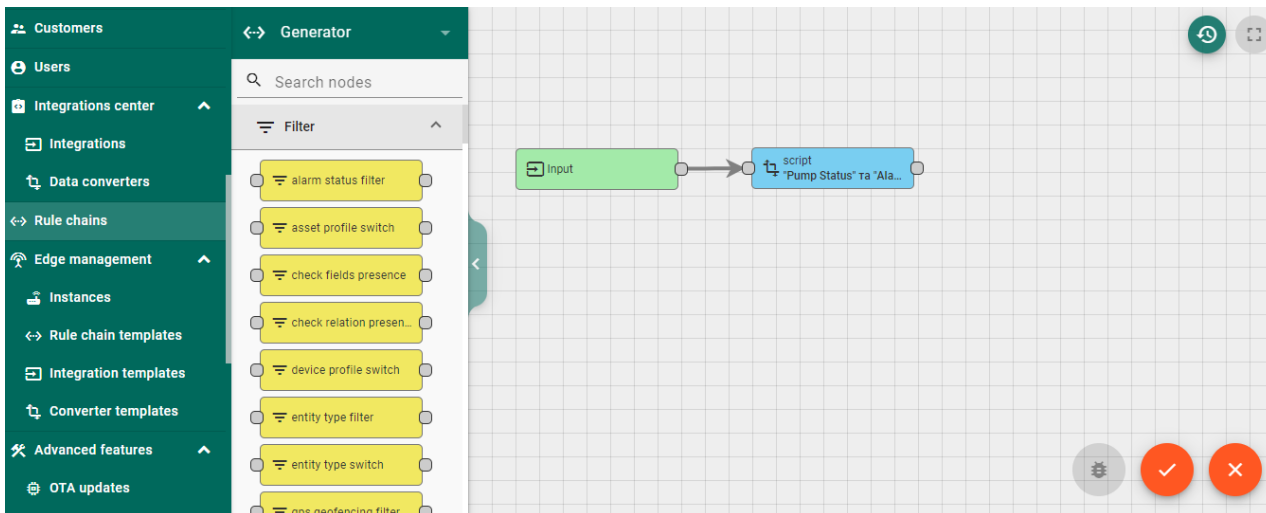
Для відображення статусу сигналізації додаємо віджет типу "Indicator". У налаштуваннях віджета також обираємо тип даних "Entity" і використовуємо створений alias для пристрою "Контролер Насосної Станції". У полі "Data key" вводимо "AlarmStatus". Налаштовуємо індикатор так, щоб він змінював колір при активації тривоги.

Після додавання віджетів зберігаємо налаштування панелі. Тепер панель управління повинна відображати поточний статус насосів і сигналізації у реальному часі.

Цей інтерфейс дозволяє оператору легко контролювати стан насосів і оперативно реагувати на тривожні ситуації, що виникають на насосній станції.

Для створення правил (Rule Chains) у ThingsBoard, які будуть керувати поведінкою вашої системи на основі отриманих даних телеметрії, потрібно виконати наступні кроки.

1. Перейдіть до розділу "Rule Chains" у меню.



Генерація даних для статусу насосів та сигналізації

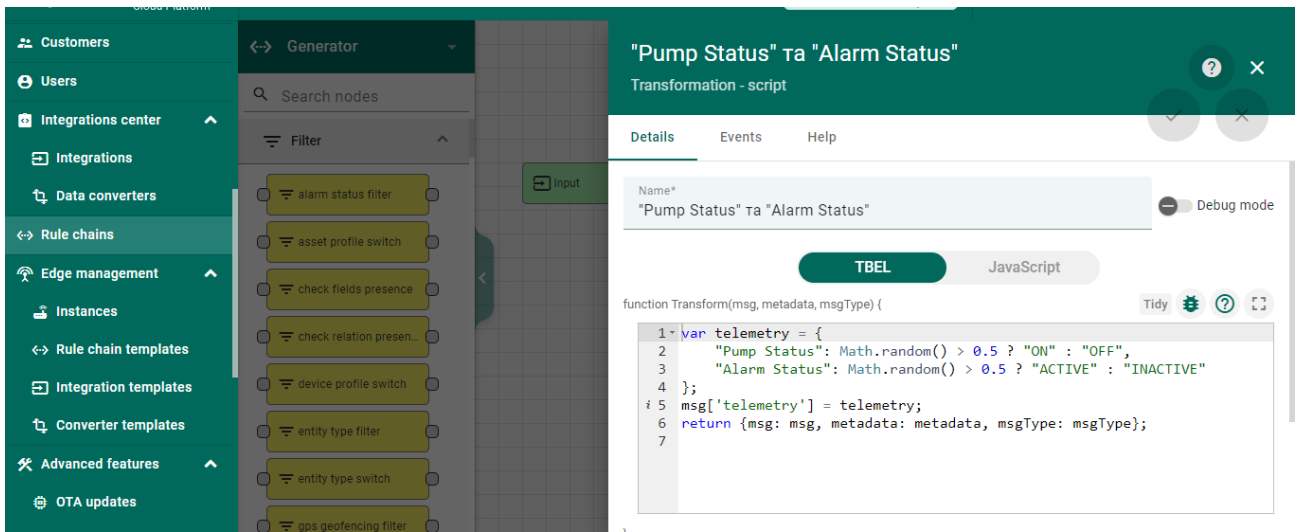
2. Натисніть на значок "+" для створення нового ланцюга правил і дайте йому назву, наприклад, "Pressure Alert".

3. Додайте новий вузол типу "Message type filter" для фільтрації повідомлень телеметрії. Назвіть вузол, наприклад, "Telemetry Filter", і оберіть типи повідомлень "Post telemetry".

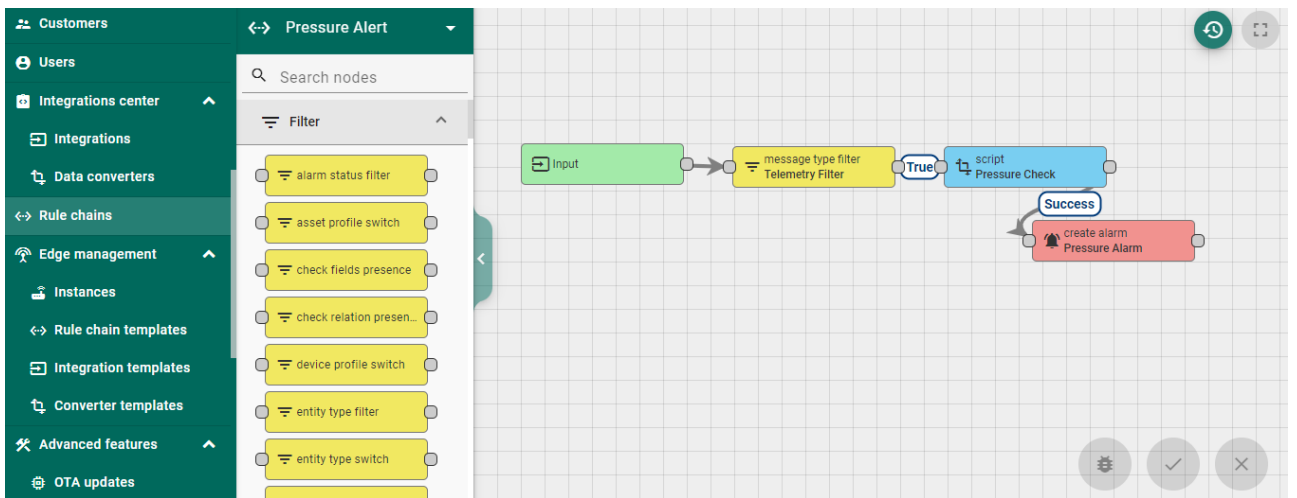
4. Після фільтрації додайте новий вузол типу "Script" для перевірки значення тиску. Вставте наступний код у редактор скриптів:

```
````javascript
var pressure = parseFloat(msg['WaterPressure']);

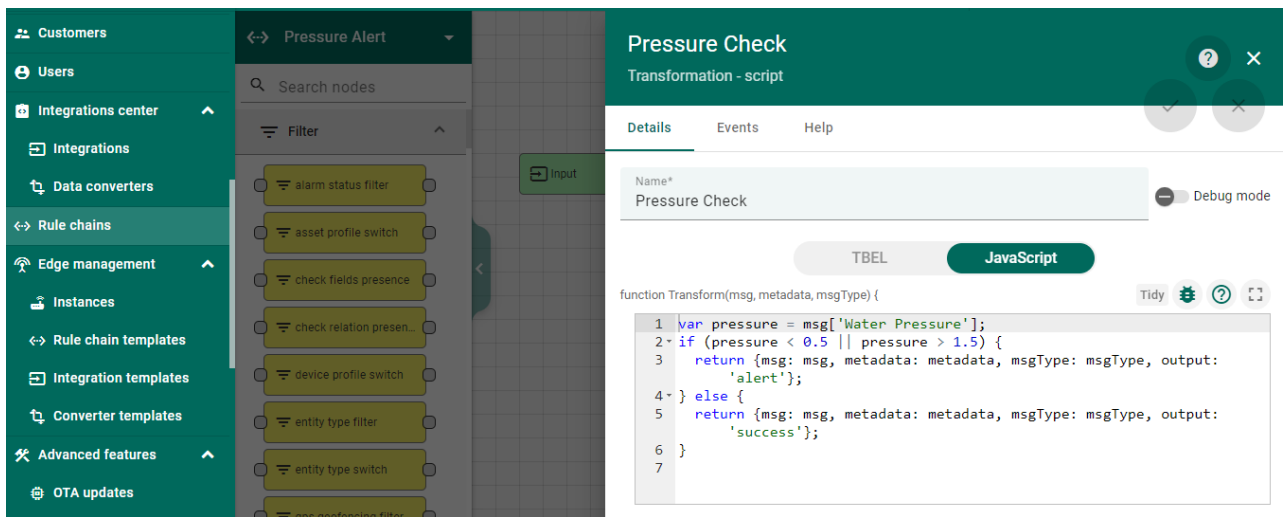
if (pressure < 0.5 || pressure > 1.5) {
 return {msg: msg, metadata: metadata, msgType: msgType, output:
'alarm'};
} else {
 return {msg: msg, metadata: metadata, msgType: msgType, output: 'ok'};
}
```



5. Додайте новий вузол типу "Create alarm" для створення тривоги, якщо значення тиску виходить за межі норми. Назвіть вузол "Pressure Alarm".



6. Налаштуйте зв'язки між вузлами, щоб фільтрувати повідомлення, перевіряти значення тиску і створювати тривоги в разі необхідності.



## Вимоги сигналізації

7. Збережіть зміни і активуйте новий ланцюг правил.

Ці кроки допоможуть створити ефективну систему моніторингу тиску у вашій насосній станції з автоматичним створенням тривоги у разі виходу параметрів за межі допустимих значень.

												Арк.
												45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								

## ВИСНОВКИ

В процесі виконання кваліфікаційної роботи було проведено детальний аналіз і розробку системи автоматизації підвищувальної насосної станції для водопостачання двадцятиповерхового будинку. Розглянуто основні технічні аспекти, особливості та переваги впровадження автоматизованих систем управління, а також здійснено розрахунки вартості та економічної вигоди від впровадження такої системи.

Результати дослідження показали, що використання сучасних технологій автоматизації, таких як програмовані логічні контролери (ПЛК) і частотно-регульовані приводи (ЧРП), дозволяє значно підвищити ефективність роботи насосної станції. Завдяки точному регулюванню роботи насосів та оптимізації режимів їх роботи знижується енергоспоживання, підвищується надійність і безпека експлуатації, а також зменшуються витрати на технічне обслуговування.

Економічний аналіз показав, що впровадження системи автоматизації дозволяє зекономити до 15% витрат на енергію, знизити витрати на технічне обслуговування на 20%, а також підвищити продуктивність системи, що призводить до додаткових доходів. Загальна економічна вигода від впровадження системи автоматизації становить 45000 грн на рік, що дозволяє окупити інвестиції у систему протягом приблизно 1,75 року.

Таким чином, розробка і впровадження автоматизованої системи управління підвищувальною насосною станцією є доцільним та економічно вигідним рішенням, яке сприяє підвищенню якості водопостачання, забезпеченню стабільної роботи системи та покращенню комфорту мешканців багатоповерхових будинків.

					СУЗ-03-2с.151.03ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Босий, М. В. (2022). ТЕПЛОВІ НАСОСИ ДЛЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ТА ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ АГРОПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Mechanization and Automation of Production Processes*, (2(48)), 3–8. <https://doi.org/10.32845/msnau.2022.2.1>
2. Васько, П. Ф., Пазич, С. Т., & Бриль, А. О. (2020). ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІТРОГІДРОНАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ЗНАЧНОЇ ПОТУЖНОСТІ. *Vidnovluvana energetika*, (4(63)), 69–79. [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2020.4\(63\).69-79](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2020.4(63).69-79)
3. Гбур, З., & Крилова, І. (2019). ВПЛИВ РОЗВИТКУ ВОДОПОСТАЧАННЯ НА ЯКІСТЬ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ. *Public management*, 19(4), 57–79. [https://doi.org/10.32689/2617-2224-2019-4\(19\)-57-79](https://doi.org/10.32689/2617-2224-2019-4(19)-57-79)
4. Кисельов, В. Б. (2014). Математичне та алгоритмічне забезпечення автоматизованого управління насосною станцією системи водопостачання. *Адаптивні системи автоматичного управління*, 1(24), 28–32. <https://doi.org/10.20535/1560-8956.24.2014.38181>
5. Миронюк, Т. В., & Римар, Є. П. (2020). АВТОМАТИЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ ВОДНИМИ МІКРОЕКОСИСТЕМАМИ. *Вісник Черкаського державного технологічного університету*, (2), 14–20. <https://doi.org/10.24025/2306-4412.2.2020.197278>
6. Мовчан, С. І. (2019). ALGORITHM OF THE SIMULATION MODEL OF FUNCTIONING OF A PUMPING STATION OF PUMPING OF IRRIGATION RECYCLING. *Proceedings of the Tavria State Agrotechnological University*, 19(4), 245–252. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-19-4-245-252>

					СУЗ-03-2с.151.03ПЗ	Арк. 47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Морнева, М. О., Голубева, С. М., & Торопов, А. С. (2021). Цифрові системи автоматичного керування в мехатронних системах. *ВІСНИК СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ імені Володимира Даля*, (5 (269)), 20–23. <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2021-269-5-20-23>

8. Ткаченко, С. Г. (2008). Системи автоматичного керування з еталонном-спостерігачем. *Адаптивні системи автоматичного управління*, 1(12), 145–151. <https://doi.org/10.20535/1560-8956.12.2008.34155>

9. Щиборовська, М., Бабаджанова, О., & Пузанова, А. (2021). ФАКТОРИ НЕБЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГАЗОКОМПРЕСОРНОЇ СТАНЦІЇ. *ГРААЛЬ НАУКИ*, 222–227. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.19.11.2021.042>

10. Vosi, M. V. (2022). ТЕПЛОВІ НАСОСИ ДЛЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ТА ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВ МАШИНОБУДУВАННЯ. *Transport development*, (3(14)), 69–82. <https://doi.org/10.33082/td.2022.3-14.06>

11. *Communication board Siemens CB 1241 - 6ES7241-1CH30-1XB0*. (б. д.). Automation24 – Your online-shop for automation technology! <https://www.automation24.biz/communication-board-siemens-cb-1241-6es7241-1ch30-1xb0>

12. Davydenko, L., & Davydenko, N. (2019). MODELING OF POWER CONSUMPTION OF WATER SUPPLY PUMPINGSTATION. *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, 1, 20–26. <https://doi.org/10.30929/1995-0519.2019.1.20-26>

13. Ladaniuk, A., Lutska, N., Kyshenko, V., Smitiukh, I., & Shumyhai, D. (2017). COMPLEXATION OF CONTROL THEORY METHODS IN AUTOMATION SYSTEMS FOR TECHNOLOGICAL PLANTS. PART 2. EXAMPLES. *Scientific Works of National University of Food Technologies*, 23(6), 7–20. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2017-23-6-3>

						СУЗ-03-2с.151.03ПЗ	Арк. 48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

14. Ladaniuk, A., Lutska, N., Kyshenko, V., Smitiukh, Y., & Shumyhai, D. (2017). COMPLEXATION OF CONTROL THEORY METHODS IN AUTOMATION SYSTEMS FOR TECHNOLOGICAL PLANTS. PART 1. COMMON TERMS. *Scientific Works of National University of Food Technologies*, 23(4), 7–15. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2017-23-4-3>

15. Matyakh, S., Surzhyk, T., & Rieztsov, V. (2020). ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ СОНЯЧНОГО ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ. *Vidnovluvana energetika*, (1(60)), 17–22. [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2020.1\(60\).17-22](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2020.1(60).17-22)

16. Romaschenko, M., Popov, V., Targonij, M., Shlihta, V., Strokon, D., Govgera, V., Vojtovych, I., Matiash, T., & Jatsiuk, M. (2022). Assessment of technical condition and determination of energy characteristics of pumping units of the main pumping station of the Lower Dniester irrigation system. *Visnyk agrarnoi nauky*, 100(10), 37–48. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202210-05>

17. S-CONNECT - Siemens SIMATIC IPC627D. (б. д.). S-CONNECT Benelux B.V. [https://www.s-connect-benelux.com/zeige\\_produkt.php?produkt\\_id=5216](https://www.s-connect-benelux.com/zeige_produkt.php?produkt_id=5216)

18. Telychko, H., Romanenkov, D., Kariev, B., & Rogozhyn, A. (2022). DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC WATER SUPPLY CONTROL SYSTEM FOR A REMOTE VILLAGE. *Naukovyi visnyk Donetskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu*, (1-2), 119–127. [https://doi.org/10.31474/2415-7902-2022-1\(8\)-2\(9\)-119-127](https://doi.org/10.31474/2415-7902-2022-1(8)-2(9)-119-127)

19. Zakharchenko, P. V., Reva, V. I., Chyrych, V. Z., Chubenko, D. A., Isylenko, S. A., & Kosharnyi, I. I. (2015a). ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИРОБІВ ДЛЯ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ В УКРАЇНІ. *Кераміка: наука і життя*, (2(27)), 46. <https://doi.org/10.26909/csl.2.2015.8>

20. Zakharchenko, P. V., Reva, V. I., Chyrych, V. Z., Chubenko, D. A., Isylenko, S. A., & Kosharnyi, I. I. (2015b). ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЧНИХ

						СУз-03-2с.151.03ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			49

ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИРОБІВ ДЛЯ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА  
ВОДОВІДВЕДЕННЯ В УКРАЇНІ. *Кераміка: наука і життя*, (2(27)),  
46. <https://doi.org/10.26909/csl.2.2015.8>

					СУз-03-2с.151.03ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



