

\_\_\_\_\_,  
\_\_\_\_\_,  
\_\_\_\_\_

«                    »

«                    »

\_\_\_\_\_  
(                    )

\_\_\_\_\_  
(                    )

«                    » \_\_\_\_\_ 2020 .

«                    » \_\_\_\_\_ 2020 .

*151* «                    ,                    -                    )                    »

: \_\_\_\_\_

:                    2 ,                    -2 (                    вгеній Анатолійович )

рослав олодимирович                    \_\_\_\_\_  
(                    )                    (                    )

\_\_\_\_\_  
(                    )                    (                    )

\_\_\_\_\_  
(                    )                    (                    )

Мухіна Катерина Євгенівна                    \_\_\_\_\_  
(                    )                    (                    )

,

\_\_\_\_\_  
(                    )

# Національний університет харчових технологій

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

Освітній ступінь «Бакалавр»

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

Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

І.В.Ельперін

«27» квітня 2020 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Гончаренко Євгеній Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка системи автоматизації водопостачання хлібзаводу

керівник роботи Смітюх Ярослав Володимирович, к.т.н., доц.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 27 » квітня 2020 р. № 270-к

2. Строк подання здобувачем роботи « 11 » червня 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи

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

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

Вступ. 1. Опис об'єкта автоматизації. 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації. 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації. 2. Система автоматизації. 2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО). 2.2. Схема автоматизації. 2.3. Специфікація засобів автоматизації. 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення. 3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК). 3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру. 4. Креслення встановлення технічного засобу.

5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК). 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога. 6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI. 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора. 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання. 7.1. Постановка задачі дослідження. 7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі. 7.3. Моделювання САР. 7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.

5. Перелік графічного матеріалу

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

3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 27.04.2020р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач Гончаренко Є.А.

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник роботи Смітюх Я.В.

\_\_\_\_\_ (підпис)

## АНОТАЦІЯ

В кваліфікаційній роботі розглядається водопостачання хлібозаводу.

В кваліфікаційній роботі наведено характеристику хлібозаводу як складного енергетичного комплексу, проведено аналіз систем водопостачання підприємства та їх диспетчеризація. Розроблені завдання на систему автоматизації, схема автоматизації, підключення датчиків та виконавчих механізмів до контролера Modicon M340, наведена специфікація приладів та засобів автоматизації. Показано монтаж гідростатичного рівнеміра APR-2200. Розроблена розширена схема підключення датчика тиску PTL-16-A через ІТМ-110.

Розроблено алгоритм і програму для водопостачання, а саме подачі води на виробництво. Програма розроблена з використання мови функціональних блоків FBD. Дисплейна мнемосхема головного екрану водопостачання розроблена за допомогою SCADA-програми Vijeo Citect.

Проведено комп'ютерне моделювання системи на предмет дослідження різних типів регуляторів для системи водопостачання.

**Ключові слова:** *APR-2200, Vijeo Citect, M340.*

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

## ANNOTATION

The water supply of the bakery is considered in the qualification work.

The qualification work describes the bakery as a complex energy complex, analyzes the water supply systems of the enterprise and their scheduling. Tasks for the automation system, automation scheme, connection of sensors and actuators to the Modicon M340 controller are developed, the specification of devices and means of automation is given. Installation of the APR-2200 hydrostatic level gage is shown. The extended scheme of connection of the PTL-16-A pressure sensor through ITM-110 is developed.

An algorithm and program for water treatment, namely water supply for production, have been developed. The program is designed using the language of functional blocks FBD. The display mnemonic of the main water treatment screen was developed using the SCADA program Vijeo Citect.

Computer modeling of the system was carried out to study different types of regulators for the water treatment system.

**Keywords:** *APR-2200, Vijeo Citect, M340.*

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

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ	
1.1.Хлібозавод як складний енерготехнічний комплекс.....	9
1.2.Аналіз системи водопостачання промислового підприємства .....	13
1.3.Розробка завдання на систему автоматизації процесу водопостачання хлібозаводу .....	16
РОЗДІЛ 2. ОПИС СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВОДОПОСТАЧАННЯ ХЛІБОЗАВОДУ	
2.1.Автоматизація та диспетчеризація систем водопостачання підприємств .....	18
2.2. Вибір технічних засобів автоматизації для системи водопостачання хлібозаводу .....	23
2.3. Опис схеми автоматизації процесу водопостачання хлібозаводу ...	33
РОЗДІЛ 3. КОМПОНУВАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНОГО КОНТРОЛЕРА ВОДОПОСТАЧАННЯ ХЛІБОЗАВОДУ	
3.1.Схема компонування та специфікація ПЛК .....	37
3.2.Схеми підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК ....	48
3.3.Розширена схемі підключення для контуру вимірювання тиску подачі води .....	51
РОЗДІЛ 4. ОПИС СХЕМ ВСТАНОВЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ	
4.1.Інтелектуальний перетворювач різниці тисків APR – 2200 з дистанційними роздільниками .....	55
РОЗДІЛ 5. ОПИС СПЕЦІАЛЬНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	
5.1. Алгоритм та програма для контролера М340 процесу водопостачання хлібозаводу .....	62

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

РОЗДІЛ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора

6.1. Опис мнемосхеми оператора процесу водопостачання хлібозаводу... 68

РОЗДІЛ 7. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ  
АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

7.1. Визначення оптимальних налаштувань регулятора ..... 72

ВИСНОВКИ ..... 78

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ..... 79

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

## ВСТУП

Великого значення набуває вдосконалення систем водопостачання з використанням сучасного обладнання на всіх етапах технологічного процесу, для контролю та керування якими використовується сучасна обчислювальна техніка.

Типова система водопостачання складається з насосної станції, яка виконує забір води з джерела та перекачує воду, розподіленої мережі трубопроводів, запірної арматури, резервуарів та споживачів. Насосна станція обладнується станцією автоматичного керування насосним агрегатом з частотним перетворювачем, що здійснює стабілізацію тиску води у трубопроводі та забезпечує задану подачу води в залежності від характеру споживання.

Задачею систем водопостачання є забезпечення водою всіх споживачів з заданим тиском та об'ємом, при чому необхідно мінімізувати витоки води, навантаження на обладнання та знизити витрати енергії передачі та розподілення води.

Основним способом регулювання швидкості двигуна у сучасних системах керування асинхронними двигунами змінного струму є регулювання шляхом зміни частоти. Такий спосіб регулювання асинхронним двигуном називається частотним (система скалярного керування), а характер узгодження напруги і частоти – законом частотного регулювання. Для вимірювання тиску у трубопроводі застосовують датчики тиску: механічні манометри, реле тиску або перетворювачі тиску з вихідним сигналом по току або по напрузі. Засувки використовують для обмеження потоку у трубопроводі та ручного регулювання тиску. Для забезпечення заданих показників технологічного процесу системи водопостачання оснащують автоматизованими системами керування. До задач системи керування водопостачанням входять стабілізація тиску та подачі води, рівнів у резервуарах, які довільно змінюються під дією випадкових факторів, оптимізація режимів роботи насосних станцій (зменшення витрати енергії, збільшення моторесурсу та ін.), реакція на аварійні ситуації.

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

## РОЗДІЛ 1

### ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

#### 1.1. Хлібозавод як складний енерготехнічний комплекс

Нині в хлібопекарській промисловості України необхідна ефективна й грамотна політика модернізації галузі. Одним із таких напрямів є впровадження у виробництво нових енергоощадних і ресурсозберігальних технологій. Основою ефективності роботи хлібопекарського підприємства є якість продукції, мінімальний час виробничого циклу, а також зниження матеріальних, енергетичних і трудових витрат. На сьогодні, у зв'язку зі зростанням тарифів на енергоносії енергетична складова суттєво впливає на собівартість продукції. Одним зі шляхів підвищення ефективності виробництва є використання інтелектуальних систем управління, що уможливають швидко та ефективно реалізацію складних обчислювальних процедур енергоефективного керування при забезпеченні якості продукції. Ключовою передумовою для енергоефективного управління електротехнологічним комплексом хлібокомбінату є така техніко-економічна залежність: якщо енергетичні витрати хлібозаводу становлять 2,5 % від сукупних витрат, а його прибуток становить 5 % від обороту, то зниження енергетичних витрат на 10 % еквівалентно зростанню прибутку на 5%. Початковим етапом впровадження енергоефективних технологій на підприємствах хлібопекарської галузі є енергоаудит підприємства [1-3].

Основні етапи робіт енергетичного аудиту:

1. Збір та аналіз вихідних даних по об'єкту:

- договори енергопостачання; дані по основному енергетичному устаткуванню і режимах його роботи;
- дані з технологічного устаткування, технологічні карти;

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				
Розроб.		Гончаренко Є.А.			Розробка системи автоматизації водопостачання хлібзаводу	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Смітюх Я.В.						
Зав. каф.		Ельперін І.В.			НУХТ ЗАК-2-2ск			
Секр. ЕК.		Проскурка Є.С.						

- проекти модернізації та реконструкції;

- виробничий план підприємства.

2. Обстеження системи енергопостачання підприємства:

- Котельня підприємства, складання балансової схеми;

- система електропостачання підприємства, тепловізійна діагностика електрообладнання;

- система водопостачання підприємства, аналіз ефективності роботи насосних груп;

- система холодопостачання;

- система виробництва стисненого повітря;

- система вентиляції та кондиціонування;

- система освітлення виробничих цехів і адміністративних приміщень.

3. Обстеження електротехнологічного обладнання:

- обладнання для зберігання та підготовки борошна;

- обладнання для охолодження дріжджів і води;

- тістоприготувальні машини;

- розстійні шафи;

- хлібопекарські печі;

- комплекс охолодження і зберігання готової продукції.

4. Заключний етап – формується звітна документація за результатами проведеного енергетичного обстеження:

- звіт (пояснювальна записка) за результатами проведеного енергетичного обстеження; - енергетичний паспорт підприємства;

- комплект техніко-економічних обґрунтувань щодо підвищення енергетичної ефективності підприємства.

Типовий електротехнологічний комплекс хлібозаводу складається з основного електротехнологічного обладнання та системи енергопостачання підприємства (рис. 1.1). Провівши огляд літератури та проаналізувавши існуючі розробки з підвищення енергоефективності хлібокомбінату, можна зробити висновок, що підприємства намагаються частково чи повністю модернізувати

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

технологічне обладнання, впровадити автоматизовані системи управління хлібокомбінатом, вживають заходи економії енергоресурсів в технологічному процесі на вже існуючих апаратах. Однак існує низка факторів, які впливають на режими споживання електроенергії, теплової енергії інших енергоресурсів [1-3].



Рис. 1.1. Типовий електротехнологічний комплекс хлібозаводу

Врахування кількості факторів, ефективне управління процесами виробництва, прогнозування впливу на ефективність виробництва можливо при використанні інтелектуальних систем автоматизації. Проте не існує теорії і практики впровадження інтелектуальних систем управління енергоефективністю електротехнологічних комплексів хлібокомбінатів. Тільки інтелектуальні системи управління можуть якісно та оперативно виконувати функцію взаємодії електротехнологічних підсистем між собою, використовувати максимально ефективно потенціал системи в цілому та окремо кожної підсистеми. І в кожний конкретний момент часу, врахувавши особливості процесу виробництва, динаміку зовнішніх і внутрішніх факторів,

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

забезпечити стабільну якість продукції та економію енергоресурсів в умовах змінюваних параметрів об'єкта. Основними організаційно-економічними факторами, що впливають на собівартість і збут готової продукції є: організація управління, закупівля сировини та контроль за її витрачанням, енергоефективне управління виробничим процесом, а також необхідність швидко реагувати на змінювані умови роботи [1-3].

Аналізуючи процес випікання хліба з точки зору системного аналізу, відзначаємо наявність ознак, які характерні для складних систем:

- у цій системі виділяється структурна сукупність підсистем, які взаємодіють між собою;
- кожна із систем може входити як підсистема в більш складну, у свою чергу, підсистеми можуть представлятись як системи молодшого рангу;
- складні системи взаємодіють із зовнішнім середовищем також як одне ціле;
- процес функціонування складних систем включає різні аспекти (перетворення речовини, енергії, інформації);
- ефективність діяльності системи може оцінюватись як співвідношення результатів перетворення сировини в готову продукцію або ступінь зменшення невизначеності або зменшення складності проблеми;
- мета функціонування складних систем управління полягає в підтриманні оптимальних режимів та адаптації до змінюваного зовнішнього середовища;
- процес функціонування складних систем управління – це сукупність процесів основного призначення та допоміжних (адаптація, розвиток, реконфігурація та ін.);
- у складних системах процеси управління реалізуються як із використанням зворотних зв'язків, так і з формуванням комплексу цілей, кожна з яких розв'язується своїм методом;
- у складних системах управління на кожному з етапів має свої особливості (збір інформації, її аналіз, вироблення управляючих дій, реалізація).

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

Технологічні передумови створення інтелектуальної системи управління виробництвом хлібокомбінату:

- нерозривність технологічної лінії;
- перспективи підвищення якості випічки – випічка хліба найвищої якості з мінімізацією трудомісткості;
- необхідність розширення асортименту хліба – можливість випічки різного асортименту хліба в окремих печах комплексу;
- економічність виробництва – можливість роботи тільки необхідної кількості печей залежно від вимог експедиції (асортименту);
- необхідність мінімізації енергетичних витрат [1-3].

## 1.2. Аналіз системи водопостачання промислового підприємства

Промислові підприємства є практично в кожному населеному пункті. Потреби підприємств у воді складаються з технологічних і господарсько-питних. Режим споживання води на технологічні потреби залежить від устаткування, технології виробництва та інших факторів і встановлюється технологами. Витрата води прямо пов'язана з організацією виробничого процесу - безперервного або періодичного [4-6].

Характерною особливістю промислового водопостачання є ті вимоги, що ставляться до води, яку споживають. Якість води може змінюватися від дуже забрудненої до надто чистої залежно від виду виробництва. Десять три чверті від усієї свіжої води, що споживають припадає на так звану технічну воду, тобто воду з джерела, що пройшла тільки грубу механічну очистку. Різні і вимоги до вільних напорів на вводах, які визначаються типом устаткування й установок, що використовують, висотою виробничих будівель. Велике значення має надійність подачі води, особливо для безперервних виробництв.

Вимоги виробничих споживачів до забезпечення їх водою (обсяги водоспоживання, вимоги до якості води й високі вимоги до надійності) обумовлюють особливий підхід до вибору насосного устаткування, джерела й системи водопостачання. Велика вартість систем водопостачання крупних

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

промислових підприємств викликає необхідність ретельного глибокого техніко-економічного аналізу можливих варіантів вирішення цієї проблеми для вибору оптимального варіанта. Для деяких крупних виробничих об'єктів потрібні настільки великі витрати води, що часто місцевих водних джерел виявляється недостатньо.

Промислові підприємства витрачають велику кількість води, а деякі підприємства вимагають навіть безперервної подачі води. Зі збільшенням потужності підприємств, використанням складних технологічних процесів потреби у воді збільшуються. Витрати води, що споживає промисловість, у десятки разів перевищують кількість води, що споживає населення [4-6].

Система водопостачання промислових підприємств являє собою комплекс споруд, устаткування і трубопроводів, що забезпечують забір води з природного джерела, очищення і її обробку, транспортування і подачу води споживачам необхідної кількості та якості. У системах технічного водопостачання передбачають також споруди й устаткування, необхідне для прийому відпрацьованої води й підготовки її для повторного використання.

На підприємствах у залежності від прийнятих технологій, виготовленої продукції, потужності, займаних площ може існувати декілька систем водопостачання. В цілому можна виділити такі системи водопостачання: виробничі, господарсько-питні й протипожежні. Господарсько-питна система подає воду для питних та інших потреб робітників і службовців протягом зміни, а також для прийняття душу протягом 45 хв. після закінчення зміни. Залежно від виду виробництва (холодні або гарячі цеха) в розрахунках встановлюють графік витрачання води протягом зміни. Якість води повинна відповідати вимогам "Вода питна".

Протипожежна система має подавати воду тільки під час пожежі з зовнішньої та внутрішньої мереж. Витрати води на пожежогасіння можуть бути великими, але це спостерігається дуже рідко. Використовувати можна воду як питної, так і іншої якості. Вимоги до якості води господарсько-питного призначення і води, що йде на технічні потреби (технічної води) різні. Тому на

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

більшості промислових підприємств споруджують окремі системи господарсько-питного й технічного водопостачання. Протипожежні потреби можна забезпечити водою з виробничого або господарсько-питного водопроводу. Якщо промислове підприємство розташоване на території міста, то виникає питання про можливість об'єднання його водопостачання з міським. Рішення залежить від необхідних витрат води, її якості, напору й ряду місцевих умов.

На промислових підприємствах у залежності від якості води, що воно використовує можна влаштовувати як об'єднані, так і окремі системи господарсько-питного, виробничого та протипожежного водопроводів. Протипожежний водопровід здебільшого об'єднують з господарсько-питним. На підприємствах з підвищеною небезпечністю влаштовують окремі протипожежні водопроводи. В разі потреби в якісній воді (кращій ніж питна) для якогось цеху можна робити локальні установки поліпшення якості води.

Іноді система виробничого водопостачання значно ускладнюється тим, що окремі виробничі споживачі, що входять до складу підприємства, пред'являють різні вимоги до якості води або до напору, під яким вона надходить. Тому доводиться споруджувати декілька систем виробничих водопроводів. Кількість і якість води для виробничих потреб залежать від характеру виробництва, схеми технологічних процесів, обладнання, що використовують, можливих джерел водопостачання. Звичайно, ці параметри задають технологи і вони можуть коливатися в дуже широких межах [4-6].

Різноманітні вимоги до якості води потребують навіть різних виробничих систем. Вимоги до якості води дуже часто визначають можливі схеми водопостачання. Виробнича система забезпечує водою тільки виробничі процеси. При цьому в залежності від типу виробництва на підприємстві можуть бути споживачі з різними вимогами до якості води.

Основними показниками, що визначають придатність води для різних категорій споживачів води є склад і концентрація домішок, що містяться в ній. За специфікою вимог до якості очищеної води розрізняють воду, що

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

використовують для господарсько-питних потреб робочих і службовців промислових підприємств, для охолодження елементів технологічних агрегатів, підживлення парових котлів, технологічних потреб промисловості та ін.

Якість і властивості води, що подають для виробничих потреб, встановлюють у кожному конкретному випадку в залежності від ролі води та вимог технологічного процесу виробництва з урахуванням сировини, що використовують.

Загальними є наступні вимоги до якості та властивостей технічної води:

1) вода не повинна бути шкідливою для здоров'я обслуговуючого персоналу;

2) не повинна погіршувати якість продукції;

3) не повинна викликати корозії;

4) не повинна давати карбонатних та інших сольових відкладень і не викликати біологічного обростання;

5) не повинна погіршувати техніко-економічні показники виробничого процесу [4-6].

### 1.3. Розробка завдання на систему автоматизації процесу водопостачання хлібозаводу

Завдання на систему автоматизації представлено у вигляді табл. 1.1. В ній наводяться умови експлуатації технологічного об'єкта, способи контролю і регулювання відповідних параметрів процесу.

Таблиця 1.1. Завдання на розробку системи автоматизації

№	Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Припустиме значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії
1	2	3	4	5	6	7
1	Резервуар	Рівень	100 %	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі води
2	Резервуар	Температура	12 °С	Контроль	Відображення Реєстрація, Сигналізація	АРМ оператора

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

Продовження табл. 1.1.

1	2	3	4	5	6	7
3	Трубопровод подачі води	Тиск	0,5 МПа	Контроль	Відображення Реєстрація, Сигналізація	Вплив на частоту обертів двигунів насів М1 та М2
4	Трубопровод подачі води	Витрата		Контроль	Відображення Реєстрація, Сигналізація	АРМ оператора
5	Трубопровод подачі води	Вміст хлору	0,3 - 0,5 мг/дм <sup>3</sup> вільного хлору, 0,8 - 1,2 мг/дм <sup>3</sup> зв'язаного хлору	Контроль	Відображення Реєстрація, Сигналізація	

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

## РОЗДІЛ 2

### ОПИС СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВОДОПОСТАЧАННЯ ХЛІБОЗАВОДУ

#### 2.1. Автоматизація та диспетчеризація систем водопостачання підприємств

В даний час рівень автоматизації та диспетчеризації деяких існуючих об'єктів можна характеризувати як початковий, або нульовий.

Існуюче обладнання нижнього рівня не відповідає сучасному підходу до систем автоматизації технологічного процесу, при наявності станцій автоматичного керування технологічним обладнанням вони не можуть самостійно забезпечити безперервний процес управління технологічним обладнанням, підтримання параметрів технологічних систем по заданим програмам, передачу інформації на комп'ютери системи диспетчерського контролю.

Водонапірні башти Рожновського довгий час були основним елементом локального водопостачання, але на сьогоднішній день їх установка економічно недоцільна, в той час як застосування станції з частотним регулюванням для управління свердловинним насосом при організації системи водозабезпечення, знижує витрати по реконструкції вежі і має ряд незаперечних технічних переваг

Важливим напрямом розвитку є впровадження енергозберігаючих технологій, розробка і виробництво менш енергоємних машин та технологічного обладнання [7].

При цьому великого значення набуває вдосконалення систем водопостачання, з використанням сучасного обладнання на всіх етапах технологічного процесу, для контролю та керування якими використовується сучасне обладнання (перетворювачі частоти, модулі передачі даних,

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				
Розроб.		Гончаренко Є.А.			Розробка системи автоматизації водопостачання хлібозаводу	Літ.	Арк.	Аркушіє
Керівник		Смітюх Я.В.						
Зав. каф.		Ельперін І.В.			-2-2			
Секр. ЕК.		Проскурка Є.С.						

диспетчерські пункти і т.д.)

Реалізація поставлених задач потребує розробки та впровадження системи автоматизації та диспетчеризації водопостачання як взаємозалежних систем, яка б виконувала поставлену задачу і задовольняла потреби державних будівельних норм.

Переваги впровадження станції автоматичного керування (САК) замість водонапірної башти:

1. Швидкість монтажу і введення в експлуатацію, висока надійність і великий ресурс станції автоматичного керування. Запуск станції здійснюється протягом декількох годин.

2. Низька вартість експлуатації станції. Зниження капітальних, експлуатаційних і ремонтних витрат, пов'язаних з установкою або заміною, обслуговуванням і відновленням конструкції водонапірної башти. Експлуатація САК не вимагає обслуговуючого персоналу і складається з профілактичних оглядів.

3. Стабільність тиску в системі за рахунок автоматичного регулювання продуктивності насосу в залежності від витрати води.

4. При збільшенні поверховості забудови, станція автоматичного керування дозволяє легко збільшити тиск в системі. Тим самим забезпечується подача води на верхні поверхи споживачам. Подачу води аналогічним чином неможливо здійснити використовуючи стару башту Рожновського - тільки за рахунок збільшення її висоти, потрібні істотні витрати на її реконструкцію або заміну.

5. Компактність розміщення станції: все необхідне обладнання може бути змонтовано в звичайному приміщенні, контейнері, інших приміщеннях.

6. Висока експлуатаційна надійність обладнання, в тому числі в зимовий період. Практика роботи САК на більш ніж 50-ти об'єктах водопостачання в різних регіонах України є цьому підтвердженням.

7. Підвищення ресурсу насосу в 2-3 рази за рахунок виключення пускових струмів, зниження навантаження на його опорні підшипники,

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

виключення гідравлічних ударів, плавного регулювання, плавного пуску і зупинки. Для будь-якого насосного агрегату прямий пуск на мережу пов'язаний з електричними і механічними перевантаженнями. При роботі від станції управління електродвигун насоса розганяється плавно до робочої швидкості і не відчуває перевантажень. Це дозволяє зменшити дорогі і трудомісткі витрати, пов'язані із заміною або ремонтом свердловинних насосів.

8. Сучасна та надійна система захисту насосного агрегату. Станція автоматичного керування контролює параметри електричної мережі і захищає електродвигун насоса від обриву, перекосу фаз, міжфазного замикання і замикання фази на землю. Так само здійснюється захист насосного агрегату від роботи з перевантаженням або завищеними струмами. Це також дозволяє зменшити дорогі і трудомісткі витрати, пов'язані із заміною насосних агрегатів.

9. Економія електроенергії до 30-40%, облік різних добових і сезонних режимів роботи. При прямому пуску від мережі двигун відчуває 7-10 кратні перевантаження по струму. Цей процес хоч і триває недовго, але при частому включенні і виключенні насосного агрегату через автоматику водонапірної башти витрати електроенергії значно збільшуються.. При роботі від перетворювача частоти електродвигун розганяється плавно від нульової швидкості до необхідної робочої, яка, як правило, менше номінальної. Споживання потужності при цьому істотно менше номінальної потужності електродвигуна і дорівнює нулю при відсутності водорозбору (насос переходить в режим «сну»).

10. Зниження втрат питної води в башті і трубопроводі до 30%. При роботі насоса від перетворювача частоти виключається можливість гідродару, що веде в свою чергу до збільшення терміну служби трубопроводів. Більшість втрат води пов'язане з відмовою автоматики башти - переливом, зносом башти і трубопроводів - поривами. В даному випадку збільшується термін експлуатації трубопроводів і зменшуються витрати на усунення аварій.

11. Можливість інтеграції систем обліку по витраті води і споживанню електроенергії.

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

12. Можливість дистанційного керування роботою станції, отримання інформації [7].

СВ «Альтера» [8] розробила у 2016 році систему автоматизованого управління всерною станцією водозабору ВНС1, яка призначена для управління забором води з свердловин (або інших точок водозабору), розподілених на значній території, і підтриманням заданого рівня води в накопичувальній ємності.

**ВНС-1 складається з наступних типових модулів:**

- модулів управління зануреними насосними агрегатами ВП1;
- центрального модуля управління всією станцією водозабору;

Система управління ВНС1 виконує наступні функції (розподілені по модулях):

**Модулі ВП1 виконують такі функції:**

1. вмикання і вимикання насоса по керуючому сигналу;
2. захист насосів від перевантажень і «сухого ходу»;
3. вироблення сигналу «Аварія» при спрацьовуванні захистів;
4. перехід на ручне управління.

**Модулі ЦВП1 виконують такі функції:**

- централізоване автоматичне керування віддаленими свердловинами (точками);
- управління заповненням накопичувальної ємності до заданого рівня.
- наочне відображення всієї необхідної інформації про роботу ВНС1 для диспетчера;
- загальне управління віялової насосною станцією ВНС1 безпосередньо диспетчером;
- оперативне зміна налаштувань і параметрів системи ВНС1;
- контроль і управління роботою декількох ВП1 з можливістю нарощування;
- віддалений моніторинг і управління зі смартфона.

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

### Основне використовуване обладнання:

- Контролер VIPA SLIO ;
- Реле RELPOL ;
- Автоматичні вимикачі TERASAKI ;
- Шафи ЕЛІМ-Україна ;
- Струмові трансформатори Socomes .

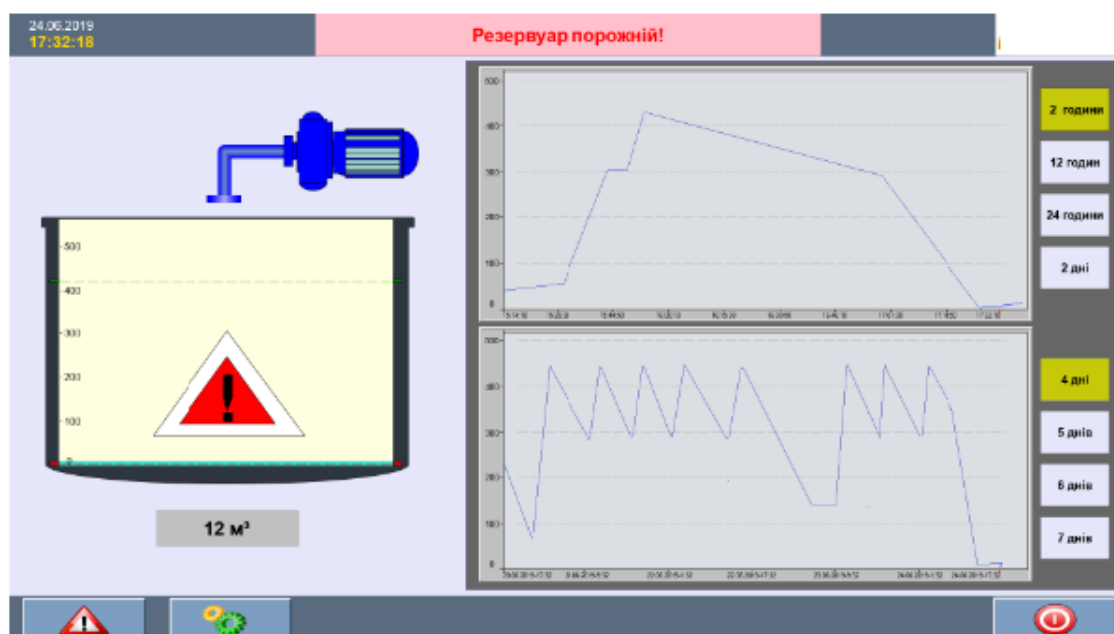
СВ «Альтера» розробила у 2019 році систему автоматизації водонапірної башти постачання води.

### Функції системи автоматизації:

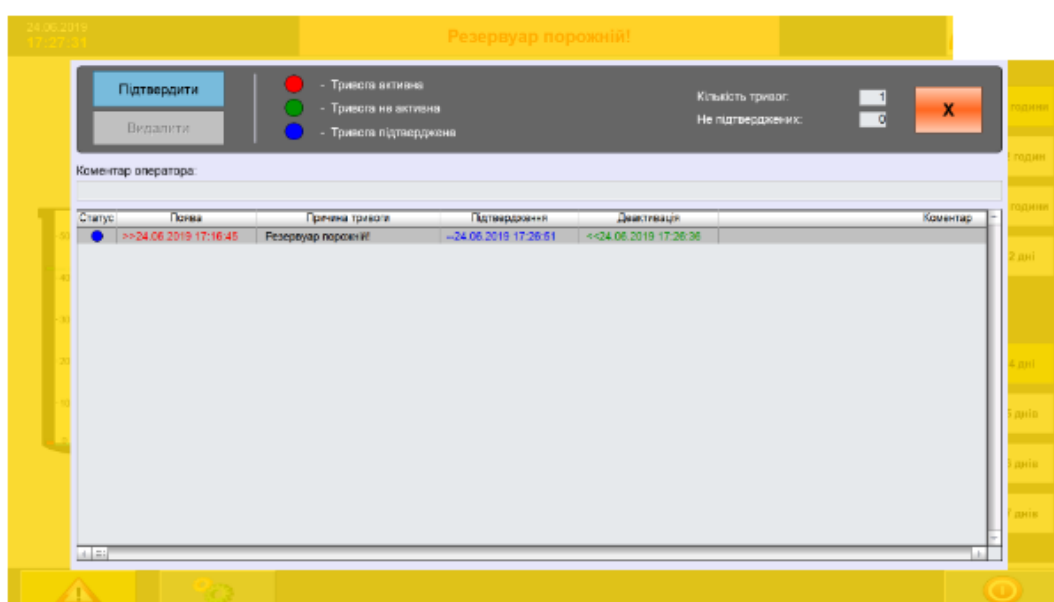
- автоматичне підтримання заданого об'єму води в ємності;
- стабілізація напору подачі води на пташники;
- попередження ситуації падіння рівня води нижче заданого рівня;
- виведення роботи насосного обладнання та його експлуатація в оптимальному режимі;
- перегляд історії рівня води в ємності.

В якості системи диспетчеризації використано SCADA zenon.

### Інтерфейс програми оператора:



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



## 2.2. Вибір технічних засобів автоматизації для системи водопостачання хлібозаводу

Вибір засобів автоматизації є складною та важливою задачею. Тому, існують ряд загальних принципів, якими керуються в процесі розробки системи автоматизації:

1. рівень автоматизації повинен обиратися системою певних визначених технічних засобів, які відповідають відповідному науково-технічному рівню із перспективою модернізації;

2. під час розробки системи автоматизації і при виборі технічних засобів слід враховувати:

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

- вид і характер технологічного процесу;
- умови робочого та навколишнього середовища;
- параметри і фізико-хімічні властивості середовища;
- відстань від датчиків, виконавчих механізмів тощо до пунктів керування і контролю тощо;
- точність та швидкодію засобів автоматизації;

3. систему автоматизації технологічного процесу бажано будувати на засобах автоматизації, які є однотипними та мають уніфіковані вихідні вихідні сигнали;

4. обирати локальні засоби збору і накопичення первинної інформації, вторинні прилади, регулюючі і виконавчі пристрої використовувати переважно прилади та засоби автоматизації Державної системи промислових приладів і засобів автоматизації;

5. обирати засоби автоматизації, що використовують електричну, пневматичну, гідравлічну енергії керуючись умовами пожежо- та вибухобезпеки об'єкта, що автоматизується, агресивністю навколишнього середовища, вимогами до швидкодії, дальності передачі сигналів інформації та команд керування тощо;

6. обмежувати кількість приладів, апаратури керування та сигналізації, які монтуються на оперативних щитах і пультах . [10-12]

Розглянемо та дано коротку характеристику технічних засобів, які використовуються у системі водопостачання хлібозаводу.

#### **Термометр опору ТСПУ 100П. [13]**

Використовується для вимірювання температури рідких, газоподібних і сипучих середовищ (рис. 2.1).

Технічні характеристики:

- тип і НСХ: ТСМ (50М, 100М), ТСП (50П, 100П, Pt100, Pt500, Pt1000), ТСТ (10k NTC), ТХА (К), ТХК (L), ТЖК (J);
- кількість ЧЕ: 1 або 2;
- клас допуску: 1 / 3В, А, В (для ТЗ), 1% (для ТСТ), 1, 2 (для термопар)

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

- схема з'єднання ЧЕ для ТЗ і ТСТ: 2-, 3-, 4-х провідна, 2-х провідна з двома ЧЕ;
- різьбове з'єднання: M20x1,5, G1 / 2, G1 / 4, M27x2 - під замовлення;
- тип головки: склопластикові (до 250 ° C), алюмінієва (до 300 ° C) - під замовлення;
- матеріал захисної арматури: сталь 12Х18Н10Т;
- діапазон температури, ° C: -100 ... 250, -50 .... 250, -50 ... 500, -50 ... 600 (для ТСП);
- показник інерції, з :18 ... 25;
- робочий тиск, МПа: 0,63.

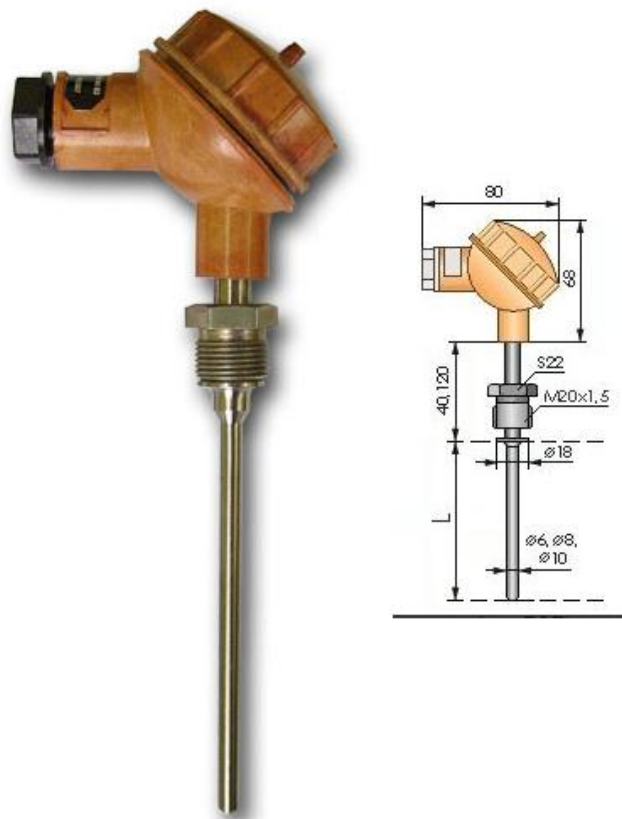


Рис. 2.1. Зовнішній вигляд термометра опору ТСПУ 100П

*Конструктивні особливості:* є одним з найпоширеніших стандартних конструктивів для загальнопромислового застосування. Захисна арматура з рухомихм штуцером M20x1,5 (фіксований штуцер - модель 1-3н) і склопластикової головою. Може поставлятися в комплекті з гільзою Гз-3, Гз-9 або Гз-10.

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

Можлива наявність вбудованого перетворювача з виходом 4-20 мА або RS485 (протокол T-bus або ModBus).

### Датчик вимірювання рівня.

Інтелектуальний перетворювач (датчик) перепаду тиску APR-2200 [14] з дистанційними роздільниками (рис. 2.2).

Перетворювач APR-2200 призначений для вимірювання різниці тисків газу, пара і рідини там, де необхідне застосування мембранних сепараторів.

Багатоаспектне використання, в тому числі вимірювання гідростатичним методом: рівня в закритих резервуарах (під тиском), щільності і межі фаз. Можливість конфігурації початку і кінця діапазону вимірювань (також шляхом заданого тиску). Вихідний сигнал 4 ... 20 мА, 0 ... 20 мА, 0 ... 5 мА + протокол HART. Основна приведена похибка  $\pm 0,1\%$ , цифрова компенсація додаткових похибок. Вибухобезпечне виконання 0ExiaIICT4 / T5 / T6 X, 1ExdIICT5 / T6 X.

Комплект приймача тиску конструктивно зібраний методом зварювання, що гарантує довготривалу герметичність блоку в цілому.

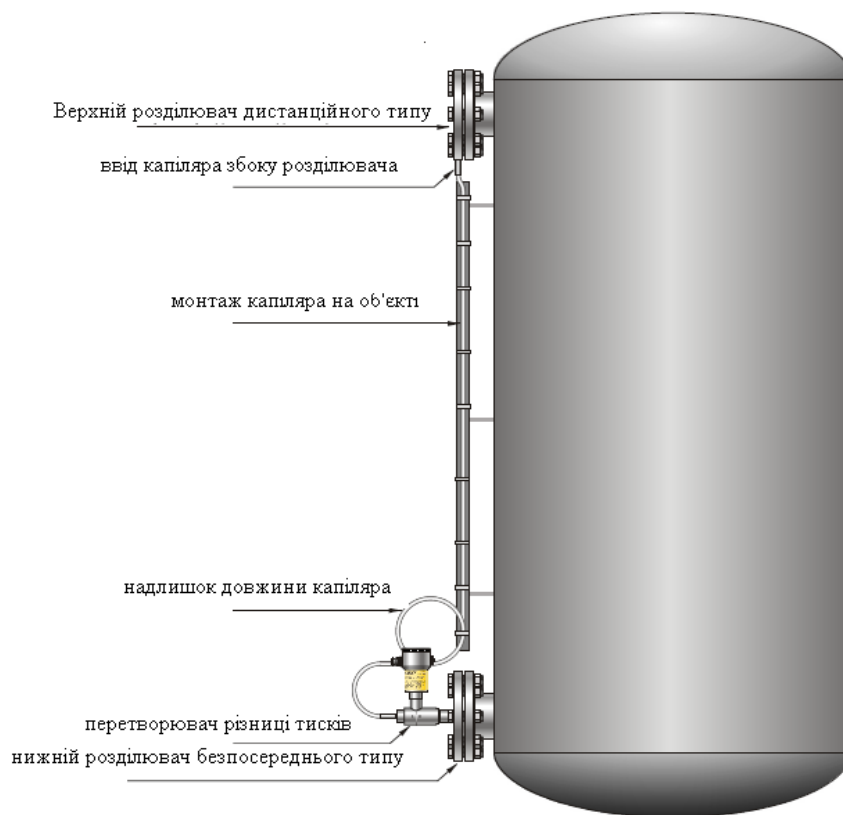


Рис.2.2. Перетворювач APR-2200 з безпосереднім та дистанційним роздільником

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

*Призначення, конструкція:*

Перетворювач APR-2200 призначений для вимірювання різниці тисків газу, пара і рідини там, де необхідне застосування мембранних сепараторів, а точки відбору імпульсів тиску можуть бути віддалені один від одного на кілька метрів. Типовим застосуванням є: гідростатичні вимірювання рівня в закритих резервуарах, щільності і межі фаз, а також вимір перепаду тиску на фільтрах, різниці тисків між середовищами на пастеризаторах і т.п. Пропоновані типи роздільників дають можливість зробити виміри більшості властивостей середовищ вимірювання. Вимірювальним елементом є п'єзорезистивного кремнієва монолітна структура, відокремлена від середовищ вимірювання розділовими і компенсаційної мембранами, а також самою системою дистанційного поділу. Спеціальна конструкція вимірювального модуля забезпечує стійкість до ударних впливів вимірюваним тиском і перевантаження до 4 МПа. Електронний системний блок розташований в циліндричному корпусі перетворювача зі ступенем захисту IP 65 або IP 66.

**Датчик тиску в системі водопостачання.**

PTL-16 [15] - датчик тиску води в системі водопостачання (рис. 2.3). PTL-16 - датчик тиску води в системі водопостачання з діапазоном вимірювання відносного тиску 0 ... 16 бар. Вихідний сигнал 0 ... 10 В (PTL-16-V) або 4 ... 20 мА (PTL-16-A).



Рис. 2.3. Зовнішній вигляд датчика тиску PTL-16-A

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

Прилад PTL-16 служить для вимірювання тиску рідин в області кондиціонування, опалення і водопровідних системах. Підходить для систем охолодження.

#### Основні характеристики

- Вихідний сигнал

PTL-16-V - 0 ... 10 В, мін. навантаження 5 кОм

PTL-16-A - 4 ... 20 мА, макс. навантаження 900 Ом

- Напруга живлення 15 ... 24 В DC ( $\pm 10\%$ ) або 24 В AC ( $\pm 10\%$ ) (PTL-16-V)

- Тип тиску - відносне

- Перевантаження - подвійне номінальний тиск

- Стрибок тиску - потрійне номінальний тиск

• Вимірювальний елемент - нержавіюча сталь. Діафрагма - тонкоплівковий полісиліконовий резистор.

- Робоча температура -40 ... 125 °С

- Температура навколишнього середовища -40 ... 105 °С

• Норми і стандарти: 89/336 / ЕЕС (електромагнітна сумісність), 73/23 / ЕЕС (низька напруга), EN55022, EN61000-4-3, ІЕС 68-2-32 (стійкість до стрибків тиску), ІЕС 68-2 -06 і ІЕС 68-2-36 (опір вібрації)

#### Датчик витрати води.

MAG 6000 (рис. 2.4) це вимірювальні перетворювачі на базі мікропроцесорів. Потужні прилади легко монтуються, вводяться в експлуатацію і обслуговуються. Вимірювальні перетворювачі обробляють сигнали від вимірювальних датчиків SITRANS FM MAGFLO типів MAG 1100, MAG 1100 F, MAG 3100, MAG 3100 W і MAG 5100 W. [16]

Типи вимірювальних перетворювачів:

▪ MAG 5000: макс. похибка вимірювання 0,5% від витрати (вкл. вимірювальний датчик)

▪ MAG 6000: макс. похибка вимірювання 0,25% від витрат (вкл. вимірювальний датчик; див. також специфікації вимірювальних датчиків). Інші властивості: вбудовані шинні модулі Plug & Play; вбудовані

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

функції дозування.



Рис. 2.4. Зовнішній вигляд магнітно-індукційного витратоміра MAG 6000

#### *Особливості*

- найкраще дозвіл сигналу для оптимального динамічного діапазону
  - цифрова обробка сигналу з безліччю можливостей
  - простий введення в експлуатацію через автоматичне зчитування збережених в SENSORPROM даних
  - конфігурується користувачем меню управління з захистом паролем
- індикація з 3 рядками по 20 знаків кожна на 11 мовах
- витрата в різних одиницях
- лічильник для прямого/зворотного потоку і витрати - нетто, а також багато іншої інформації
- універсальні функціональні виходи для управління процесом, хв. конфігурація з аналоговими, імпульсним/частотними і релейними виходами (стан, напрямок потоки, граничні значення)
  - розширена самодіагностика для визначення і запису помилок
  - управління дозуванням

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

- допуск для режиму комерційного обліку: PTB, OIML R75, R117, R49

MAG 6000 з доп. модулями для HART, MODBUS RTU / RS485, PROFIBUS PA і DP, CAN-open, DeviceNet

#### *Галузь застосування*

Витратоміри MAGFLO підходять для вимірювання практично будь-яких електропровідних рідин, суспензій, паст і суспензій. Вони використовуються переважно в наступних областях:

- води і стічні води
- хімічна і фармацевтична промисловість
- харчова і пиво-безалкогольна промисловість
- виробництво і розподіл енергії

#### *Дизайн*

Вимірювальний перетворювач виконаний або як корпус по IP67 NEMA 4X / 6 для компактного монтажу або монтажу на стіну, або як висувний модуль 19 "і може монтуватися в такий спосіб:

- каркас 19 "
- монтаж в панель управління IP65 / NEMA 4
- монтаж в задню панель IP20 / NEMA 2
- монтаж на стіну IP65 / NEMA 4

У версії 19 "на вибір є різні опції:

- вимірювальний перетворювач для витратомірів з допуском по EEx ATEX (включаючи бар'єри)
- вимірювальні перетворювачі з пристроєм очищення електродів

#### *функції*

В наявності є такі функції:

- швидкість витрати
- 2 діапазону вимірювання
- Відключення при занадто низькій витраті
- Визначення порожньої труби

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

- напрямок потоку
- система помилок
- Час роботи
- Прямий і реверсивний витрата
- Кінцевий вимикач і імпульсний вихід управління дозуванням

#### **Датчик вмісту хлору у воді.**

Аналізатор Q46H / 79PR [17] призначений для неперервного вимірювання загального хлору в воді (рис. 2.5). У приладі використовується 3-х електродний амперометричний мембранний датчик, який вимірює вміст хлору безпосередньо, без застосування хімічних реагентів. Тому проба води може бути безпечно повернута в водопровідну систему. Аналізатор Q46H / 79PR не містить рухомих частин, таких як насоси або двигуни, що значно спрощує технічне обслуговування. Все необхідне для коректної роботи системи входить в комплект поставки. Опціонально аналізатор може вимірювати рівень рН.

Прилад можна використовувати для систем питного водопостачання, охолоджуючої води, акваріумів, а також для моніторингу очищення стічних вод.



Рис. 2.5. Загальний вигляд датчика хлору Q46H / 79PR

#### *Технічні характеристики:*

Електронний монітор:

- діапазон вимірювань 0-2.000, 0-20.00 або 0-200.0 PPM
- точність  $\pm 0.05$  PPM
- повторюваність  $\pm 0.02$  PPM

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

- лінійність 0.1% від цілої шкали
- дрейф нуля <0.01 PPM на місяць
- живлення 100-240 В, 50/60 Гц 12-24 В
- дисплей ЖК, перший рядок-4 символу, друга-12 символів
- реле управління 3 SPDT реле (опціонально 3 SPST реле)
- аналогові виходи 2 ізольованих 4-20 мА
- цифровий вихід Опціонально (протоколи Profibus DP, Modbus RTU, Ethernet IP, Modbus TCP / IP)
- корпус NEMA 4X (IP 66), полікарбонат, монтаж на стіну, панель або трубу

Датчик і потокова комірка:

- датчик хлору - мембранний амперометрический
- матеріал - ПВХ і 316 нерж.сталь
- час відгуку - 90% за 60 сек
- температура - Від 0 до 50 ° С
- довжина кабеля - Стандартно 7.5 м, максимум 30 м
- швидкість течії - 0.5-1.0 л / хв
- тиск - 0-3.4 атм

**Електропневматичний позиціонер УТ -130 [18]** з високою точністю управляє ходом клапана за допомогою струмового сигналу 4-20 мА, що подається з пристрою управління.

Основні характеристики:

- Тип механізму: лінійний, поворотний
- Тип дії: односторонній або двосторонній
- Вхідний сигнал: 3-15 фунт / кв. дюйм, 4-20 мА пост. струму
- Тиск харчування: 1.4 ~ 7.0 кгс / см<sup>2</sup> (хат) (0.14 - 0.7 МПа)
- Хід: 20-70 мм, 70-100 мм, 10-150 мм, 100-150 мм для лінійного типу, 0 ° -90 °, 60 ° -90 ° для поворотного типу
- Приєднання: РТ 1/4, NPT 1/4
- Підключення манометра: РТ 1/8, NPT 1/8

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

- Клас пило-та вологозахисту: IP66
- Вибухозахист: Ex ia IIB T6, Ex dm IIB T6, Ex dm II CT6 і ін.
- Температура окр. середовища: -30 ° С - 85 ° С
- Лінійність:  $\pm 0.5\%$  повної шкали
- Гістерезис: 0.5% повної шкали
- Чутливість:  $\pm 0.2\%$  повної шкали
- Повторюваність: 0.3% повної шкали
- Пропускна здатність: 70 л / хв
- Витрата повітря: менше 2 л / хв (подача = 1.4К)

## 2.2. Опис схеми автоматизації процесу водопостачання хлібозаводу

Схема автоматизації водопостачання хлібозаводу наведена на листі 1 графічної частини і містить резервуар для збереження води і підтримки потрібного тиску у трубах та два двигуни із частотними перетворювачами, які керують подачею води. Специфікація приладів та засобів автоматизації наведена в таблиці 2.1.

Рівень в резервуарі води вимірюється за допомогою гідростатичного датчика перетворення тиску з роздільною мембраною APR-2200 (поз. 1а). Сигнал від датчика 4-20 мА надходить до контролера та комп'ютера з подальшою індикацією, реєстрацією та сигналізацією величини. Регулювання клапаном подачі води здійснюється за допомогою контролера через електропневмо-позиціонер (поз. 1б), з якого пневматичний сигнал (20-100кПа) подається на пневматичний виконавчий механізм (поз. 1в). Також здійснюється індикація та реєстрація відповідних сигналів.

Температура води у резервуарі вимірюється за допомогою термометра опору ТСПУ 100П (поз. 2а) фірми АОЗТ «ТЭРА», який у своєму складі містять перетворювач «опір - струм» та вихідний сигнал 4 – 20 мА. Далі сигнал надходить на контролер та комп'ютер, де відбувається індикація та реєстрація значень температури.

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

Тиск води у трубопроводі вимірюється та регулюється за допомогою датчика тиску PTL-16-A ( поз. 6а) з вихідним уніфікованим сигналом 4-20 мА., який надходить на контролер, де він перетворюється і відображається на комп'ютері. Регулюється за допомогою частотних перетворювачів Altivar 650 (поз. 5б, 5в).

Вимірювання витрати води здійснюється за допомогою магніто - індуктивного витратоміра, який складається з сенсора MagFlo 3100 (поз. 8а), що розташований в розрізі трубопроводу подачі та мікропроцесорного перетворювача MAG 6000 (поз. 8б), що перетворює отриманий сигнал з сенсора в зручну для сприйняття форму у вигляді уніфікованого вихідного сигналу 4-20 мА. Далі сигнал надходить на контролер та на SCADA програму.

Вміст хлору у воді вимірюється за допомогою датчика- аналізатора Q46H / 79PR, який складається із датчика хлору (поз. 9а) та електронного монітору (поз. 9б), сигнал від якого надходить на контролер та на SCADA програму з подальшим відображенням, реєстрацією.

Таблиця 2.1. Специфікація засобів автоматизації

№ п/п	№ позиції за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	К-сть	Виробник
1	2	3	4	5	6
1	1а	Датчик для вимірювання гідростатичного тиску з мембранним роздільником. Вих. Сигнал 4-20 мА	APR-2200	1	Фірма Aplisens
2	1б	Електро-пневно-позиціонер, вх. сигнал 4-20мА, монтажний кронштейн, для пн. привода, Т=-20С+70С	УТ-1300	1	InterApp
3	1в	Дисковий пов. затвор, корпус – GGG40, диск-нерж. сталь, EPDM, PN10, Т до +130С. Затвор в зборі з пневмоприводом подвійної дії Air Torque відповідного типорозміру для Р повітря = 6bar	EPDM	1	InterApp

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

1	2	3	4	5	6
4	2а	Термометр опору платиновий 100П з вмонтованою в корпус платою перетворення «опір - струм» з вихідним сигналом 4-20 мА	ТСПУ 100П	1	АОЗТ «ТЭРА»
5	3а	Електро-пневно-позиціонер, вх. сигнал 4-20мА, монтажний кронштейн, для пн. привода, $T = -20C + 70C$	УТ-1300	1	InterApp
6	3б	Дисковий пов. затвор, корпус – GGG40, диск-нерж. сталь, EPDM, PN10, T до +130C. Затвор в зборі з пневмоприводом подвійної дії Air Torque відповідного типорозміру для Р повітря = 6bar	EPDM	1	InterApp
7	4а	Електро-пневно-позиціонер, вх. сигнал 4-20мА, монтажний кронштейн, для пн. привода, $T = -20C + 70C$	УТ-1300	1	InterApp
8	4б	Дисковий пов. затвор, корпус – GGG40, диск-нерж. сталь, EPDM, PN10, T до +130C. Затвор в зборі з пневмоприводом подвійної дії Air Torque відповідного типорозміру для Р повітря = 6bar	EPDM	1	InterApp
9	5а	Датчик тиску, живл. 15-24 В, робоче серед. $-40..+125^{\circ}C$ , вих. сигнал 4-20 мА, тиск до 16 бар	PTL-16-A	1	НК Instruments, Фінляндія
10	5б	Одноканальний мікропроцесорний індикатор, вих. сигнал 4-20 мА	ІТМ-110	1	Мікрол
11	5в, 5г	Частотний перетворювач для асинхронних двигунів змінного струму потужністю 90 кВт, діапазон вих. част. 0,1..500Гц, живл. 380-480 В.	АТV650	1	Schneider Electric

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

1	2	3	4	5	6
12	6а	Електро-пневмо-позиціонер, вх. сигнал 4-20мА, монтажний кронштейн, для пн. привода, Т=-20С+70С	УТ-1300	1	InterApp
13	6б	Дисковий пов. затвор, корпус – GGG40, диск-нерж. сталь, EPDM, PN10, Т до +130С. Затвор в зборі з пневмоприводом подвійної дії Air Torque відповідного типорозміру для Р повітря = 6bar	EPDM	1	InterApp
14	7а	Електро-пневмо-позиціонер, вх. сигнал 4-20мА, монтажний кронштейн, для пн. привода, Т=-20С+70С	УТ-1300	1	InterApp
15	7б	Дисковий пов. затвор, корпус – GGG40, диск-нерж. сталь, EPDM, PN10, Т до +130С. Затвор в зборі з пневмоприводом подвійної дії Air Torque відповідного типорозміру для Р повітря = 6bar	EPDM	1	InterApp
16	8а	Електромагнітний витратомір, PN16, сенсор 7ME6340-4HC13-2AA1, IP67, футерування PTFE, електроди Hastelloy C276	MAGFLO 3100	1	Siemens
17	8б	Перетворювач 24V DC, IP67, індикація, виходи: 1 струмовий 0/4 ... 20 mA, 1 частотний / імпульсний, 1 релейний, компактного виконання	MAG 6000	1	Siemens
18	9а	Датчик хлору мембранний амперометричний, ПВХ і нерж сталь, роб.темп 0... 50 °С, шв. потоку 0,5-1 л/хв.	79PR	1	ATI, США
19	9б	Електронний монітор, живл. 12-24 В, вих. сигнал 4-20 мА	Q46H	1	ATI, США

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

## РОЗДІЛ 3

### КОМПОНУВАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНОГО КОНТРОЛЕРА ВОДОПОСТАЧАННЯ ХЛІБОЗАВОДУ

#### 3.1. Схема комплектування та специфікація ПЛК

ПЛК М340 є спадкоємцем традицій та інновацій фірми Modicon, що випустила перший промисловий програмований контролер. За своїми можливостями і продуктивності М340 займає нішу в середині модельного ряду між контролерами Twido і Premium. В цілому архітектура М340 успадковує старші контролери: згаданий Premium і найбільш потужного контролера в лінійці Schneider Electric - Quantum. Більш того, М340 програмується за допомогою того ж програмного пакета, що і старші контролери - системи Unity Pro. Ця програмне середовище підтримує всі стандартні мови МЕК 61131-3: список інструкцій (LI), мова сходових діаграм (LD), мову функціональним блок-схем (FBD), мова послідовних функціональних блоків (SFC) і мову структурованого тексту (ST). [25]



Рис. 3.1. Зовнішній вигляд контролера М340

Механічної основою системи є монтажна шина (кошик), на яку встановлюються блок живлення, процесорний модуль і модулі розширення.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				
Розроб.		Гончаренко Є.А.			Розробка системи автоматизації водопостачання хлібозаводу	Лім.	Арк.	Аркушіє
Керівник		Смітюх Я.В.						
Зав. каф.		Ельперін І.В.			-2-2			
Секр. ЕК.		Проскурка Є.С.						

Архітектура дозволяє з'єднувати до чотирьох таких монтажних кошиків в єдину систему з одним головним процесором, а самі кошики можна винести на сумарну довжину до 30 метрів. Таким чином віддалений введення / виведення організовується «всередині» контролера і не потрібно впровадження додаткових польових шин. Крім блоку харчування все модулі мають однакову ширину, а тому займають лише одне установче місце на кошику. Максимальна місткість кошика - 12 місць, що з урахуванням блоку живлення і процесора дозволяє встановити ще 11 модулів розширення. Така конфігурація займе в шафі не більше 100x500x160 мм (ВxШxГ). [25]

Для контролера M340 доступні наступні комунікаційні протоколи: Modbus RTU / ASCII, Ethernet Modbus TCP / IP, Modbus Plus, CANopen master, Profibus DP, AS-interface V3 master. Для під'єднання панелі оператора типу XBT GT безпосередньо можна використовувати інтерфейс USB, таким чином немає необхідності в додатковому модулі Modbus.

Процесорні модулі діляться на дві групи: до першої належить процесор BMX P34 1000 з вбудованим портом RS-485 Modbus RTU. До другої відносяться чотири більш продуктивних процесора BMX P34 2xxx, які відрізняються між собою типом вбудованих інтерфейсів - це може бути CANopen master, Ethernet TCP / IP або Modbus RTU, при цьому один процесор може містити до двох перерахованих портів. Кожен процесор комплектується Flash-картою пам'яті типу SD (Secure Digital), яка використовується для резервного копіювання двох областей пам'яті контролера: області програм, символів, коментарів і область констант. У контролерів з вбудованим Modbus TCP / IP може бути встановлена карта пам'яті, що зберігає Web-сервіси, зокрема Web-сервер.

Типова продуктивність для контролера P34 1000 - 5400 булевих інструкцій за мілісекунду, для контролерів P34 2xxx - 8100 булевих інструкцій за мілісекунду. Модулі дискретного введення / виведення можуть мати до 64 каналів. Для введення можна використовувати сигнали 24, 48, 110 В як постійного, так і змінного струму, а також 220 В змін. струму. Для модулів

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

виводу доступні як транзисторні виходи 24 В пост. струму, так і релейні виходи 220 В змін. струму. Модулі аналогового вводу підтримують стандартні уніфіковані діапазони (4-20 мА, 0-10 В в різних варіаціях), а також всі види датчиків температури. Модулі аналогового виводу доступні щільністю до 8 каналів з вихідним сигналом 4-20 мА. Розрядність АЦП модулів аналогового вводу-виводу - 16 біт, або 15 біт плюс знак. До спеціалізованих каналів відносяться рахункові модулі, що підтримують підключення енкодерів з push-pull виходом, модулі підключення SSI-енкодера і модулі контролю руху з ПТО-виходом для управління сервоприводами.

Процесорні модулі, блоки живлення і основні типи модулів розширення можуть бути виготовлені з поліуретановим покриттям електронних плат для роботи в умовах агресивного навколишнього середовища. Крім того, в такому виконанні розширено діапазон робочих температур, з 0 ... + 60 С для стандартного виконання до -25 ... + 70 С для покритого поліуретаном. [26] .

**Модулі дискретного вводу-виводу** для платформи автоматизації Modicon M340 представляють собою стандартні модулі, що займають один слот і оснащені одним з наступних роз'ємів:

- роз'ємом під гвинтову або пружинну 20-контактну знімну клемну колодку;
- одним або двома 40-контактними сполучними роз'ємами.

Велика кількість дискретних входів і виходів в змозі задовольнити будь-які вимоги з точки зору:

- функцій: входи / виходи змінного або постійного струму, позитивна чи негативна логіка;
- модульності - 8, 16, 32 або 64 каналів на модуль.

На входи модуля можуть подаватися сигнали датчиків і при цьому забезпечується:

- збір сигналів;
- адаптація рівнів;
- електрична розв'язка;

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

- фільтрація;
- захист від "паразитних" перешкод.

На виходах "запам'ятовуються" сформовані процесорним модулем команди, і при цьому забезпечується управління по ланцюгах дискретних каналів.

Модулі дискретного вводу-виводу BMX DpI / DpO / DRA мають стандартний форм-фактор (Займають 1 слот). Міцний кожух модуля надійно захищає захвану всередині електроніку і відповідає класу захисту IP 20. Для надійної фіксації модуля в слоті передбачений невинпадні гвинти.

Всі канали модулів дискретного вводу-виводу мають різні параметри. Залежно від типу модуля канали об'єднуються в групи по 4, 8 або 16 каналів. Кожна група каналів може бути прив'язана до виконання певного завдання (головною або швидкої).

Входи 24 і 48 В с є входами струму постійної величини. Ця особливість дозволяє:

- забезпечити мінімальний робочий струм відповідно до стандарту МЕК;
- обмежити споживання струму при збільшенні вхідної напруги, щоб уникнути небажаного зростання температури в модулі;
- знизити споживання струму датчиками, які живляться від джерела живлення ПЛК або зовнішнього джерела живлення.

**Характеристика аналогових модулів.** Для платформи Modicon M340 пропонуються наступні модулі аналогового вводу-виводу:

- 5 модулів аналогового вводу:
- 2 модуля BMX ART 0414/0814 з 4 і 8 ізолюваними каналами; низький рівень напруги; для підключення термопар, температурних датчиків Pt, JPt, Ni або Cu і резисторів; розширення 15 біт + знак;
- 1 модуль BMX AMI 0410 з 4 ізолюваними високошвидкісними каналами; високий рівень напруги або струму; розширення 6 біт;

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

- 2 модуля ВМХ АМІ 0800/00810 з 8 неізолюваними високошвидкісними каналами; високий рівень напруги або струму; розширення 15 біт + знак.
- 3 модуля аналогового виведення:
  - 1 модуль ВМХ АМО 0210 з 2 ізолюваними аналоговими каналами; високий рівень напруги або струму; розширення 15 біт + знак;
  - 1 модуль ВМХ АМО 0410 з 4 ізолюваними аналоговими каналами; високий рівень напруги або струму; розширення 15 біт + знак;
  - 1 модуль ВМХ АМО 0802 з 8 неізолюваними аналоговими каналами; високий рівень напруги або струму; розширення 15 біт + знак.
  - 1 модуль аналогового введення-виведення ВМХ АММ 0600 з 4 вхідними і 2 вихідними каналами (неізолюваними) напруги або струму; дозвіл 12 ... 14 біт в залежності від типу каналу і діапазону.

У модулях аналогового вводу-виводу обладнано роз'ємом під 20-контактну знімну клемну колодку, за винятком модулів аналогового вводу ВМХ АРТ 0414/0814 з термопарами / датчиками температури, які забезпечені 40-контактним з'єднувальним роз'ємом.

Всі аналогові модулі займають один слот монтажних шасі ВМХ ХВР ррр. Ці модулі можна встановлювати в будь-який слот монтажного шасі, крім перших двох (PS і 00), які зарезервовані для установки модуля живлення ВМХ CPS рр0 і процесорного модуля ВМХ Р34 рр0, відповідно.

Забезпечення аналогових модулів електроживленням здійснюється по об'єднуючій шині (3,3 і 24 В).

У конфігурації Modicon М340 з одним монтажним шасі максимальна кількість аналогових каналів залежить від кількості доступних слотів монтажного шасі (до 11 слотів). [26]

Для процесу водопостачання хлібозаводу відповідно до обраних технічних засобів автоматизації було скомпоновано контролер у середовищі UNITY PRO. Його компонування наведено у таблиці 3.1. та на рис. 3.2.

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

Таблиця 3.1. Характеристика компонентів контролера М340

Позначення модуля	К-сть	Найменування модуля	Характеристика модуля
ХВР 0600	1	Шасі	12 місць
CPS 2000	1	Модуль живлення	100...240VAC, 20Вт
P34 2020	1	Процесорний модуль	послідовний RS-485/RS-232C Ethernet TCP/IP
АМІ 0810	1	Аналоговий вхідний модуль	На 8 каналів
АМО 0802	1	Аналоговий вихідний модуль	На 8 каналів
DDO 1602	1	Дискретний вихідний модуль	На 16 каналів
ВМХ FTB 2820	1	з'ємна клемна колодка	28- контактна
ВМХ FTB 20•0	3	з'ємна клемна колодка	20- контактна

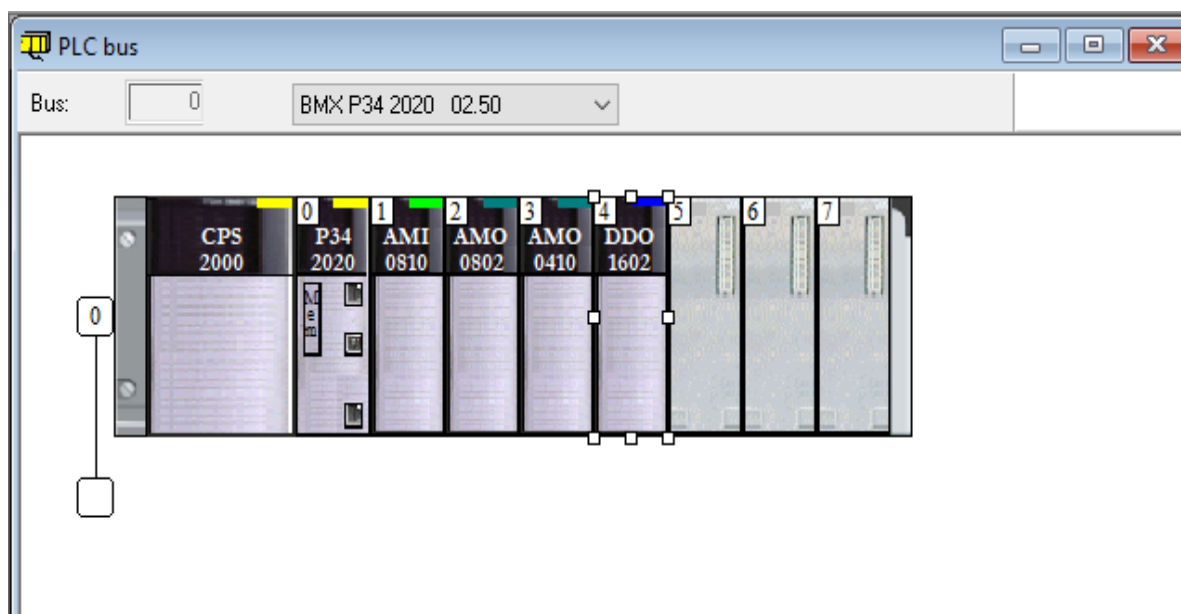


Рис. 3.2. Компонування контролера М340 для водопостачання

**Опис процесорного модуля ВМХ Р34 2020 з вбудованим портом Ethernet Modbus / TCP.** На лицьовій панелі вдосконаленого процесорного модуля ВМХ Р34 2020 ( рис. 3.3) передбачені наступні засоби індикації та роз'єми:

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

1 Гвинт для надійного кріплення модуля в слоті (маркування 0) монтажного шасі

2 Блок індикації, який в залежності від моделі може мати 8 або 10 світлодіодних індикаторів:

- індикатор RUN (зелений): робота процесорного модуля (виконання програми);

- індикатор ERR (червоний): несправність процесорного модуля або системи;

- індикатор I / O (червоний): несправність модулів вводу-виводу;

- індикатор SER COM (жовтий): обмін по послідовному інтерфейсу Modbus;

- індикатор CARD ERR (червоний): карта пам'яті відсутній або несправна;

- індикатор ETH ACT (зелений): обмін по мережі Ethernet Modbus / TCP;

- індикатор ETH STS (зелений): стан мережі Ethernet Modbus / TCP;

- індикатор ETH 100 (червоний): швидкість передачі даних по мережі Ethernet Modbus / TCP (10 або 100 Мбіт / с)

3 Роз'єм USB mini-B для підключення програмного терміналу (або панелі Magelis XBT GT) (1)

4 Відсік під карту пам'яті для зберігання резервної копії додатку (розташований над відсіком світлодіодний індикатор показує, коли йде звернення до карти або її розпізнавання)

5 Роз'єм RJ45 для підключення кабелю Ethernet TCP / IP 10BASE-T / 100BASE-TX

6 Процесорний модуль BMX P 34 2020: роз'єм RJ45 для підключення кабелю послідовного інтерфейсу Modbus або кабелю символьного режиму (RS 232C / RS 485, 2-провідний, неізолюваний). [26]

Процесорний модуль CPS 2000 встановлюється першим, його характеристика наведена у табл. 3.2.

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



Рис. 3.3. Зовнішній вигляд процесорного модуля BMX P34 2020

Таблиця 3.2. Характеристика процесорного модуля CPS 2000

Напруга живлення (DC)	24 В
Пам'ять	4096 кбайт
Робоча пам'ять	3584 кбайт
- інтегрована	256 кбайт
Час обробки процесора	
- для бітових операцій	0.12 мкс
- для операцій зі словами	0.25 мкс

Характеристика аналогового модуля АМІ 0810 наведена у табл. 3.3, а схема підключення показана на рис. 3.4. Даний модуль використовується задля аналого-цифрового перетворення сигналів контролера і цифрових значень.

Таблиця 3.3. Характеристика аналогового модуля АМІ 0810

Modicon M340	АМІ 0810
Загальна кількість входів	8
Роздільна здатність	15 біт + знак
Напруга живлення електроніки модуля	=5В, від внутрішньої шини
Гальванічне розділення	
- між каналами і внутрішньої шиною контролера	+
Дані для вибору датчиків	
Параметри входних сигналів каналу підключення:	
- датчик напруги	±5В;±10В; 1...5В;0...10В
- датчик сили струму	±20мА; 0...20мА;4...20мА
Довжина кабелю	BMX FTA **0 (1,5, 3 та 5 м)
Фронтальний з'єднувач	28-полосний

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

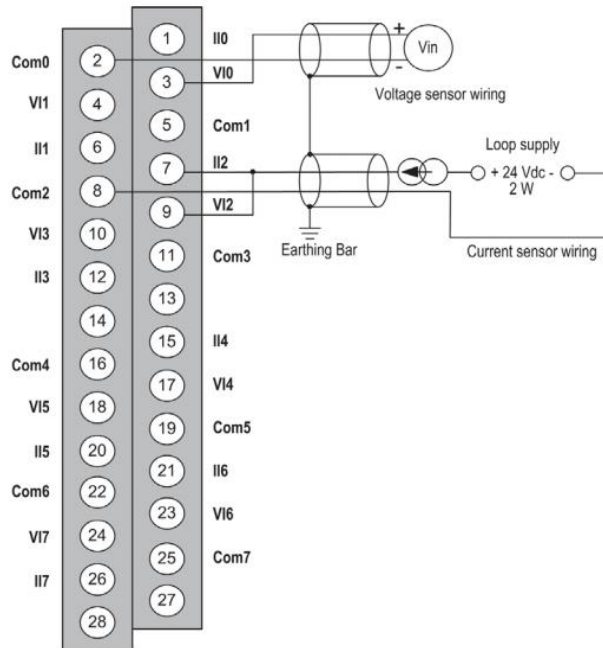


Рис. 3.4. Підключення датчиків до аналогового вхідного модуля ВМХ АМІ 0810

Модуль аналогового виходу використовується задля цифро-аналогового перетворення внутрішнього цифрового значення контролера і формування вихідного його аналогового сигналу. У табл. 3.4-3.5 наведено характеристики модулів відповідно АМО 0802 та АМО 0410, а схема підключення показані на рис. 3.5-3.6 [25-26].

Таблиця 3.4. Характеристика аналогового модуля АМО 0802

Modicon M340	АМО 0802
Загальна кількість виходів	8
Роздільна здатність	15 біт + знак
Напруга живлення електроніки модуля	=5В, від внутрішньої шини
Гальванічне розділення	
- між каналами і внутрішньої шиною контролера	+
Параметри вихідних сигналів каналу підключення:	
тип	струм
- датчик сили струму	0...20мА;4...20мА
Довжина кабелю	ВМХ FTA **2 (1,5, або 3 м)
Фронтальний з'єднувач	20-поліусний

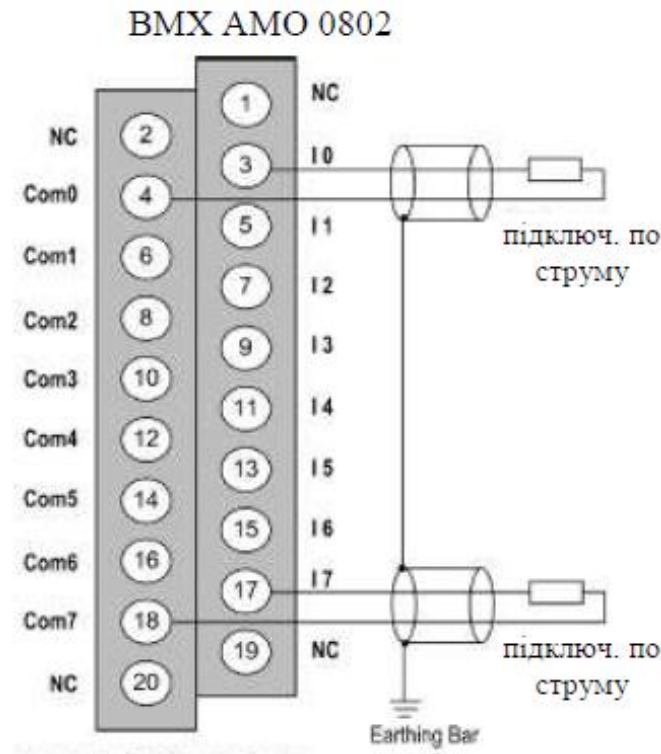


Рис. 3.5. Підключення датчиків до аналогового вихідного модуля АМО 0802

Таблиця 3.5. Характеристика аналогового модуля АМО 0410

Modicon M340	АМО 0410
Загальна кількість виходів	4
Роздільна здатність	15 біт + знак
Напруга живлення електроніки модуля	=5В, від внутрішньої шини
Гальванічне розділення	
- між каналами і внутрішньої шиною контролера	+
Параметри вихідних сигналів каналу підключення:	
тип	струм
- датчик сили струму	0...20мА;4...20мА
Довжина кабелю	BMX FCA **0 (1,5, 3 або 5 м)
Фронтальний з'єднувач	20-полюсний

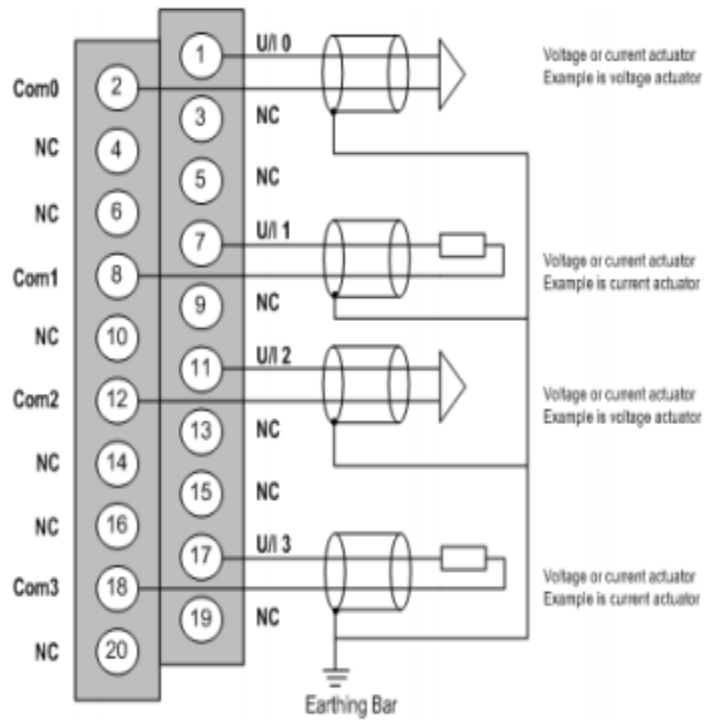


Рис. 3.6. Підключення датчиків до аналогового вихідного модуля АМО 0410

Модуль дискретного виводу сигналів використовується задля перетворення внутрішніх логічних сигналів контролера в його вихідні дискретні сигнали. У таблиці 3.6 наведено загальна характеристика модуля DDO 1602, а схема підключення показана на рис. 3.7 [25-26].

Таблиця 3.4. Характеристика дискретного модуля DDO 1602

<b>Modicon M340</b>	<b>DDO 1602</b>
К-ть виходів	16
Фронтальний з'єднувач	20-полюсний
Напруга дискретного виходу	24В 19...30 V пост. струму
Струм дискретного виходу	0.5 А
Струм на канал	0.625 А
Струм на модуль	10 А

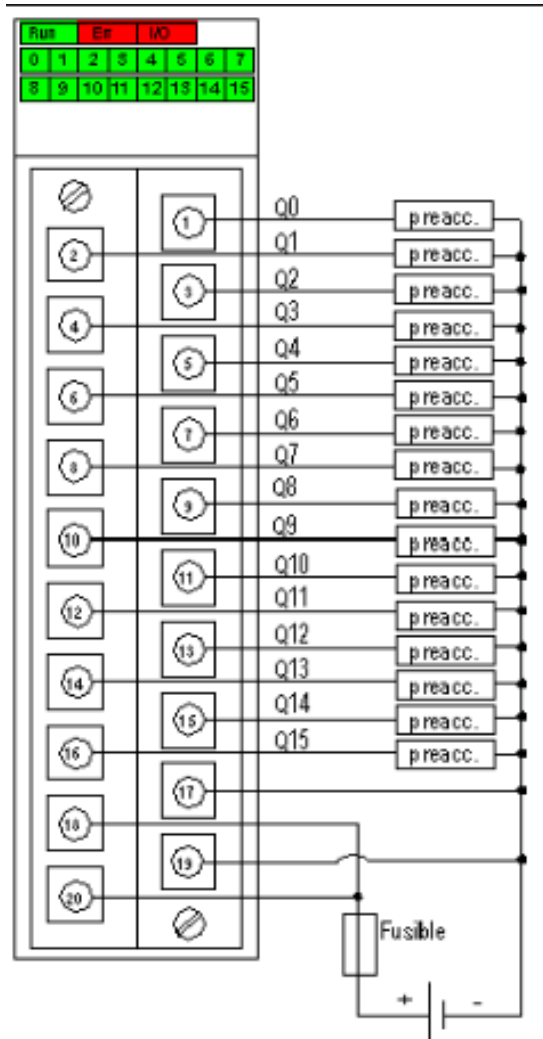


Рис. 3.7. Підключення датчиків до дискретного вихідного модуля DDO 1602

### 3.2. Схеми підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК

Схеми підключення включають вхідні та вихідні модулі мікропроцесорного контролера. На них показують приймальні і виконавчі елементи, тобто як саме підключаються датчики та виконавчі механізми до контролера.

Схеми електричні принципові показані на листах 2-6 графічної частини. Так, підключення аналогових вхідних сигналів відбувається до модуля ВМХ АМІ 0810. Датчики додатково живляться +24 V від блоку живлення 220VAC/24VDC через запобіжники FU2-FU5. Для витратомірів використовуються запобіжники 0.5 А, а для термометрів опору та датчиків

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

рівна по 0.1 А. Нумерація ліній живлення 814-820, лінії сигналів датчиків мають нумерацію 100-109.

Виконавчі механізми підключаються до модуля аналогових виходів ВМХ АМО 0802. Лінії підключення електро-пнеumo-позиціонерів мають нумерацію 300-311. Частотні перетворювачі підключаються аналоговим входом АІ2 до модуля через запобіжники FU6-FU7 0.1 А., і мають нумерацію ліній 312-317. Живлення частотного перетворювача трьохфазне з нумераціями 900-905, 909-914. Трьохфазні двигуни підключаються до частотного перетворювача через теплові реле КК1-КК6, а лінії мають маркування 906-908, 915-917.

Перелік апаратури до схем підключення 3-6 наведено у табл. 3.1-3.1.

Таблиця 3.1. Перелік апаратури до схеми підключення (лист 3)

Позиція, позначення	Найменування	Кількість	Примітка
1	2	3	4
	За місцем		
1а	Гідростатичний рівнемір APR-220	1	вих. сиг. 4-20 мА
2а	Термометр опору ТСПУ 100П	1	вих. сиг. 4-20 мА
5а	Датчик тиску РТЛ-16-А	1	вих.. сиг. 4-20 мА
5б	Індикатор ІТМ-110	1	вих.. сиг. 4-20 мА
8б	Електромагнітний витратомір MAG 6000 Siemens	1	
9б	Аналізатор хлору Q46H / 79PR	1	вих.. сиг. 4-20 мА
FU5	Запобіжник з плавковою вставкою 0,5 А	1	
FU2-FU4	Запобіжник з плавковою вставкою 0,1 А	3	
	Щит перетворювачів		
ВМХ АМІ 0810	Модуль на 8 аналогових входів	1	
ВМХ FTB 2820	28 контактна з'ємна клемна колодка	1	

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



### 3.3. Розширена схемі підключення для контуру вимірювання тиску подачі води

Система водопостачання хлібозаводу базується на підтримки заданого значення тиску подачі води, що регулюється за допомогою двох частотних перетворювачів шляхом збільшення або зменшення обертів в залежності від споживання води. Фрагмент схеми автоматизації по контуру регулювання тиску показано на рис. 3.8. Розширена та графічна схеми підключення показані на рис. 3.9-3.10 відповідно.

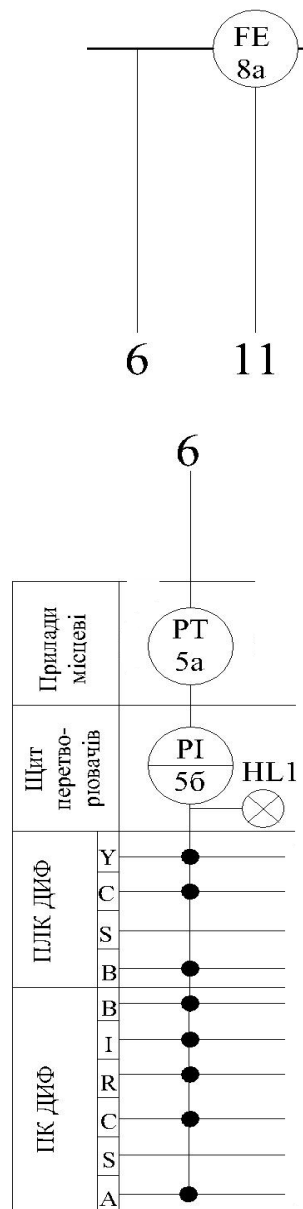


Рис. 3.8. Фрагмент схеми автоматизації вимірювання тиску в трубопроводі подачі води

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

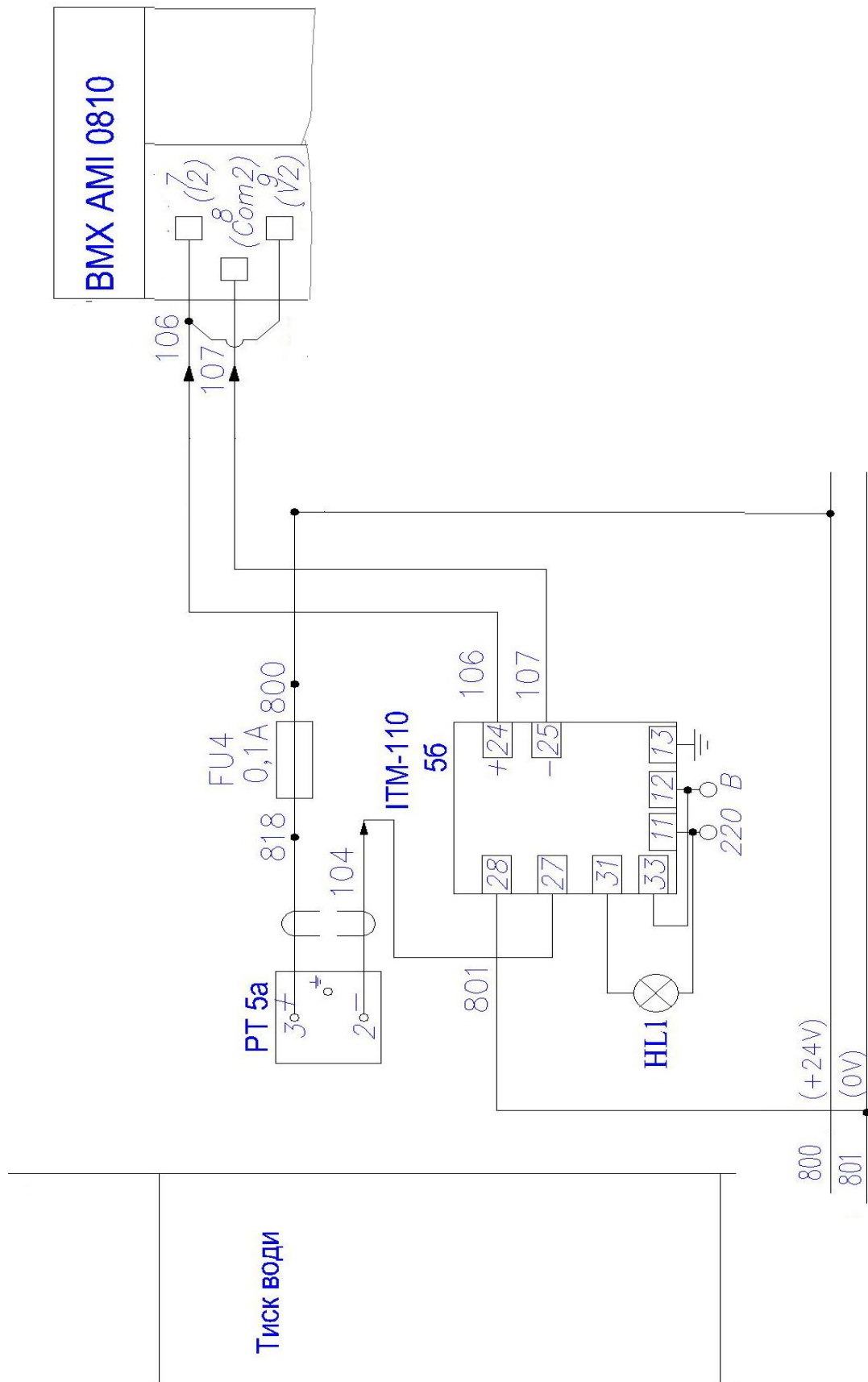


Рис. 3.9. Розширене підключення датчика тиску PTL-16-A через ITM-110 до BMX AMI 0810

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

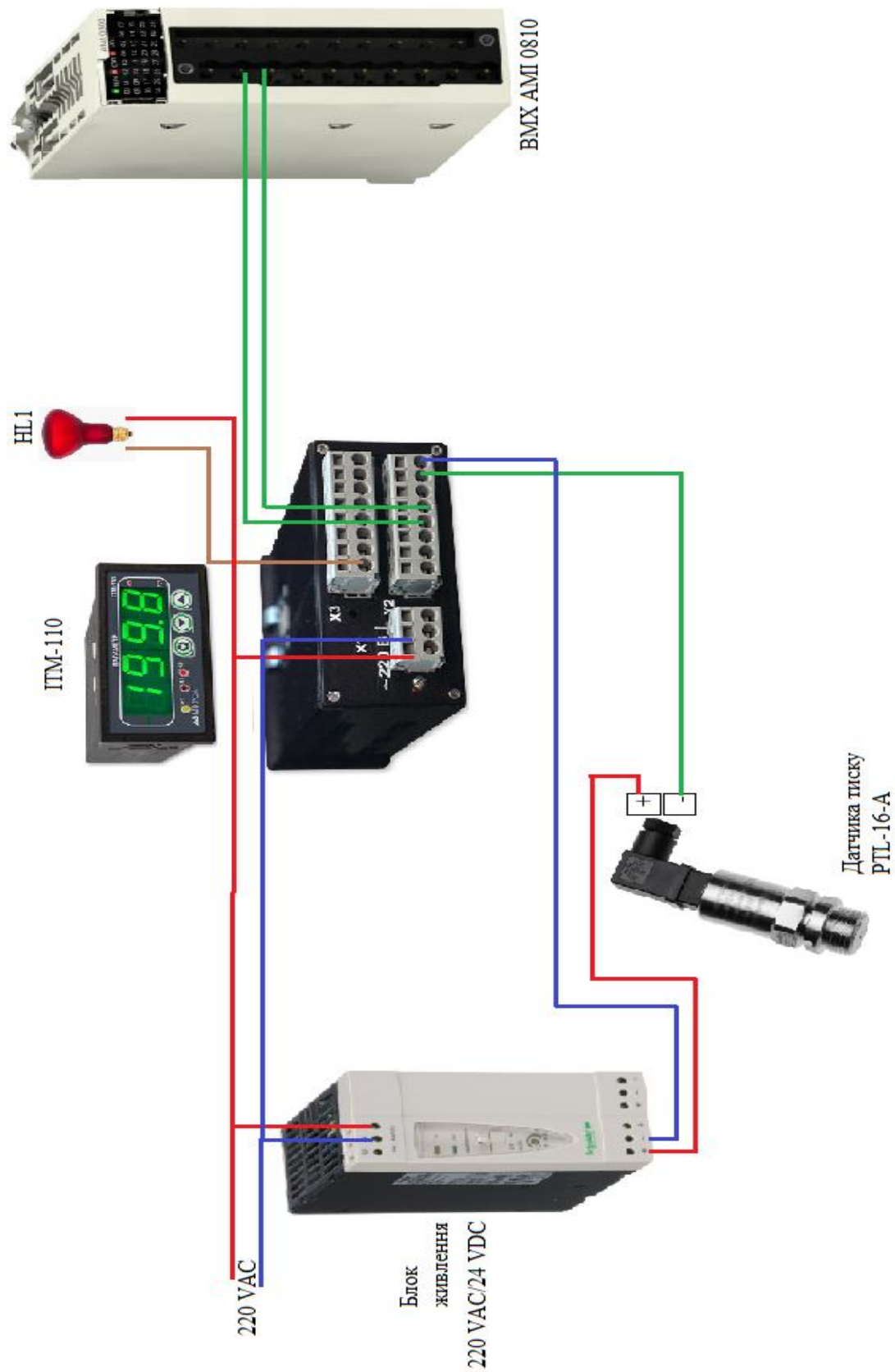


Рис. 3.10. Графічне підключення датчика тиску РТЛ-16-А через ІТМ-110 до BMX AMI 0810

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

В якості датчика вимірювання тиску використовується датчик тиску PTL-16-A. В якості вторинного показуючого приладу було обрано ІТМ-110 заводу «Мікрол». Індикатор ІТМ-110 конфігурується за допомогою передньої панелі приладу або через гальванічно розділений інтерфейс RS-485 (протокол ModBus), що дозволяє використовувати прилад в якості віддаленого індикатора. Параметри конфігурації індикатора ІТМ-110 зберігаються в незалежній пам'яті. В якості контролера використовується Modicon M340.

За даною схемою живлення датчика тиску PTL-16-A відбувається за допомогою блоку живлення серії 24В на 5А, сигнал якого надходить на «+» датчика. Вихідний сигнал датчика тиску подається на 27 клему ІТМ-110, а 28 живиться від блоку 24 В. Вихідний сигнал від ІТМ-110 надходить від клем 24 та 25 на 7 та 8 входи ВМХ АМІ 0810. Також передбачено наявність сигнальної лампи на щиті управління, яка повідомляє про зниження тиску в мережі. НЛ1 надходять сигнали від ІТМ-110 31 клеми та сигнал живлення.

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

## РОЗДІЛ 4

### ОПИС СХЕМ ВСТАНОВЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ

#### 4.1. Інтелектуальний перетворювач різниці тисків APR – 2200 з дистанційними роздільниками

Застосовувати перетворювач з безпосереднім розділювачем (з'єднаний із плюсовою вимірювальною камерою) та дистанційним (з'єднаний із мінусовою камерою) рекомендується для гідростатичних вимірювань рівня, густини, границі фази та різниці тисків (при диференціальній висоті точок відбору імпульсів).

При такій конфігурації перетворювача, при зміні температури оточуючого середовища, одночасно відбуваються два протилежних явища:

1. Змінюється об'єм, а отже і густина манометричної рідини у капілярі, викликаючи, таким чином, зміну гідростатичного тиску, пов'язаний із відстанню між розділювачами по вертикалі
2. Цьому явищу протидіє пружна реакція розділюючої мембрани верхнього розділювача: відбувається прогинання мембрани, а результаті зміни об'єму манометричної трубки

Найкращі метрологічні результати отримують комплекти, які оснащені фланцевими розділювачами DN 80, DN 100, A 109, S – Comp або з розділювачами S – Mazut, S – DIN або S – Clamp з діаметром не менше 75 мм. Рекомендується застосовувати однакові розділювачі на нижньому та верхньому відборі тиску. [14]

Приклад конструктивного виконання перетворювача APR – 2200 наведена на рис.4.1-4.2. Відповідне конструктивне виконання повного комплекту перетворювача, розділювачів, капілярів та відповідний їм вибір манометричної рідини залежить від багатьох факторів, таких як: фізичні, хімічні властивості та

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				
Розроб.		Гончаренко Є.А.			Розробка системи автоматизації водопостачання хлібзаводу	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Смітюх Я.В.						
Зав. каф.		Ельперін І.В.			-2-2			
Секр. ЕК.		Проскурка Є.С.						

. діапазон температурного середовища вимірювання, відстань розділювачів по вертикалі, діапазон температури оточуючого середовища, а також технічні умови монтажу розділювачів до об'єкта

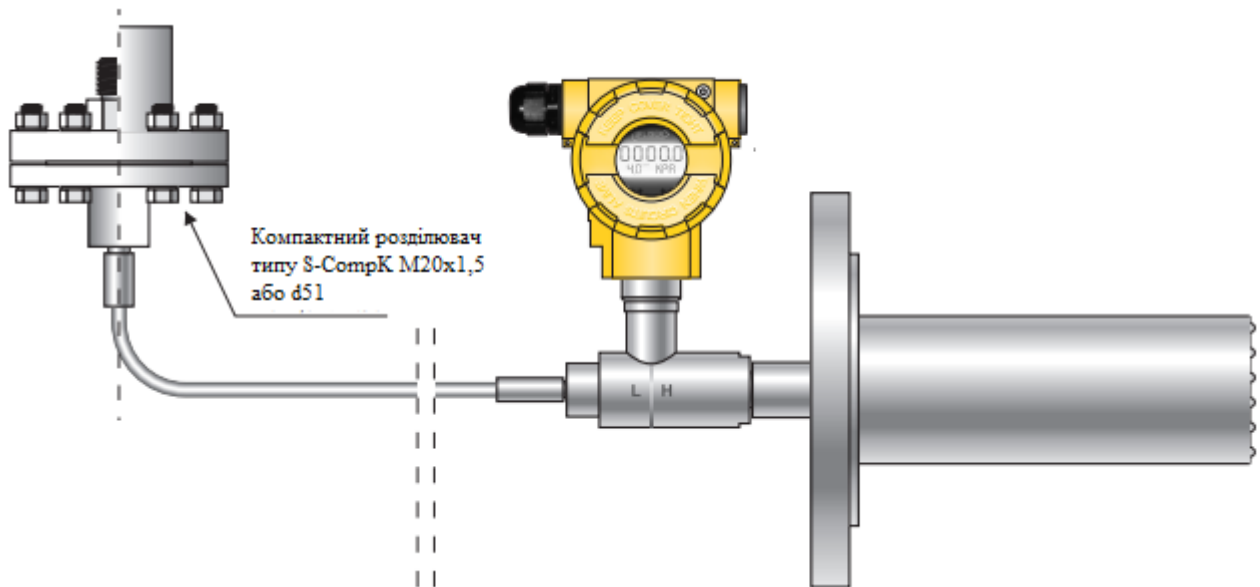


Рис. 4.1. Приклад конструктивного виконання APR – 2200 з безпосереднім та одним дистанційними розділювачем

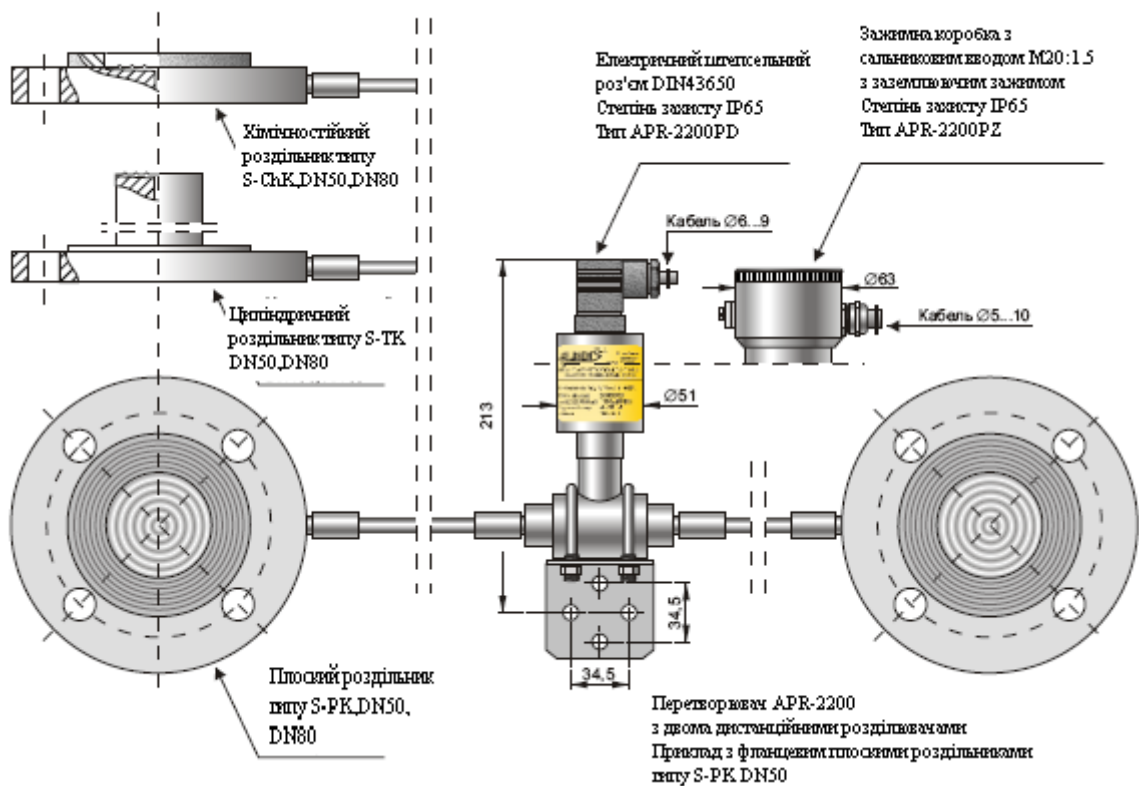


Рис. 4.2. Приклад конструктивного виконання APR – 2200 з двома дистанційними розділювачами

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перетворювач APR-2200 призначений для виміру різниці тисків газу, пари і рідини там, де необхідне вживання мембранних сепараторів, а точки відбору імпульсів тиску можуть бути віддалені один від одного на декілька метрів.

Типовим вживанням є: гідростатичні виміри рівня в закритих резервуарах, щільність і кордони фаз, а також вимір перепаду тиску на фільтрах, різниці тисків між середовищами на пастеризаторах і тому подібне. Пропоновані типи роздільників дають можливість виробити виміри більшості властивостей середовищ виміру. Вимірювальним елементом є п'єзорезистивна кремнієва монолітна структура, відокремлена від середовищ виміру розділовими і компенсаційною мембранами, а так само самою системою дистанційного розділення. Спеціальна конструкція вимірювального модуля забезпечує стійкість до ударних дій вимірюваним тиском і перевантаженню до 4 МПа. Електронний системний блок розташований в циліндровому корпусі перетворювача з мірою захисту IP 65. [14]

#### Конфігурація:

За бажанням користувач має можливість зміни і конфігурації наступних параметрів:

- одиниці виміру тиску
- почало і кінець встановлюваного діапазону вимірів
- постійною часу
- вигляд характеристики: лінійна, коренева, зворотна лінійна (вихідний сигнал 4 – 20 mA).

#### Комунікація:

Конфігурація і калібрування перетворювача виробляється за допомогою комунікаційного пристрою КАР-01, деяких комунікаційних пристроїв (Hart), блоком управління (лише конфігурація), вбудованого в корпус перетворювача типа -AL-, а так само персонального комп'ютера (PC) з використанням перетворювача RS 232-Hart і програмного забезпечення „RAPORT-01” виробництва Аплісенс.

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

Обмін даними з перетворювачем APR-2200 додатковий дає можливість: ідентифікації перетворювача, контролю вимірюваної величини різниці тисків, вихідного струму і % ширина діапазону (табл. 4.1) в даний момент часу.

Таблиця 4.1. Діапазони вимірів

Основний діапазон	Мін. встановл. ширина вимір. діапазону	Відстань між роздільниками по вертикалі	Макс. встановл. ширина вимір. діапазону, враховуючи дійсну відстань між роздільниками по вертикалі (м)	Допустимий статичний тиск
(-16+16) кПа	0.1 м Н <sub>2</sub> О	<=1.7 м	[1+ (відстань між роздільниками по вертикалі x0.94)] м Н <sub>2</sub> О	4 МПа
(-50+50) кПа	0.5 м Н <sub>2</sub> О	<=6 м	[5+ (відстань між роздільниками по вертикалі x0.94)] м Н <sub>2</sub> О	4 МПа
(-160+200) кПа	1.5 м Н <sub>2</sub> О	<=15 м	[20+ (відстань між роздільниками по вертикалі x0.94)] м Н <sub>2</sub> О	4 МПа
(-160+1600) кПа	100 кПа	<=15 м	1600 кПа	4 МПа

Представлена в таблиці максимальна відстань між роздільниками по вертикалі стосується виміру рівня, гарантуючи можливість обнулення перетворювача (датчика) при порожньому резервуарі. Для виміру щільності або кордону фаз (рафінадна, цукрова, хімічна промисловості і нафтопереробні заводи) відстань між роздільниками по вертикалі може бути більше.

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

Метрологічні параметри:

Межа приведеної похибки перетворювача, що припускається  $\leq \pm 0,1\%$  (основного діапазону вимірів). Останні параметри відповідно до характеристик перетворювача різниці тисків APR-2000. Погрішності із-за впливу систем розділення згідно відповідній схемі виміру тиску в розділі III (Мембранні роздільники), по відношенню до дистанційного розділення.

Додаткову абсолютну погрішність (відхід) „нуля” від дії температури довкілля, при рівній температурі обох капілярів, можливо компенсувати шляхом конфігурації перетворювач, роздільників і капілярів, відповідно до рекомендацій, описаних на сторінках 32 і 33.

Електричні параметри: Згідно параметрам перетворювача різниці тисків APR-2000

Умови роботи: Діапазон температур довкілля  $-40...85^{\circ}\text{C}$

Діапазон температур вимірюваного середовища - згідно параметрам відповідного роздільника (дистанційне розділення)

Спеціального виконання:

- Ex - іскробезпечного виконання датчика
- 10 МПа, 16 МПа - допустимий статичний тиск датчика
- 10 МПа або 16 МПа

Нестандартний основний діапазон перетворювача.

*Конфігурація перетворювача (датчика) APR-2200 для виміру рівня рідини в резервуарі*

Визначення завдання по виміру:

При зміні вихідного сигналу від 4 до 20 мА, перетворити зміну рівня рідини з густиною  $\rho = 0,87 \text{ г/см}^3$  в діапазоні від 0 до  $h_{\text{max}}$  (рис. 4.3):

1. Встановити перетворювач в робочому положенні на порожньому резервуарі.
2. Підключити перетворювач, забезпечивши можливість комунікації НАРТ.
3. Підключити комунікаційний пристрій КАРИ, ідентифікувати

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

перетворювач і вибрати функцію „конфігурація”.

4. У меню конфігурації вибрати „вихідні параметри”.

5. У меню вихідні параметри:

а) змінити одиниці виміру на мм Н<sub>2</sub>О при 40С

б) вибрати і встановити (по черзі) за допомогою функції «запис величини» почало ( $X_p \times H_{min}$  [мм]) і кінець вимірювального діапазону ( $X_p \times H_{max}$  [мм]), відповідно: 0 і ( $0,87 H_{max}$  [мм])

в) для компенсації гідростатичного тиску манометричній рідині в капілярах, слід підтвердити (введення) початок вимірювального діапазону за допомогою функції «заданий тиск»; Перетворювач, що знаходиться під дією лише тиску манометричної рідини (порожній резервуар), змістить початок і кінець вимірювального діапазону, компенсуючи величину тиску манометричної рідини (силіконове масло).

Конфігурований таким чином перетворювач, готовий до реалізації представленого завдання по виміру. [14]

В разі заповненого резервуару для конфігурації датчика слід розрахувати гідростатичний тиск манометричної рідини ( $H \times X_p$  силікон. масла) в капілярах. Для цього слід знати розставлення роздільників по вертикалі ( $H$ ), а також щільність масла в капілярах ( $X_p$ ). Значення початку і кінця діапазону слід ввести за допомогою функції «запис величини», записуючи їх з врахуванням розрахованого гідростатичного тиску:

Початок [мм Н<sub>2</sub>О] =  $-H$  [мм]  $\times$   $X_p$  силікон. масла

Кінець [мм Н<sub>2</sub>О] =  $h_{max}$ [мм]  $\times$   $X_p$  вимірюваній рідині –  $H$ [мм]  $\times$   $X_p$  силікон. масла

$\rho$  силікон. масла типа DC-550 складає 1.068 г/см<sup>3</sup>

$\rho$  силікон. масла типа АК-20 складає 0.945 г/см<sup>3</sup>

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

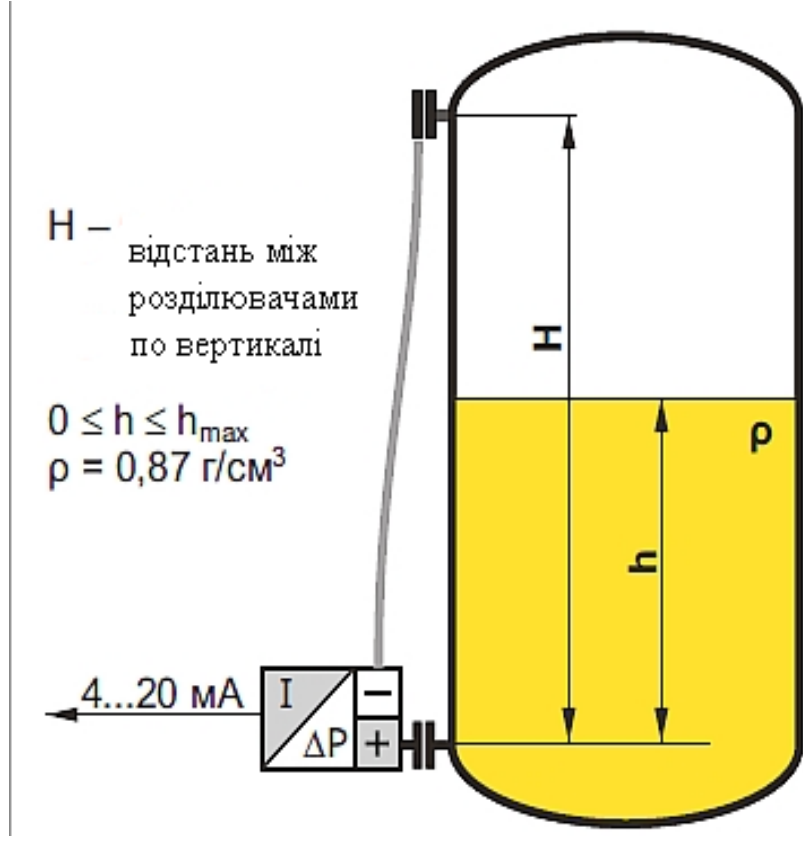


Рис. 4.3. Встановлення датчика

Електрична схема під'єднання представлена на рис. 4.

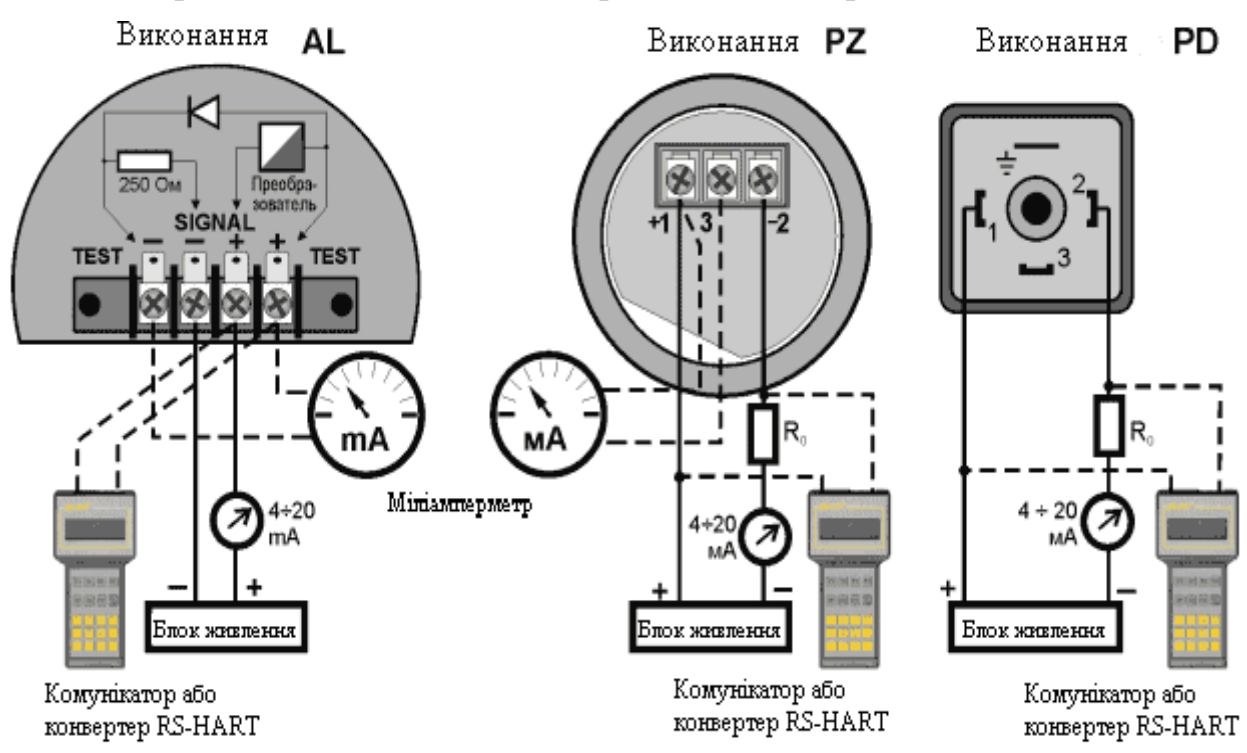


Рис. 4.4. Схема електричного під'єднання APR-2200

## РОЗДІЛ 5

### ОПИС СПЕЦІАЛЬНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

#### 5.1. Алгоритм та програма для контролера М340 процесу водопостачання хлібозаводу

Завдання програмування PLC - реалізація алгоритмів управління у вибраній технічній галузі. Виконується програмування однією або кількома стандартизованими мовами програмування.

Стандарт МЕК 61131 охоплює вимоги до обладнання, встановлення, тестування, документації, зв'язку та програмування PLC. Мова програмування, що є частиною МЕК 61131-3. [27]

Стандарт описує п'ять мов програмування:

До текстових належать:

- Instruction List (IL) – мова списку інструкцій;
- Structured Text (ST) – мова структурованого тексту;

До графічних:

- Sequential Function Chart (SFC) – послідовні функційні діаграми;
- Function Block Diagram (FBD) – функціонально-блокові діаграми;
- Ladder Diagram (LD) – сходинова діаграма, мова релейно-контактних схем.

Після ввімкнення живлення PLC виконає самотестування та конфігурацію апаратних ресурсів, очистить оперативну пам'ять з випадковим доступом (RAM) та контролюватиме цілісність програми користувача. Якщо прикладна програма зберігається в пам'яті, ПЛК продовжує виконувати основну роботу, яка включає в себе постійне повторення послідовності операцій, включеної в робочий цикл.

Цикл роботи ПЛК включає такі етапи:

1. Починається цикл.

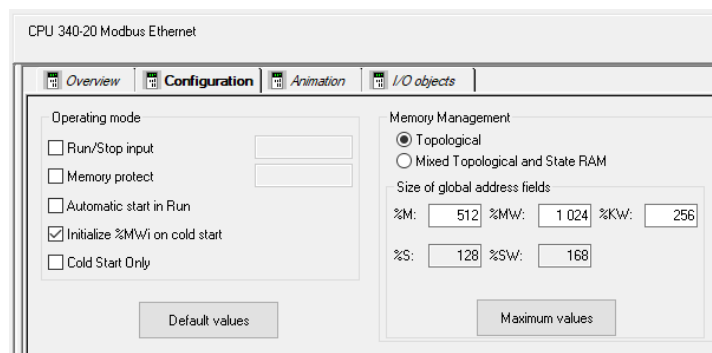
					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				
Розроб.		Гончаренко Є.А.			Розробка системи автоматизації водопостачання хлібозаводу	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Смітюх Я.В.						
Зав. каф.		Ельперін І.В.						-2-2
Секр. ЕК.		Проскурка Є.С.						

2. Зчитування стану входів.
3. Виконати код програми користувача.
4. Записування стану виходів.
5. Обслуговуються апаратні ресурси PLC.
6. Монітор виконання системи (програмне забезпечення системи ПЛК).
7. Контроль часу циклу.
8. Перехід до початку циклу. [27]

Для процесу водопостачання хлібозаводу виконується наступний алгоритм:

1. Якщо натиснута кнопка START відкрити клапан подачі води до резервуару на 100 %. Встановити нижню та верхню межі рівня в резервуарі.
2. Відкрити клапани 3б, 4б, 6б, 7б на 100 %.
3. Якщо рівень у резервуарі дорівнює 50 %, встановити клапан подачі води на 50 %.
4. Якщо рівень у резервуарі досягне верхнього заданого значення, ввімкнути регулятор підтримки рівня.
5. Встановити значення тиску у системі. Ввімкнути регулятори стабілізації обертів двигуна М1 за рахунок частотних перетворювачів.
6. Якщо тиск у системі нижче заданого значення ввімкнути регулятор частоти обертів двигуна М2.
7. Якщо натиснута кнопка STOP, закрити всі клапани та вимкнути двигуни.

Після компонування контролера проводимо опис всіх змінних проекту та конфігуруємо окремі модулі процесу водопостачання хлібозаводу. Конфігурації процесорного модуля та модулів вводу/виводу показані на рис. 5.1-5.5.



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

Рис. 5.1 Конфігурація процесорного модуля CPU 340-20

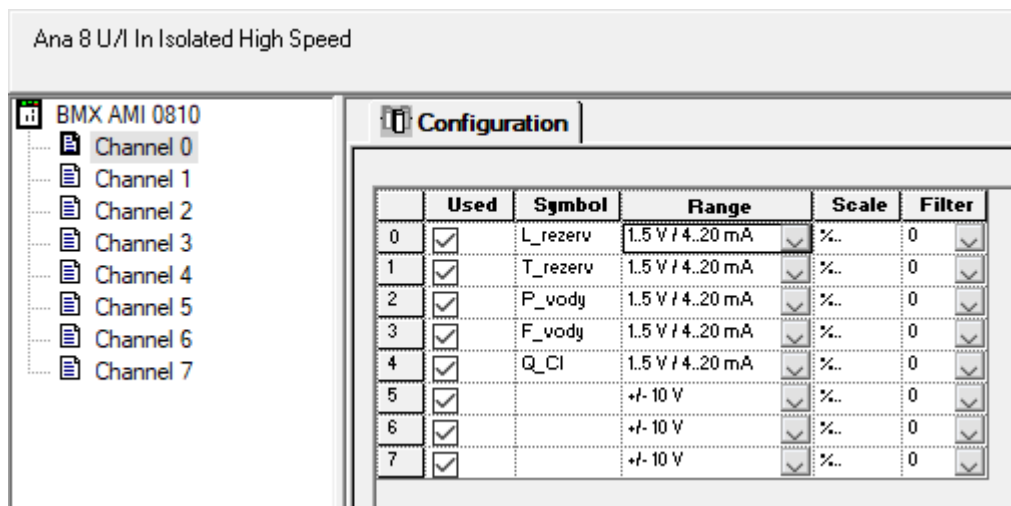


Рис. 5.2. Конфігурація модуля аналогових входів BMX AMI 0810

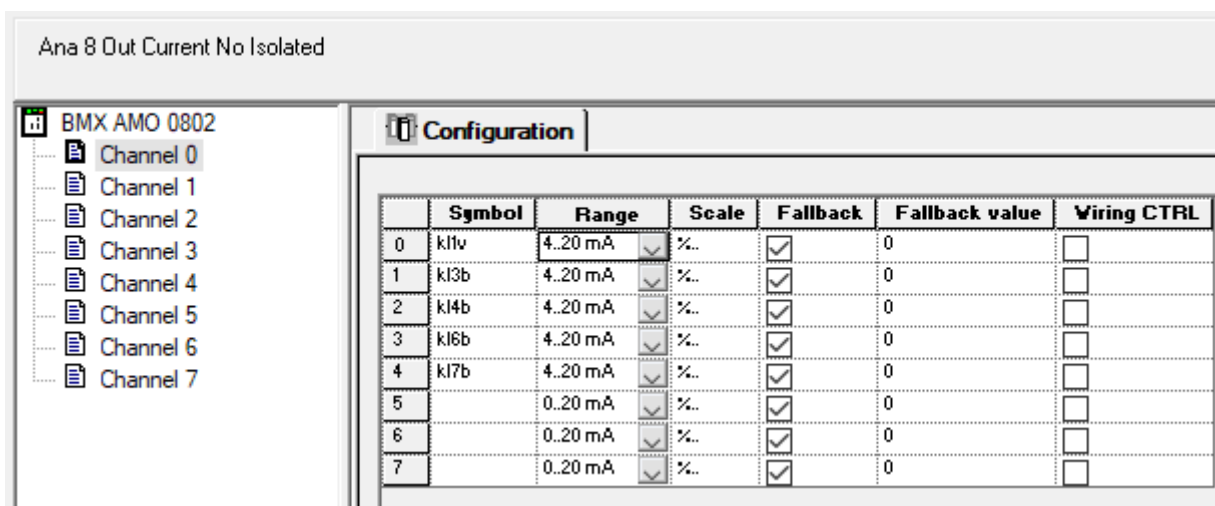


Рис. 5.3. Конфігурація модуля аналогових виходів BMX AMO 0802

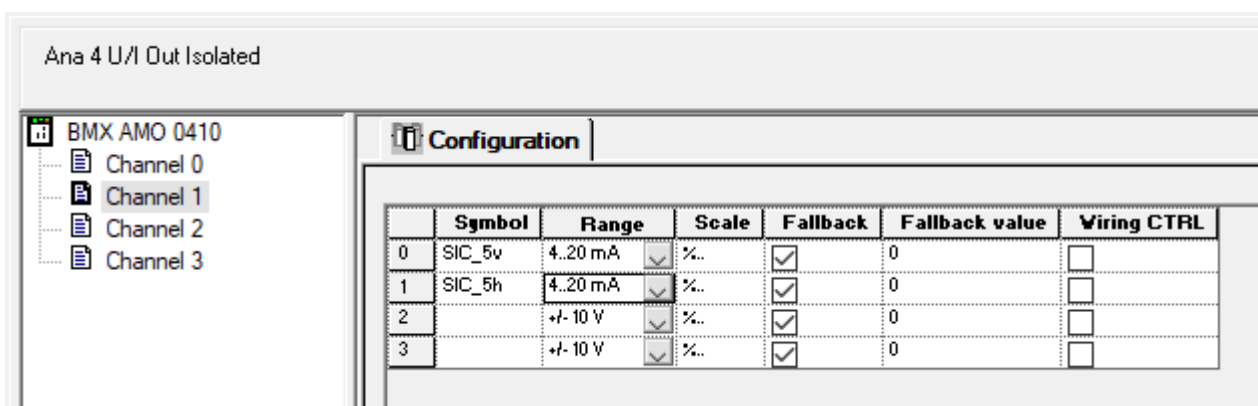


Рис. 5.4. Конфігурація модуля аналогових виходів BMX AMO 0410

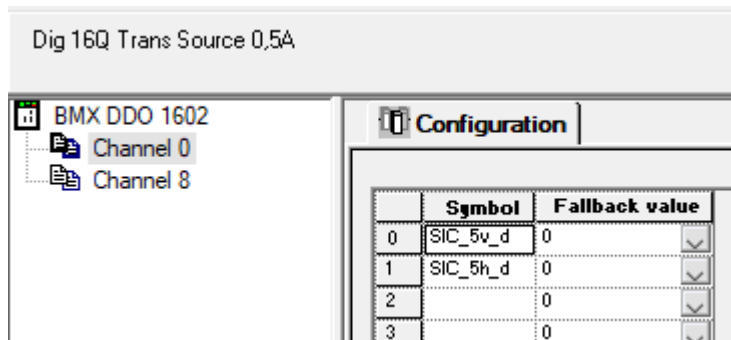


Рис. 5.5. Конфігурація модуля дискретних виходів BMX DDO 1602

Відповідно до алгоритму було розроблено програму на мові функціональних блоків FBD та має назву Main. Перелік змінних відповідно до розроблених схем та функціональних блоків, що використовуються у програмі показано на рис. 5.6-5.7.

Name	Type	Address	Value	Comment	Time stamp
L_rezerv	INT	%IW0.1.0		рівень у резервуарі	
T_rezerv	INT	%IW0.1.1		температура води	
P_vody	INT	%IW0.1.2		тиску води у трубопроводі	
F_vody	INT	%IW0.1.3		витрата води	
Q_Cl	INT	%IW0.1.4		вміст хлору у воді	
kl1v	INT	%QW0.2.0		клапан 1в	
kl3b	INT	%QW0.2.1		клапан 3б	
kl4b	INT	%QW0.2.2		клапан 4б	
kl6b	INT	%QW0.2.3		клапан 6б	
kl7b	INT	%QW0.2.4		клапан 7б	
SIC_5v	INT	%QW0.3.0		частотник двигуна M1	
SIC_5h	INT	%QW0.3.1		частотник двигуна M2	
SIC_5v_d	BOOL	%Q0.4.0		вимкнення/вмикнення двигуна M1	None
SIC_5h_d	BOOL	%Q0.4.1		вимкнення/вмикнення двигуна M2	None
START	BOOL	%M500		Старт	None
STOP	BOOL	%M501		Стоп	None
L_rezarv_SP_min	REAL	%MW600		рівень в резервуарі мінімальний	
L_rezarv_SP_max	REAL	%MW602		рівень в резервуарі максимальний	

Рис. 5.6. Перелік основних змінних процесу водопостачання

Name	no.	Type	Value	Comment
L_rez		PI_B		регулятор рівня в резервуарі
P_v1		PI_B		регулятор тиску 1
P_v2		PI_B		регулятор тиску 2

Рис. 5.7. Перелік функціональних блоків процесу водопостачання

Основна програма показана на рис. 5.8. Для порівняння чи включена кнопка START використовується блок EQ, куди на вхід IN1 подається сигнал



про стан кнопки START, а на вхід IN2 подається значення 1. Якщо сигнал правдивий, то відбувається відкриття всіх клапанів на 100 % за допомогою блоку MOVE, куди на вхід EN надходить сигнал про початок роботи, а на вхід IN подається значення 100, що відповідає повністю відкритому клапану. Якщо ж натиснута кнопка STOP і відповідне значення 1 співпадає із входом IN2 блоку 14 EQ, всі клапани закриваються і вимикаються частотні перетворювачі за допомогою блоку команди MOVE.

Регулювання рівня відбувається за допомогою блоку ПІ-регулятора PI\_B L\_rez. На вхід PV подається поточне значення рівня L\_rezerv, а на вхід SP задане значення уставки L\_rezerv\_SP. Для роботи регулятора в автоматичному режимі використовується функція MAN\_AUTO=TRUE. Всі команди, завдання та вихідні значення доступні у вигляді функціонального блоку, налаштування якого проводиться через структурний параметр PARA, в якому зазначаються обмеження за мінімумом та максимумом вхідної та вихідної величин (рис. 5.9.).

L_rezerv_PARA		Para_PI_B	
id	UINT		
pv_inf	REAL		0.0
pv_sup	REAL		100.0
out_inf	REAL		0.0
out_sup	REAL		100.0
rev_dir	BOOL		false
en_rcpy	BOOL		false
kp	REAL		1.0
ti	TIME		t#5s
dband	REAL		0.1
outbias	REAL		50.0

Рис. 5.9. Вікно налаштування параметрів регулятора для рівня у резервуарі

## РОЗДІЛ 6

### РОЗРОБКА ЛЮДИНО-МАШИННОГО ІНТЕРФЕЙСУ ОПЕРАТОРА

#### 6.1. Опис мнемосхеми оператора процесу водопостачання хлібозаводу

Система управління автоматизацією використовує систему SCADA для збору та візуалізації інформації про процес. Вибираючи конкретну SCADA, керуються наявністю відповідних драйверів для зв'язку з певним обладнанням, простотою та простотою розробки інтерфейсу та функціональністю. [28]

Розроблена система SCADA забезпечує збір відповідної інформації та візуалізацію, та архівування даних.

Citect SCADA - програмний продукт, що представляє собою систему моніторингу, управління та збору даних (SCADA - Supervisory, Control And Data Acquisition). Дана система призначена для управління технологічними процесами. RTSoft є офіційним дистриб'ютором програмних продуктів Citect.

CitectSCADA - це вибір багатьох найвідоміших в світі компаній яким потрібно масштабується, гнучке і надійне рішення.

SCADA-система CitectSCADA проектувалася і розроблялася як засіб реалізації всіх вимог підприємства у вигляді єдиної інтегрованої системи. CitectSCADA містить всі необхідні компоненти, що знімають як необхідність використання додаткового програмного забезпечення, так і фрагментації даних.

CitectSCADA - програмний продукт, що представляє собою повнофункціональну систему моніторингу, управління та збору даних, яка дозволяє забезпечити: [28]

- візуалізацію процесу в графічному режимі;
- управління алармами;
- відстеження трендів в реальному часі і доступ до архівних трендів;
- підготовку деталізованих звітів;
- статичний контроль процесу;

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				
Розроб.		Гончаренко Є.А.			Розробка системи автоматизації процесу водопостачання хлібозаводу	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Смітюх Я.В.						
Зав. каф.		Ельперін І.В.				-2-2		
Секр. ЕК.		Проскурка Є.С.						

- багатопотоковості виконання підпрограм розроблених на CitectVBA і CiCode.

Модуль візуалізації і управління CitectSCADA використовується задля відображення технологічних параметрів процесу та для контролю планування роботи верхнього шару автоматичної системи управління. Технологічний процес відображається у вигляді динамічного екрана, тобто мнемосхеми. Мнемосхема - це умовне графічне зображення певного технічного рішення. [28]

Мнемосхема процесу водопостачання хлібозаводу показана на рис. 6.1. На даній мнемосхемі відображається розроблена раніше схема автоматизації процесу із усіма параметрами даного процесу. Передбачені кнопки START/STOP для керування процесом. Також оператор має можливість задавати границі для нижнього та верхнього рівня, встановлювати потрібне значення заповнення резервуару, керувати клапанами та двигунами.

Тренди CitectSCADA є безшовної комбінацією моментальних і історичних трендів. Виводячи на екран сторінку трендів CitectSCADA, можна стежити за поточними подіями в реальному часу і просто прокрутити шкалу часу назад для перегляду історичних подій.

Будь-яка змінна може бути зареєстрована і відображена у вигляді тренда. тренд створює графічне зображення того, як змінна (вихід продукту, рівень, температура і т.д.) змінюється в часі, показуючи роботу пристрою або процесу. Тренди CitectSCADA будуються з набору дискретних значень, які наносяться на графік із заданою періодичністю або в Відповідно до деяких умовами (за заданими подій). Періодичність вибірки задається в широкому діапазоні, від 10 мілісекунд до 24 годин. [28]

Тренд зміни рівня у резервуарі показано на рис. 6.2.

Всі аварійні сигнали обробляються і управляються сервером аварій CitectSCADA. Будь-який керуючий клієнт CitectSCADA може вивести на екран поточні аварійні сигнали і підтвердити їх. Це усуває дубльовану обробку, гарантує, що аварійні сигнали підтверджені в рамках всієї системи і забезпечує перевірку безпеки на стороні сервера.

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

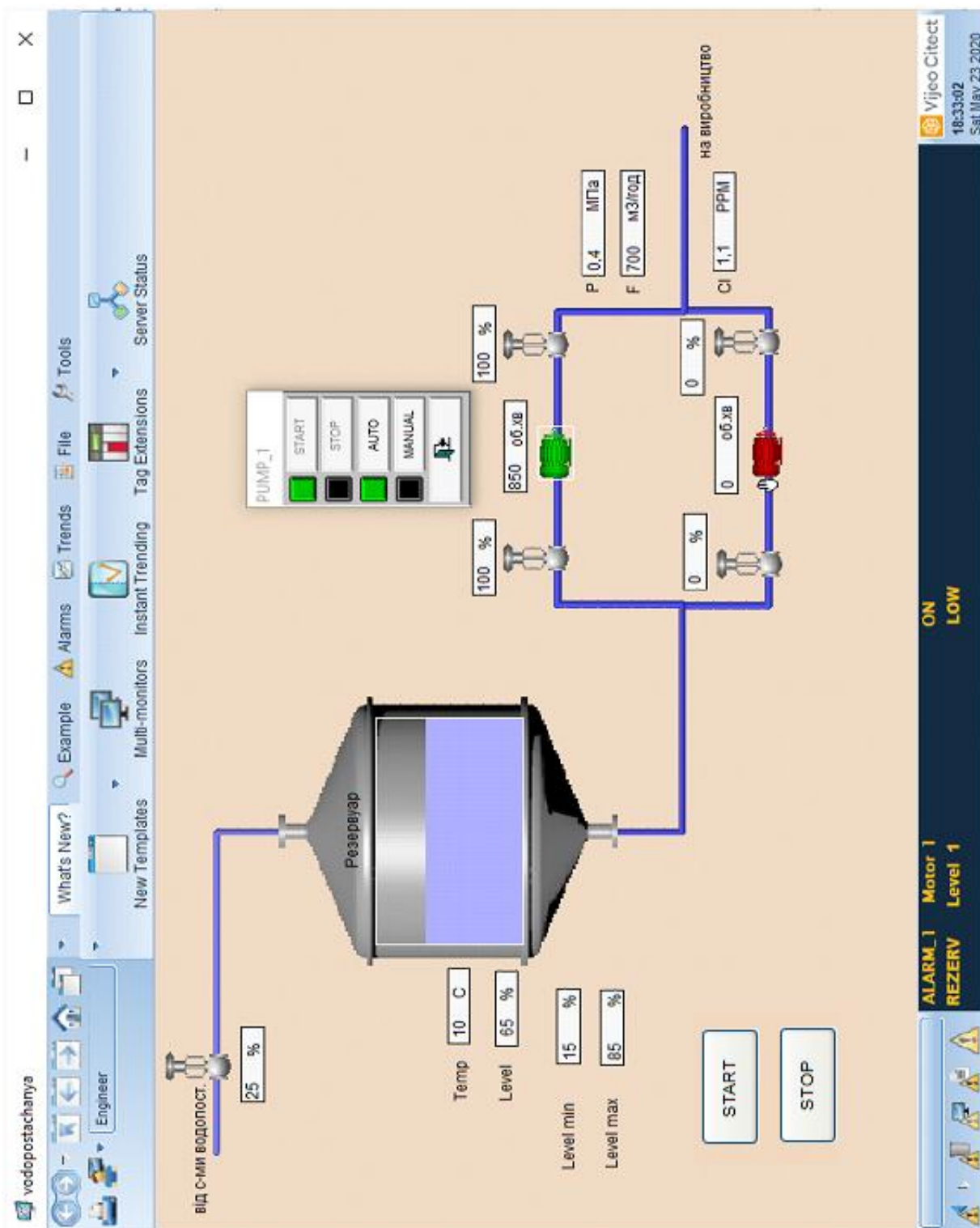


Рис. 6.1. Мнемосхема оператора процесу водопостачання хлібозаводу.

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



## РОЗДІЛ 7

# КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

### 7.1. Визначення оптимальних налаштувань регулятора

Проведемо моделювання системи керування водопостачанням та визначимо оптимальний за швидкодією регулятор.

Методика дослідження проводиться на основі [49]:

1. На основі довідника обираються параметри насоса та двигуна, будується передатна функція системи водопостачання.

2. Проводиться моделювання системи водопостачання, яка використовує існуючі методи побудови регуляторів.

3. Проводиться оцінка якості перехідних процесів.

Для виконання моделювання обрано насосний агрегат, який має наступні параметри:

$T_{дв} = 0,026$  – електромеханічна стала часу асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором;

$T_{н} = 0,231$  – стала часу насоса;

$T_{тр} = 0,01$  – стала часу насоса;

$k_{дв} = 5,061$  – коефіцієнт підсилення двигуна;

$k_{н} = 5,22$  – коефіцієнт підсилення насоса;

$k_{тр} = 0,99$  – коефіцієнт підсилення насоса.

**Постановка задачі дослідження:** існуючі регулятори системи водопостачання використовують лише неперервні функції у сигналі керування, які не дозволяють перевести систему водопостачання у заданий стан за мінімальний час, тому для забезпечення максимальної швидкодії необхідно дослідити різні види регуляторів та обрати найкращий за швидкодією.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				
Розроб.		Гончаренко Є.А.			Розробка системи автоматизації процесу водопостачання хлібзаводу	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Смітюх Я.В.						
Зав. каф.		Ельперін І.В.						
Секр. ЕК.		Проскурка Є.С.						
						-2-2		

Побудуємо структурна схеми системи водопостачання із заданою структурою, що складається із передаточних функцій із відповідними коефіцієнтами двигуна, насоса та трубопроводу.

Комп'ютерне моделювання проводиться в програмному середовищі Matlab, з використанням зовнішніх функцій Toolbox та Simulink.

Структурна схема системи керування наведена на рис. 6.1.



Рис. 6.1. Структурна схема об'єкта управління

Проведемо моделювання та дослідимо прямі показники якості перехідних процесів для різних видів регуляторів, а саме: П-, ПІ- та ПІД – регуляторів.

Прямі показники якості перехідного процесу визначають безпосередньо за його графіком (рис. 6.2). До них відносяться:

- динамічна похибка  $A_1$ , яка визначає найбільше відхилення регульованої координати від заданого значення,  $A_1 \leq A_1^{don}$ , тобто ця похибка не повинна перевищувати допустимої за технологічними вимогами;

- статична похибка  $\Delta X_{cm} \leq \Delta X_{cm}^{don}$ , яка виникає лише в статичних системах, наприклад з П-регулятором;

- час перехідного процесу,  $t_n \leq t_n^{don}$ , який визначається як інтервал часу, за який перехідний процес закінчується ( $\Delta X_{cm} = const$  або  $\Delta X_{cm} = 0$  відповідно для статичних та астатичних систем). В практичних розрахунках приймається як інтервал часу, коли  $X \leq 0.05A_1$ ;

- оцінка коливальності (ступінь затухання)

$$\psi = \frac{A_1 - A_3}{A_1}.$$

Показник  $\psi$  може приймати різні значення: при  $\psi = 1$  в системі відбувається аперіодичний процес, при  $\psi = 0$  - незагасаючі коливання

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

однакової амплітуди,  $\psi < 0$  - розбіжний перехідний процес. Для реальних АСР значення  $\psi$  приймається в межах  $0.75 \div 0.9$ .

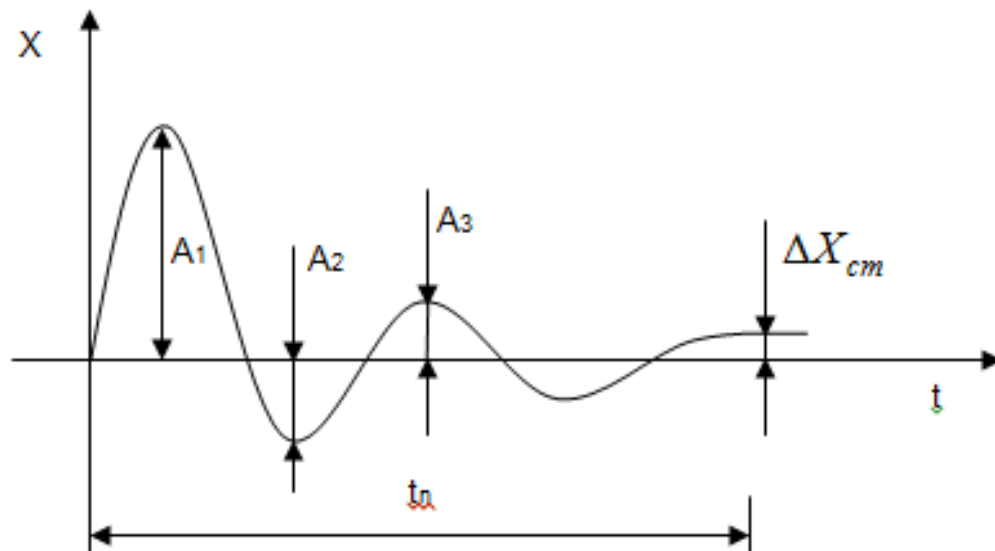


Рис. 6.2. Графік перехідного процесу АСР відносно збурення

На основі структурної схеми проведемо дослідження із П-регулятором відносно зміни завдання по тиску води в трубопроводі, яке характеризується величиною  $X_{зад}$  і нехай воно буде дорівнювати 1. Для того, щоб PID Controller перетворити у П – регулятор необхідно І- та Д – складові відключити, тобто прирівняти їх до нуля, а П – складову встановлюємо 0,4. Перехідний процес при таких налаштуваннях наведено на рис. 6.3.

Аналізуючи перехідний процес з П-регулятором, було визначено наступні характеристики процесу:

1. Степінь затухання  $\psi = \frac{A_1 - A_3}{A_1} = (0,3215 - 0,0448) / 0,3215 = 0,86$
2. Тривалість перехідного процесу:  $t_{рез} = 0,58$  с.
3. Статичну похибку:  $\Delta X_{ст} = 0,088$
4. Коефіцієнт пропорційності:  $K_p = 0,4$

Як видно із рис. 6.3 для П-регулятора присутня статична похибка, тому проведемо дослідження із ПІ- регулятором. Для цього коефіцієнт пропорційності залишається, а відбувається підбір коефіцієнта інтегрування. Перехідний процес із ПІ – регулятором наведено на рис. 6.4.

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

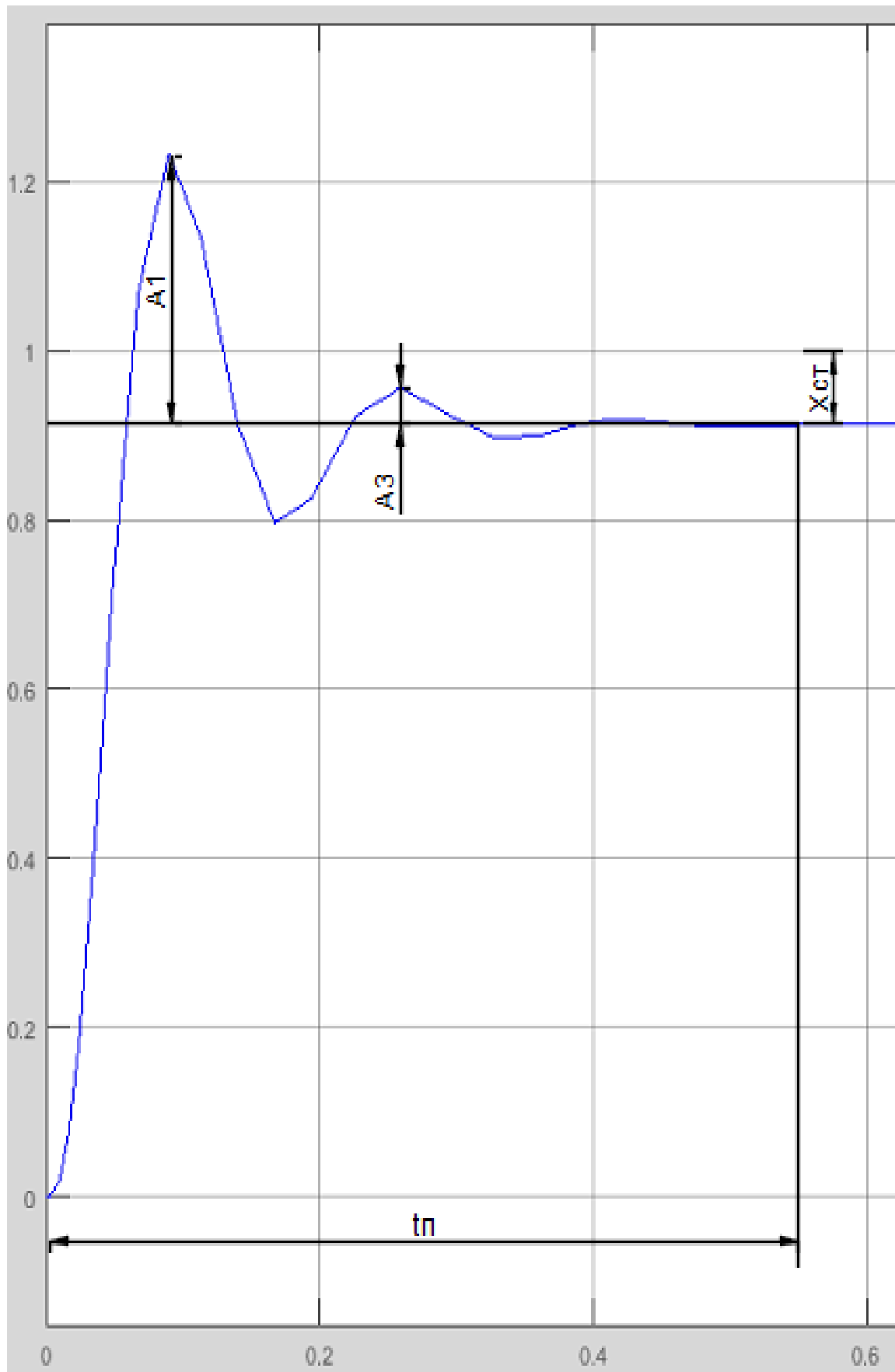


Рис. 6.3. Перехідний процес в системі із П -регулятором

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

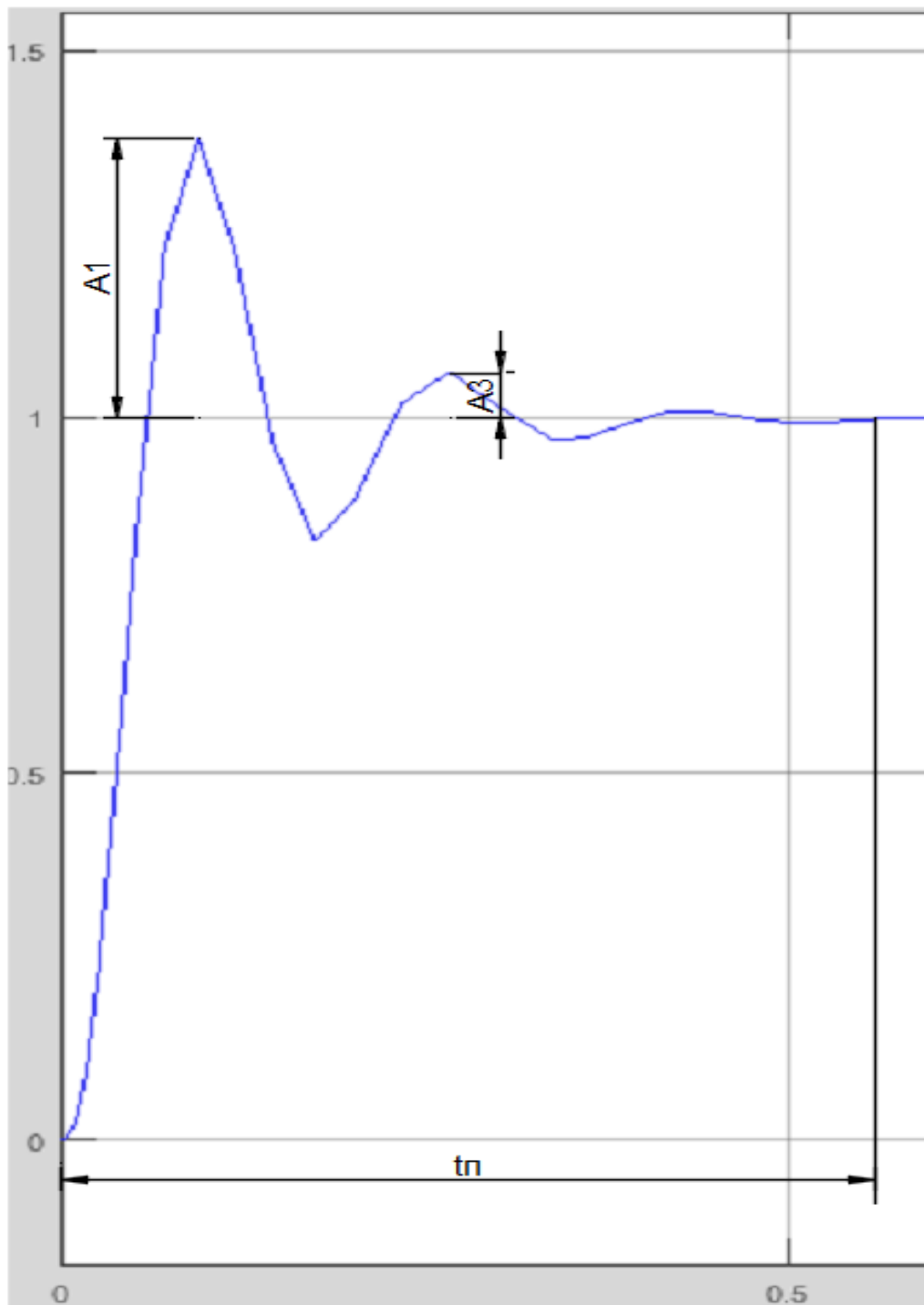


Рис. 6.4. Перехідний процес в системі із ПІ -регулятором

Аналізуючи перехідний процес з ПІ-регулятором, було визначено наступні характеристики процесу:

1. Степінь затухання  $\psi = \frac{A_1 - A_3}{A_1} = \frac{0,3807 - 0,0617}{0,3807} = 0,84$

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

2. Тривалість перехідного процесу:  $t_{пер} = 0,58$  с.
3. Статичну похибку:  $\Delta X_{ст} = 0$
4. Коефіцієнт пропорційності:  $K_p = 0,4$
5. Коефіцієнт інтегрування:  $K_i = 1,5$

Як видно із рис. 6.4, процес коливається відносно заданого значення, тобто 1, а статична похибка відсутня. Час перехідного процесу залишається однаковим для двох регуляторів. Динамічна похибка для ПІ – регулятора збільшилась незначно.

Отже, можна зробити висновок, що для досліджуваної системи водопостачання найкращим є ПІ – регулятор, адже він забезпечує підтримання зміну заданого значення тиску за рахунок І – складової, яка ще і забезпечує швидкодію процесу.

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

## ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі було розглянуто водопостачання хлібозаводу.  
Відповідно до завдання:

5. розроблені схема автоматизації водопостачанням хлібозаводу, схема підключення датчиків та виконавчих механізмів до контролера;
6. розроблена розширена схема підключення датчика тиску PTL-16-A через ITM-110.
7. показано монтаж гідростатичного рівнеміра APR-2200;
8. розроблено програмне забезпечення процесом водопостачання на базі програмного середовища Unity Pro з використанням мови програмування FBD;
9. розроблена SCADA-програма з використанням програмного забезпечення Vijeo Citect для водопостачання;
10. проведено моделювання різних типів регуляторів системи автоматичного керування із заданою структурою, що включає передаточні функції двигуна, насосу та трубопроводу, було встановлено, що ПІ-регулятор є найкращим для досліджуваної системи.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дробот, В. І. Технологія хлібопекарського виробництва / В. І. Дробот. – Київ : Логос, 2002. – 365 с.
2. Кравчук, Р. К. Автоматизация предприятий хлебопекарной промышленности Украины / Р. К. Кравчук // Автоматизация технологических і бизнес-процесів. - 2014. - № 17. - С. 29-32. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/avtib\\_2014\\_17\\_10](http://nbuv.gov.ua/UJRN/avtib_2014_17_10).
3. Момотюк, В. В. Енергоаудит хлібокомбінату – основа розробки енергозберігаючих технологій і створення інтелектуальної системи управління електротехнологічним комплексом / В. В. Момотюк, В. В. Козирський // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Техніка та енергетика АПК. - 2016. - Вип. 242. - С. 125-129. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau\\_tech\\_2016\\_242\\_21](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_tech_2016_242_21).
4. Айрапетян, Т.С. Водне господарство промислових підприємств: навч. посібник / Т. С. Айрапетян. – Харків: ХНАМГ, 2010.– 280 с.
5. Аксенов, В.И. Водное хозяйство промышленных предприятий: Справ. пособие / В. И. Аксенов. – Москва: Теплотехник, 2005. – 640с.
6. Иванов В.Г. Водоснабжение промышленных предприятий: Учеб. пособие / В. Г. Иванов. – Санкт-Петербург : Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2003. – 537с.
7. Автоматизация та диспетчеризация водопостачання. Режим доступу: <https://www.novus-cybernetic.com/poslugy/avtomatyzatsiia-vodopostachannia>
8. Автоматизация систем водопостачання. Режим доступу: <https://www.svaltera.ua/solutions/projects/10183.php>

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

9. Система автоматизованого управління веєрною насосною станцією ґрунтового водозабору. Режим доступу: <https://www.svaltera.ua/solutions/projects/9237.php>

10. Трегуб, В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. Посібник / В.Г. Трегуб. – Київ: Ліра-К, 2014 – 342 с.

11. Нестеров, А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 / А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2006. – 844 с.

12. Нестеров, А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 2 / А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2009. – 944 с.

13. Термоперетворювачі. Режим доступу: <https://www.aotera.com.ua/commonfiles/t-sensors.pdf>

14. Интеллектуальный преобразователь (датчик) перепада давления APR-2200 с дистанционными разделителями. Режим доступу: <https://aplisens.com.ua/ru/prod/11>.

15. Датчик давления жидкости PTL-16-A. Режим доступу: [https://hkinstruments.fi/wp-content/uploads/2019/09/PTL-Series\\_Datasheet-RUS-2.1.pdf](https://hkinstruments.fi/wp-content/uploads/2019/09/PTL-Series_Datasheet-RUS-2.1.pdf)  
<https://iq-climat.com.ua/p507679628-datchik-davleniya-zhidkosti.html>

16. MAG 6000. Режим доступу: <https://www.avigan.com.ua/page/magflo-mag-5000-i-magflo-mag-6000/mp/783/>

17. Пневмоприводи. Режим доступу: <https://www.kck.ua/dir/actuators/pneumatic/pnevmoprivody-kompanii-interapp.html>

18. Автушенко, М.О. Аналіз і синтез систем управління електроприводами насосних агрегатів та об'єктів гарячого водопостачання : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.09.03 “Електротехнічні комплекси та системи” / М. О. Автушенко. — Мінськ, 2010. — 19 с.

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

19. Бур'ян, С.О. Екстремальні енергоефективні електромеханічні системи автоматизації багатоагрегатних насосних установок. : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.09.03 “Електротехнічні комплекси та системи” / С. О. Бур'ян. — Київ, 2012. — 24 с.

20. Бур'ян, С.О. Підвищення енергоефективності електромеханічної системи автоматичного керування послідовно з'єднаними насосами водопостачання / С.О. Бур'ян // Наукові праці ДНТУ. Серія 134 «Електротехніка і енергетика». – Донецьк : ДНТУ, 2013. - №1(14)'2013. – С. 47-52

21. Решения Schneider Electric в области электроснабжения и автоматизации систем водоснабжения и водоотведения. // Schneider Electric – Рюэй-Мальмезон, 2011. – 44с. – Режим доступа: [http://www.schneiderelectric.ua/documents/solutions/Water\\_cat\\_2011.pdf](http://www.schneiderelectric.ua/documents/solutions/Water_cat_2011.pdf) – Дата обращения: 25.05.20.

22. Попкович, Г.С. Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения : Учеб. Для вузов / Г.С. Попкович – Москва: Высш. Шк., 1986. – 392 с.

23. Рувльнов, А.А. Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения / А. А. Рувльнов, К.Ю. Евстафьев – Москва : Инфра-М, 2007. – 201 с.

24. Эгильский, И.С. Автоматизированные системы управления технологическими процессами подачи и распределения воды / И. С. Эгильский – Л: Стройиздат, Ленингр. Отд-ние, 1988. – 216 с.,ил.

25. Ельперін, І.В. Промислові контролери. Частина 2 / І. В. Ельперін // Київ: НУХТ. – 2012. – 106 с

26. Платформа автоматизації Modicon M340. Режим доступу: <https://www.electrocentr.com.ua/products/plc/m340.html>

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

27. Пупена, О.М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro / О.М. Пупена, І.В. Ельперін //Навч. посібник. – К.: Видавництво Ліра-К. – 2013. – 340с.

28. Технический обзор Citect SCADA. Режим доступа: [http://www.scada.ru/scada-images/CitectSCADA\\_TechnicalOverview\\_2012.pdf](http://www.scada.ru/scada-images/CitectSCADA_TechnicalOverview_2012.pdf)

29. Ладанюк, А.П. Теорія автоматичного керування: курс лекцій, ч.1./ А. П. Ладанюк – Вінниця.: Нова книга, 2004. – 184 с.

30. Ладанюк, А.П. Теорія автоматичного керування: курс лекцій, ч.2/ А. П. Ладанюк – Київ.: НУХТ, 2005. – 115 с.

31. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” денної та заочної форм навчання : уклад. І.В. Ельперін, В.М. Сідлецький, Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка. – НУХТ, 2020. – 73 с.

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