

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

**Інститут (факультет) *Автоматизації і комп'ютерних систем***  
**Кафедра *Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління***  
***ім. проф. А.П. Ладанюка***

«До захисту в ЕК»

«До захисту допущено»

Директор інституту (декан факультету)

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Андрій ФОРСЮК  
(підпис) (ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ Ярослав СМІТЮХ  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«\_\_\_» грудня 2024 р.

«\_\_\_» грудня 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

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

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Комп'ютерні технології та програмування в автоматизованих системах управління»

на тему: Автоматизована система управління виготовленням хліба з підсистемою замішування та підготовки тіста

Виконав: здобувач 2 курсу, групи АК-2-1М

Крещенко Павло Анатолійович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник Полупан Володимир Володимирович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_

(ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент Грибков Сергій

(ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

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

Здобувач \_\_\_\_\_

(підпис)

Київ – 2024 р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління ім. проф. А.П. Ладанюка

Освітній ступінь магістр

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

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерні технології та програмування в автоматизованих системах управління»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

Ярослав СМІТЮХ

« » 2024 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Креценка Павла Анатолійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Автоматизована система управління виготовленням хліба з підсистемою замішування та підготовки тіста

керівник роботи кандидат технічних наук, доцент Полупан Володимир Володимирович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від від “07”жовтня 2024 року № 884-кв

2. Строк подання здобувачем роботи \_\_\_\_\_

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. Аналіз технологічного об'єкту автоматизації та існуючих АСК. 1.1.

Аналіз технологічного об'єкту автоматизації. 1.2. Аналіз АСК технологічним об'єктом. 1.3. Постановка задачі кваліфікаційної роботи магістра. 2.

Загальносистемні рішення. 2.1. Загальний опис об'єкту та системи.

2.2. Функціональна структура системи. 2.3. Опис функцій, що автоматизуються.

2.4. Структурна схема комплексу технічних засобів. 2.5. Опис інформаційного забезпечення КІСК ТСТ виробництва та основного відділення. 3. Розробка

підсистеми керування технологічним процесом. 3.1. Схема автоматизації та специфікація приладів та засобів автоматизації польового рівня. 3.2. Схема

компонування та специфікація модулів ПЛК та PDS. 3.3. Перелік технологічних параметрів для функції диспетчерського контролю та управління основними

технологічними параметрами виробництва. 3.4. Перелік технологічних параметрів для функції ведення архіву основної технологічної інформації. 3.5. Схеми з'єднань та підключень проводок промислових мереж. 4. Розробка алгоритма та програми для ПЛК для автоматизації процесу замісу та підготовки тіста. 4.1. Розроблення алгоритмічної структури алгоритму керування. 4.2. Розроблення структури програми. 4.3 Розроблення ППЗ на мові FBD. 4.4. Розробка людинно-машинного інтерфейсу оператора технолога. Висновки. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Схема автоматизації. 2. Структурна схема КТС. 3. Схема мережевих інформаційних потоків. 4. Схема з'єднань проводок промислових мереж.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Видача та затвердження завдання	Перед переддипломною практикою	
2	Розділ 1. Аналіз технології та існуючих АСК технологічним об'єктом	Захист переддипломної практики	
3	Розділ 2. Розробка структурної схеми комплексу технічних засобів	3 тиждень	
4	Розділ 3. Розробка схеми автоматизації та вибір технічних засобів автоматизації	5 тиждень	
5	Розділ 3. Розробка схеми з'єднань та підключень проводок промислових мереж	7 тиждень	
6	Розділ 4. Розробка алгоритма та програми для ПЛК для автоматизації процесу замісу та підготовки тіста.	11 тиждень	

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Павло КРЕЩЕНКО

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Володимир ПОЛУПАН

## Анотація

Перший розділ магістерської кваліфікаційної роботи присвячений аналізу процесу бродіння тіста та огляду існуючих рішень щодо автоматизації цього етапу виробництва. У рамках розділу досліджуються основні технологічні особливості бродіння, включаючи контроль параметрів середовища, таких як температура, вологість і час. Особливу увагу приділено технічним засобам, які забезпечують точність виконання процесу, а також їх інтеграції в загальну систему виробництва хліба. Розділ також містить огляд сучасних технічних рішень для автоматизації бродіння, таких як програмовані логічні контролери (ПЛК), датчики температури і вологості, виконавчі механізми, а також спеціалізоване програмне забезпечення для моніторингу й управління. Аналізуючи існуючі підходи, у роботі визначено ключові аспекти, що впливають на якість і стабільність процесу бродіння тіста.

Другий розділ зосереджений на розробці функціональної структури інтегрованої системи автоматизації процесу бродіння. У ньому детально описано структурну схему комплексу технічних засобів, а також схему інформаційних потоків, які забезпечують обмін даними між підсистемами. Розділ також охоплює визначення основних функціональних блоків системи та їх взаємодії для досягнення оптимальних умов бродіння. Важливим аспектом є опис вимог до інтеграції підсистем замішування тіста й управління температурою та вологістю.

Третій розділ роботи охоплює розробку та опис схеми автоматизації. Тут наведено специфікацію технічних засобів автоматизації, включаючи датчики, виконавчі механізми та модулі ПЛК, які використовуються для забезпечення контролю за процесом. Особливу увагу приділено монтажним схемам, схемам підключення датчиків і виконавчих механізмів до ПЛК Schneider Electric M340, а також організації електроживлення системи. У розділі також описано алгоритми управління основними параметрами бродіння, зокрема температури та часу витримки.

Четвертий розділ спрямований на розробку програмного забезпечення для автоматизованої системи управління бродінням тіста. Програма створюється для ПЛК у середовищі Unity PRO, а в програмному забезпеченні Citect SCADA розробляється дисплейна мнемосхема для моніторингу процесу. Також у цьому розділі детально розглянуто створення алгоритмів для регулювання температури та вологості, інтеграцію модулів ПЛК і взаємодію з іншими підсистемами виробництва хліба.

## **Annotation**

The first chapter of the master's qualification thesis is dedicated to the analysis of the dough fermentation process and the review of existing solutions for automating this stage of production. This chapter explores the main technological features of fermentation, including the control of environmental parameters such as temperature, humidity, and time. Special attention is given to technical means that ensure the accuracy of the process, as well as their integration into the overall bread production system. The chapter also provides an overview of modern technical solutions for fermentation automation, such as programmable logic controllers (PLCs), temperature and humidity sensors, actuators, and specialized software for monitoring and control. By analyzing existing approaches, the study identifies key factors affecting the quality and stability of the dough fermentation process.

The second chapter focuses on developing the functional structure of an integrated automation system for the fermentation process. It provides a detailed description of the structural diagram of the technical equipment complex and the information flow diagram that facilitates data exchange between subsystems. The chapter also includes the identification of the main functional blocks of the system and their interactions to achieve optimal fermentation conditions. A significant aspect is the description of requirements for the integration of the dough mixing and temperature and humidity control subsystems.

The third chapter addresses the development and description of the automation scheme. It presents the specification of automation equipment, including sensors, actuators, and PLC modules, used to ensure process control. Special attention is given to installation diagrams, wiring diagrams for connecting sensors and actuators to the Schneider Electric M340 PLC, and the organization of system power supply. This chapter also describes control algorithms for key fermentation parameters, including temperature and holding time.

The fourth chapter is focused on the development of software for the automated dough fermentation management system. The program is created for PLCs in the Unity PRO environment, and a display mimic diagram for process monitoring is developed in Citect SCADA software. Additionally, this chapter provides a detailed discussion of the creation of algorithms for regulating temperature and humidity, the integration of PLC modules, and their interaction with other bread production subsystems.

## Зміст

Вступ.....	7
Розділ 1. Аналіз технологічного об'єкту автоматизації та АСК .....	9
1.1 Аналіз технологічного об'єкту автоматизації.....	9
1.2 Аналіз АСК технологічним об'єктом.....	12
1.3. Постановка задачі кваліфікаційної роботи магістра .....	13
Розділ 2. Загальносистемні рішення.....	14
2.1. Загальний опис об'єкту та системи .....	14
2.2. Функціональна схема системи.....	16
2.3. Опис функцій, що автоматизуються .....	19
2.4. Структурна схема комплексу технічних засобів .....	23
2.5. Опис інформаційного забезпечення КІСК .....	26
Розділ 3. Розробка підсистеми керування технологічним процесом.....	30
3.1. Схема автоматизації та специфікація приладів та засобів автоматизації польового рівня .....	30
3.2. Схема компонування та специфікація модулів ПЛК та PDS .....	33
3.3. Список параметрів для функції диспетчерського та технологічного аналізу та управління технологічним процесом бродіння тіста .....	38
3.4 Перелік технологічних параметрів для функції ведення архіву основної технологічної інформації .....	40
3.5. Схеми з'єднань та прокладення мережевих проводок .....	41
Розділ 4. Розробка алгоритму та програмного забезпечення для ПЛК автоматизації процесу бродіння тіста. ....	45
4.1. Створення алгоритмічної структури системи керування.....	45
4.2. Розробка структури програми .....	49
4.3. Розробка програмного забезпечення на мові FBD .....	51
4.4. Розробка інтерфейсу оператора для управління процесом бродіння тіста .....	56
Висновки.....	61
Список використаних джерел.....	62

## Вступ

Хліб є одним із найважливіших продуктів харчування, адже він становить основу раціону багатьох людей і є невід'ємною складовою щоденного харчування. Його харчова цінність обумовлена багатим вмістом поживних речовин, таких як білки, жири, вуглеводи, вітаміни та мінерали, що забезпечують організм енергією та необхідними елементами для життєдіяльності. В умовах сучасного ринку важливим завданням є розширення асортименту хлібобулочних виробів, зниження їхньої собівартості та забезпечення високої якості продукції.

Технологія виготовлення хліба передбачає багатоступеневий процес, що включає такі основні етапи: підготовка сировини, заміс тіста, бродіння, поділ, округлення (за необхідності), відлежування, формування, вистійка, випічка, охолодження та пакування. Кожен із цих етапів має критичне значення для формування кінцевих споживчих характеристик продукції.

Основне місце у виробництві хліба займає процес замісу та бродіння тіста, оскільки саме на цих етапах формується основа структури й аромату кінцевого продукту. Заміс тіста не лише забезпечує рівномірне перемішування інгредієнтів, але й сприяє утворенню клейковинного каркаса, необхідного для пружності та еластичності тіста. Одночасно з цим відбувається захоплення повітряних мікробульбашок, які пізніше формують пористу структуру м'якушки.

Процес бродіння, що є наступним етапом, забезпечує тілу необхідні фізико-хімічні властивості, такі як еластичність, формостійкість та насиченість смако-ароматичними сполуками. У ході бродіння дріжджі виробляють діоксид вуглецю, спирт та інші органічні речовини, що визначають смак і аромат готового хліба.

Впровадження автоматизованих систем управління процесами замісу та бродіння тіста дозволяє не лише підвищити якість продукції, але й

оптимізувати виробничі витрати, забезпечити стабільність технологічних параметрів та зменшити вплив людського фактора. Таким чином, автоматизація цих процесів є важливим кроком у розвитку сучасних хлібопекарських виробництв і створює передумови для інтеграції інноваційних підходів у виробничий цикл.

# Розділ 1. Аналіз технологічного об'єкту автоматизації та АСК

## 1.1 Аналіз технологічного об'єкту автоматизації

Процес замісу тіста на хлібопекарських підприємствах є одним із найважливіших етапів у виробничому циклі, адже саме на цьому етапі закладаються основні фізико-хімічні властивості майбутнього хлібобулочного виробу. Для виконання цієї операції використовуються спеціалізовані тістомісильні машини, які забезпечують якісне змішування таких основних компонентів, як борошно, вода, дріжджі, сіль, цукор, жири та інші добавки, відповідно до рецептури. Основною метою замісу є отримання однорідної маси з оптимальною консистенцією, насиченої повітрям, що є необхідним для формування пористої структури готового виробу.

Заміс тіста може здійснюватися двома основними методами:

**Порційний метод.** У цьому випадку використовуються машини періодичної дії, де заміс виконується окремими партіями. Це дозволяє більш ретельно контролювати якість тіста, але вимагає додаткових витрат часу та ресурсів.

**Безперервний метод.** Використовується обладнання безперервної дії, яке забезпечує подачу компонентів та формування тіста у вигляді потоку. Такий підхід є ефективнішим з точки зору продуктивності, однак потребує точного контролю технологічних параметрів для уникнення дефектів у тісті.

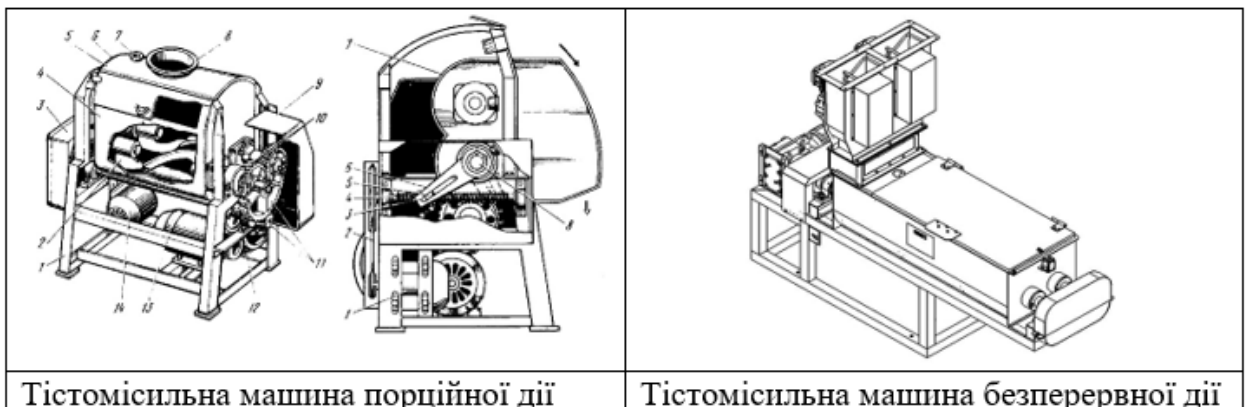


Рис 1.1 Вигляд тістомісильних машин

Технологія приготування тіста передбачає також вибір між опарним та безопарним способами. Опарний метод, який включає попереднє бродіння частини борошна з дріжджами, дозволяє покращити якість тіста завдяки:

- Активізації дріжджів та їхньому розмноженню.
- Гідратації білкових речовин, що сприяє покращенню структури тіста.
- Накопиченню ароматичних і смакових сполук, які надають готовому виробу характерного смаку та запаху.

Важливим фактором, що впливає на якість тіста, є температурний режим. Температура води та інших інгредієнтів, що подаються в тістомісильну машину, повинна бути оптимальною для ферментативної активності дріжджів. Так, температура опари зазвичай підтримується на рівні 28–29°C, а для тіста залежить від зовнішніх умов і властивостей борошна. У виробничих умовах контроль температури здійснюється за допомогою термометрів опору, які забезпечують високу точність вимірювань [1][2].

Окрім температури, важливими показниками є вологість і кислотність тіста. Для їх контролю застосовуються надвисокочастотні вологоміри та рН-метри, які дозволяють оперативно оцінити стан тіста та своєчасно коригувати процес замісу.

Сучасне автоматизоване обладнання дозволяє контролювати й інші параметри процесу, такі як:

Рівень борошна та інших компонентів у дозаторах.

Швидкість обертання робочих органів тістомісильної машини.

Тривалість замісу.

Застосування двофазного приготування тіста, зокрема на рідкій опарі, має низку переваг. Це спрощує транспортування опари, знижує витрати на її бродіння та підвищує стабільність роботи обладнання. Рідка опара, завдяки

своїй вищій вологості (65–67%), є економічно вигіднішою порівняно з густою опарою, оскільки потребує менших ємностей для зберігання [3].

Використання автоматизованих систем управління забезпечує високу точність виконання всіх етапів технологічного процесу, що дозволяє знизити вплив людського фактора, підвищити якість тіста та забезпечити стабільність виробничого циклу [1][3].

## 1.2 Аналіз АСК технологічним об'єктом

Мнемосхема, що відображає процес автоматизованого бродіння тіста, дозволяє оператору контролювати хід технологічного процесу та слідкувати за змінами ключових параметрів. Наприклад, у режимі ручного управління оператор має можливість вносити зміни в положення регулюючих органів, адаптуючи процес до необхідних умов. Це сприяє оперативному реагуванню на відхилення від норм та забезпеченню стабільності виробництва.

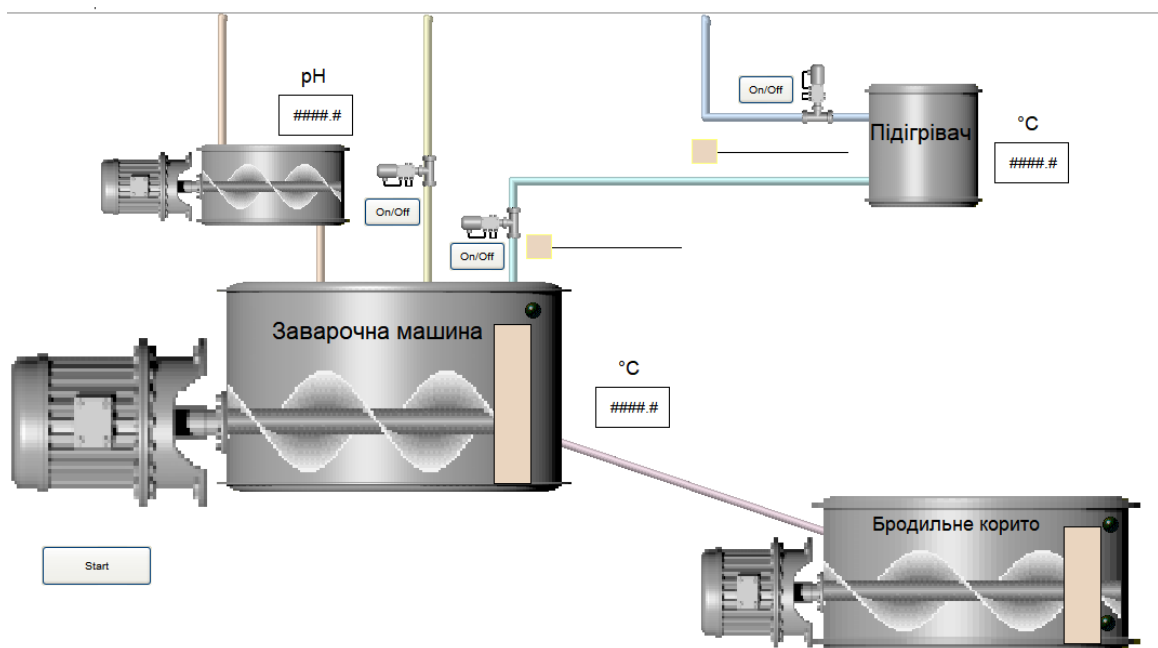


Рис 1.2 Загальний вигляд мнемосхеми

### **1.3. Постановка задачі кваліфікаційної роботи магістра**

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є розробка автоматизованої системи управління виготовленням хліба, яка включає підсистему замішування та підготовки тіста. Особлива увага приділяється координації цієї підсистеми з процесом бродіння тіста та інтеграції її до загальної автоматизованої системи управління виробництвом хлібобулочних виробів. Це дозволить забезпечити стабільність технологічних параметрів, підвищити якість кінцевої продукції та оптимізувати використання ресурсів.

Завданням роботи є створення моделі системи, яка забезпечуватиме моніторинг і регулювання ключових параметрів процесу замішування та бродіння тіста, таких як температура, вологість, консистенція та кислотність, а також взаємодію цієї системи із загальним верхнім рівнем управління виробничим процесом.

## **Розділ 2. Загальносистемні рішення**

### **2.1. Загальний опис об'єкту та системи**

На хлібопекарському виробництві процес автоматизованого бродіння тіста організований за допомогою інтегрованої системи керування (ІСК). Ця система забезпечує моніторинг і управління основними параметрами процесу, такими як температура, вологість, рівень суміші та хімічні характеристики. Інтеграція ІСК із суміжними етапами виробництва, зокрема замісом тіста, дозволяє оптимізувати весь технологічний цикл, забезпечуючи високу якість кінцевої продукції.

Процес бродіння починається із завантаження тіста в бродильні ємності, де за допомогою термодетекторів опору (наприклад, ДТС064-РТ100) вимірюється температура суміші. Отримані дані передаються до ПЛК, де здійснюється аналіз і регулювання температури за допомогою пневматичних клапанів. Це забезпечує підтримання оптимального температурного режиму, необхідного для активності дріжджів та ферментативних процесів.

Рівень суміші в бродильних коритах контролюється ємнісними датчиками Capanio CN 4020, які передають сигнал до ПЛК. На основі отриманої інформації регулюється подача компонентів через дозатори. Для досягнення заданої консистенції та вологості використовується шнековий дозатор із вологоміром FIZEPR-SW100.10, який контролює вологість борошна, що поступає до заварочної машини.

Після завершення бродіння тісто транспортується на наступні етапи виробництва за допомогою стрічкового транспортера. Автоматизація процесу транспортування синхронізується з роботою інших систем для забезпечення безперервності технологічного циклу.

Автоматизована система керування процесом бродіння тіста інтегрується із загальною системою управління виробництвом, що дозволяє оператору здійснювати моніторинг і вносити необхідні коригування через інтерфейс

## 2.2. Функціональна схема системи

Функціональна структура автоматизованої системи управління процесом бродіння тіста розроблена з урахуванням особливостей виробництва та вимог до контролю якості. Система побудована на багаторівневій ієрархії:

0-й рівень: польові пристрої, такі як термоперетворювачі, ємнісні датчики рівня та вологоміри.

1-й рівень: контролери (ПЛК), що забезпечують збір, обробку та передачу даних від польових пристроїв.

2-й рівень: SCADA/HMI-системи для візуалізації та моніторингу процесу в реальному часі.

3-й рівень: система управління виробництвом, що відповідає за оптимізацію та координацію технологічних процесів.

Основні функції системи включають:

Контроль температури суміші в заварочній машині за допомогою термоперетворювачів опору, регулювання здійснюється через клапани з пневмоприводами.

Вимірювання та регулювання рівня суміші у бродильному кориті через ємнісні датчики та електромагнітні клапани.

Контроль вологості борошна перед подачею в заварочну машину за допомогою вологоміра.

Регулювання температури води, що поступає в систему, через контур із термоперетворювачем і клапаном.

Функціональна схема системи відображає взаємодію між компонентами та інформаційними потоками. Всі ключові параметри відображаються на мнемосхемі, яка дозволяє оператору здійснювати моніторинг у реальному часі та вносити коригування за необхідності.

Розроблена система автоматизації процесу бродіння тіста підвищує ефективність виробництва, знижує вплив людського фактора та забезпечує високу якість хлібобулочних виробів.

Схему функціональної структури для автоматизованої системи управління виготовленням хліба з підсистемою замішування та підготовки тіста наведено на рисунку 2.1.

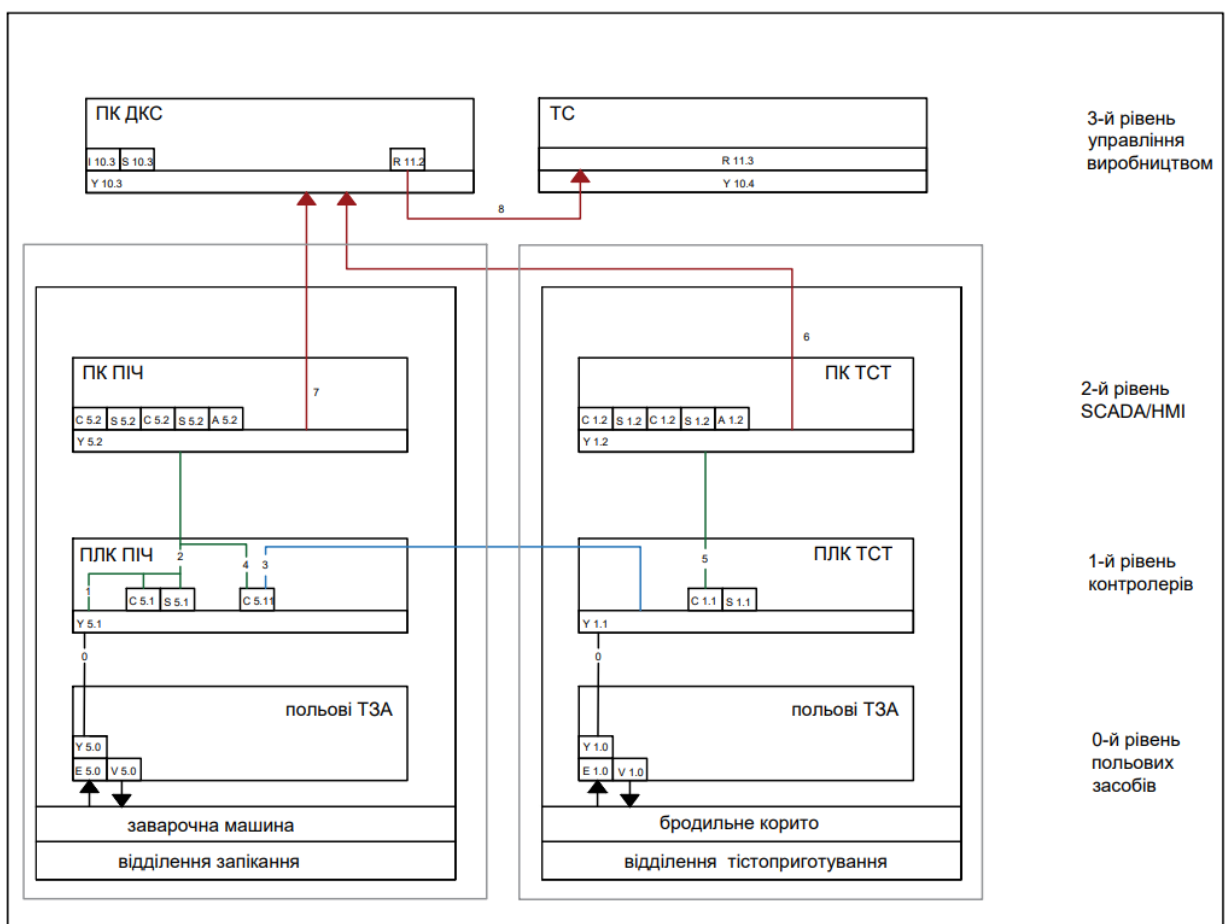


Рис. 2.1. Функціональна структура KICK

Позначення	Найменування
польові ТЗА	технічні засоби автоматизації, які відносяться до польового рівня
ПЛК ПЧ	мікропроцесорний контролер <u>заварочної машини</u>
ПЛК ТСТ	мікропроцесорний контролер <u>тістоприготування</u>
ПК ПЧ	АРМ оператора <u>заварочної машини</u>
ПК ТСТ	АРМ оператора <u>тістоприготування</u>
ПК ДКС	<u>диспетчерсько-координуюча станція</u> – АРМ начальника зміни на базі комп'ютера
ТС	технологічний сервер - сервер архівів основних виробничих параметрів
E1.0, E5.0	вимірювальне перетворення
V1.0, V5.0	управління технологічним обладнанням та виконавчими механізмами
У	перетворення та обробка інформації
C1.1, C5.1	автоматизоване регулювання, управління технологічним процесом
C5.11	автоматизоване управління відправлення тіста на <u>ТСТтеризацію</u>
C1.2, C5.2	дистанційне управління, формування завдання, настройка регуляторів
S1.1, S5.1	автоматизоване включення, відключення, переключення, блокування, запуск задач
S1.2, S5.2	дистанційне включення, відключення, переключення, блокування, запуск задач, зміна режимів роботи регуляторів
I1.2, I5.2	відображення для контролю за технологічним процесом
I10.3	відображення для диспетчерського контролю за виробничим процесом
I10.11	відображення архівних даних по всьому виробництву
R1.2, R5.2	реєстрація параметрів технологічного процесу
R11.2,R11.3	реєстрація основних виробничих параметрів
A1.2, A5.2	контроль стану обладнання, технологічна сигналізація
A10.3	контроль виробничих параметрів, контроль якості виробництва

Таблиця 2.1 таблиця умовних позначень до схеми функціональної структури.

### 2.3. Опис функцій, що автоматизуються

У текстовому описі автоматизованих функцій системи управління процесом бродіння тіста пояснюється схема функціональної структури та детально уточнюються її елементи. Зокрема, зазначаються:

Список функцій і задач із зазначенням їх періодичності та тривалості виконання.

Перелік сигналів і даних, які забезпечують інформаційні зв'язки між функціями.

Вимоги до оновлення сигналів і даних на входах функцій, включаючи частоту отримання інформації.

У системі автоматизації процесу бродіння тіста автоматизовані функції, представлені в схемі функціональної структури, деталізовані в таблиці 2.2. У таблиці наведено призначення кожної функції, вимоги до її параметрів і характер інформаційного обміну.

Функції, які автоматизуються в системі керування процесом бродіння тіста, включають:

Контроль температури в заварочній машині та бродильному кориті. Періодичність отримання даних – кожні 5 секунд. Сигнали передаються від термоперетворювачів опору до ПЛК, який регулює роботу пневматичних клапанів для підтримання заданої температури.

Моніторинг рівня суміші в ємностях. Інформація оновлюється в реальному часі, а сигнали передаються від ємнісних датчиків рівня до ПЛК, забезпечуючи своєчасну корекцію подачі компонентів.

Контроль вологості борошна, що поступає до заварочної машини. Частота оновлення даних – кожні 10 секунд. Сигнали надходять від вологоміра до ПЛК для розрахунку кількості води та опари, що додаються.

Регулювання температури води для замісу. Контроль здійснюється через термодатчики та клапани, а інформація оновлюється кожні 2 секунди для забезпечення стабільності параметрів.

Збір і обробка даних про стан системи. Дані передаються до SCADA/HMI для візуалізації параметрів процесу та створення звітів.

Ці функції забезпечують взаємозв'язок між компонентами системи, оптимізацію технологічного процесу та мінімізацію впливу людського фактора. Таблиця 2.2 надає детальний опис автоматизованих функцій, включаючи їх параметри та взаємодію в системі.

№	Найменування змінної	Польові ТЗА ПІЧ		ПЛК ПІЧ		SCADA ПІЧ						
		Prm.E5.0	Prm.V5.0	Prm.Y5.1	Prm.C5.1	Prm.Y5.2	Prm.I5.2	Prm.HC5.2	Prm.R5.2	Prm.Rlog5.2	Prm.A5.2	Prm.Alog5.2
1	ТЕ дійсне	0-40°C	-	IN	Prm.C5.1	IN	1с	-	10с, 1міс	-	<7°C >15°C	1міс
2	ТЕ задане	-	-	-	Prm.C5.1	IN/OUT	1с	+	10с, 1міс	1 міс	-	-
3	Кл подачі холодної води в зав. машину	-	0-100%	OUT	Prm.C5.1	IN/OUT	1с	+	10с, 1міс	-	-	-
4	Per TE p\а	-	-	-	Prm.C5.1	IN/OUT	HC	+	Змін, 1міс	1міс	-	-
5	Per TE -Min	-	-	-	Prm.C5.1	IN/OUT	HC	+	10с, 1міс	-	-	-
6	Per TE -Max	-	-	-	Prm.C5.1	IN/OUT	HC	+	10с, 1міс	-	-	-
7	Per TE- Kp	-	-	-	Prm.C5.1	IN/OUT	HC	+	-	-	-	-
8	Per TE- Ti	-	-	-	Prm.C5.1	IN/OUT	HC	+	-	-	-	-
9	FE дійсне	0-400 Ол	-	IN	Prm.C5.1	IN	1с	-	10с, 1міс	-	>5% <1%	1міс
10	FE задане	-	-	-	Prm.C5.1	IN/OUT	1с	+	10с, 1міс	1 міс	-	-
11	Кл подачі тіста	-	0-100%	OUT	Prm.C5.1	IN/OUT	1с	+	10с, 1міс	-	-	-
12	Per FE p\а	-	-	-	Prm.C5.1	IN/OUT	HC	+	Змін, 1міс	1міс	-	-
13	Per FE - Min	-	-	-	Prm.C5.1	IN/OUT	HC	+	10с, 1міс	-	-	-

14	<u>Per</u> <u>FE -</u> <u>Max</u>	-	-	-	<u>Prm</u> <u>.C5.</u> <u>1</u>	IN/OUT	<u>HC</u>	+	10с,1м ic	-	-	-
15	<u>Per</u> <u>FE - Kp</u>	-	-	-	<u>Prm</u> <u>.C5.</u> <u>1</u>	IN/OUT	<u>HC</u>	+	-	-	-	-
16	<u>Per</u> <u>FE - Ti</u>	-	-	-	<u>Prm</u> <u>.C5.</u> <u>1</u>	IN/OUT	<u>HC</u>	+	-	-	-	-
17	LE Tank	-	0-100%	IN	<u>Prm</u> <u>.C5.</u> <u>1</u>	IN	1с	-	10с, 1міс	-	>90% <2%	1міс
18	<u>QE Vo</u> <u>da</u>	87- 89 %	-	IN	<u>Prm</u> <u>.C5.</u> <u>1</u>	IN	1с	-	10с, 1міс	-	>90% <86%	1міс
19	<u>QE M</u> <u>uka</u>	2.7 - 6.0 %	-	IN	<u>Prm</u> <u>.C5.</u> <u>1</u>	IN	1с	-	10с, 1міс	-	>6.5% <2.3%	1міс
20	<u>QE Op</u> <u>ara</u>	2.0 - 3.8 %	-	IN	<u>Prm</u> <u>.C5.</u> <u>1</u>	IN	1с	-	10с, 1міс	-	>4.2% <1.3%	1міс

Таблиця 2.2 функції що автоматизуються

## 2.4. Структурна схема комплексу технічних засобів

Структурна схема комплексу технічних засобів (КТЗ) для автоматизованої системи управління процесом бродіння тіста розробляється з урахуванням інтеграції всіх технічних засобів автоматизації в єдину мережу. У схемі враховуються тільки ті засоби автоматизації (ТЗА), які забезпечують мережеву взаємодію через промислові мережі. ТЗА польового рівня, що не мають мережевого підключення, до схеми не включаються.

Процес створення структури КТЗ включає такі основні етапи:

Вибір промислових і комп'ютерних мереж для інтеграції елементів системи.

Розробка мережної структури, в якій кожен технічний засіб представлений як вузол мережі.

Підбір мережного обладнання, зокрема комунікаційних модулів і мережевих карт для кожного вузла.

Вибір додаткових мережних компонентів, таких як репітери, концентратори, комутатори, маршрутизатори та шлюзи для забезпечення безперебійного зв'язку між компонентами.

Для побудови структурної схеми КТЗ системи автоматизації процесу бродіння тіста використовуються такі технічні засоби:

ПЛК М340, що здійснює управління та обробку сигналів від термоперетворювачів, вологомірів, датчиків рівня і т.д.

Мережевий комутатор, що забезпечує зв'язок між ПЛК і SCADA/HMI.

SCADA-система, яка виконує функції моніторингу, збору даних і візуалізації.

Інтерфейсні модулі для передачі сигналів між польовими пристроями та ПЛК.

Шлюз для інтеграції із загальною системою управління виробництвом, який забезпечує обмін даними між рівнями системи.

Розроблена структурна схема комплексу технічних засобів для автоматизованої системи управління процесом бродіння тіста наведена на рис. 2.2.

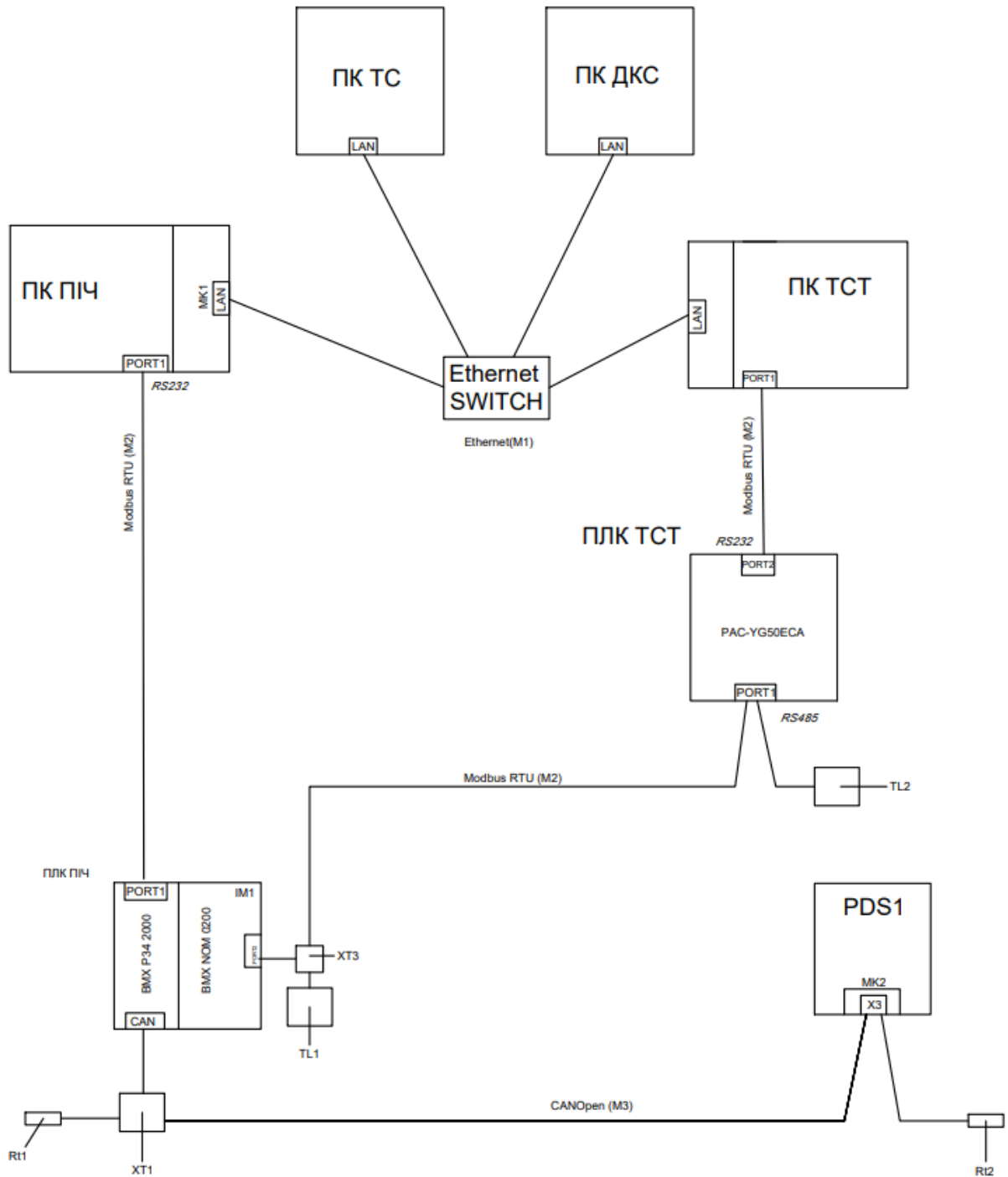


Рис. 2.2. Структурна схема КТЗ для КІСК процесом бродіння тіста

Специфікація мережних технічних засобів (МТЗ), використаних у розробці структурної схеми комплексу технічних засобів для автоматизованої системи керування процесом бродіння тіста, представлена на рис. 2.3.

ПЛК ПЧ	мікропроцесорний контролер <u>заварочної машини</u>
ПЛК ТСТ	мікропроцесорний контролер <u>тістоприготування</u>
ПК ПЧ	АРМ оператора <u>заварочної машини</u>
ПК ТСТ	АРМ оператора <u>тістоприготування</u>
ІМ1	Інтерфейсний модуль
ПК ДКС	диспетчерсько-координуюча станція – АРМ начальника зміни на базі комп'ютера
ТС	технологічний сервер - сервер архівів основних виробничих параметрів
PDS1	Частотний перетворювач
Switch	Мережевий комутатор

Рис.2.3. Специфікація МТЗ.

## 2.5. Опис інформаційного забезпечення КІСК

Інформаційне забезпечення автоматизованої системи управління процесом бродіння тіста побудовано з використанням сучасних промислових технологій, що забезпечують ефективну взаємодію між усіма компонентами системи. Інформаційна структура відображає потоки даних між програмованими логічними контролерами (ПЛК), периферійними пристроями, серверами та інтерфейсами візуалізації.

Система складається з трьох основних мереж:

Ethernet (M1): Забезпечує зв'язок між ПК диспетчерського контролю (ПК ДКС), ПК технологічного процесу (ПК ТС) і технічним сервером (ТС). Реалізовано комунікацію на основі протоколу OPC (DCOM) для збору даних і SQL-запитів до серверу бази даних. Всі вузли мережі мають свої IP-адреси, що дозволяє ефективну інтеграцію компонентів (192.168.1.x).

MODBUS RTU (M2): Використовується для інтеграції польових пристроїв (датчики, виконавчі механізми) з програмованими логічними контролерами (ПЛК). ПК прийомки та ПЛК здійснюють обмін даними через COM-порт за протоколом MODBUS RTU.

MODBUS RTU (M3): Забезпечує зв'язок між ПЛК різних технологічних зон та допоміжними пристроями, такими як клапани, насосні станції та інші. Передбачено передачу як аналогових, так і дискретних сигналів, що дозволяє управляти локальними процесами.

Схема МІП (мережних інформаційних потоків) зображена на рис 2.4

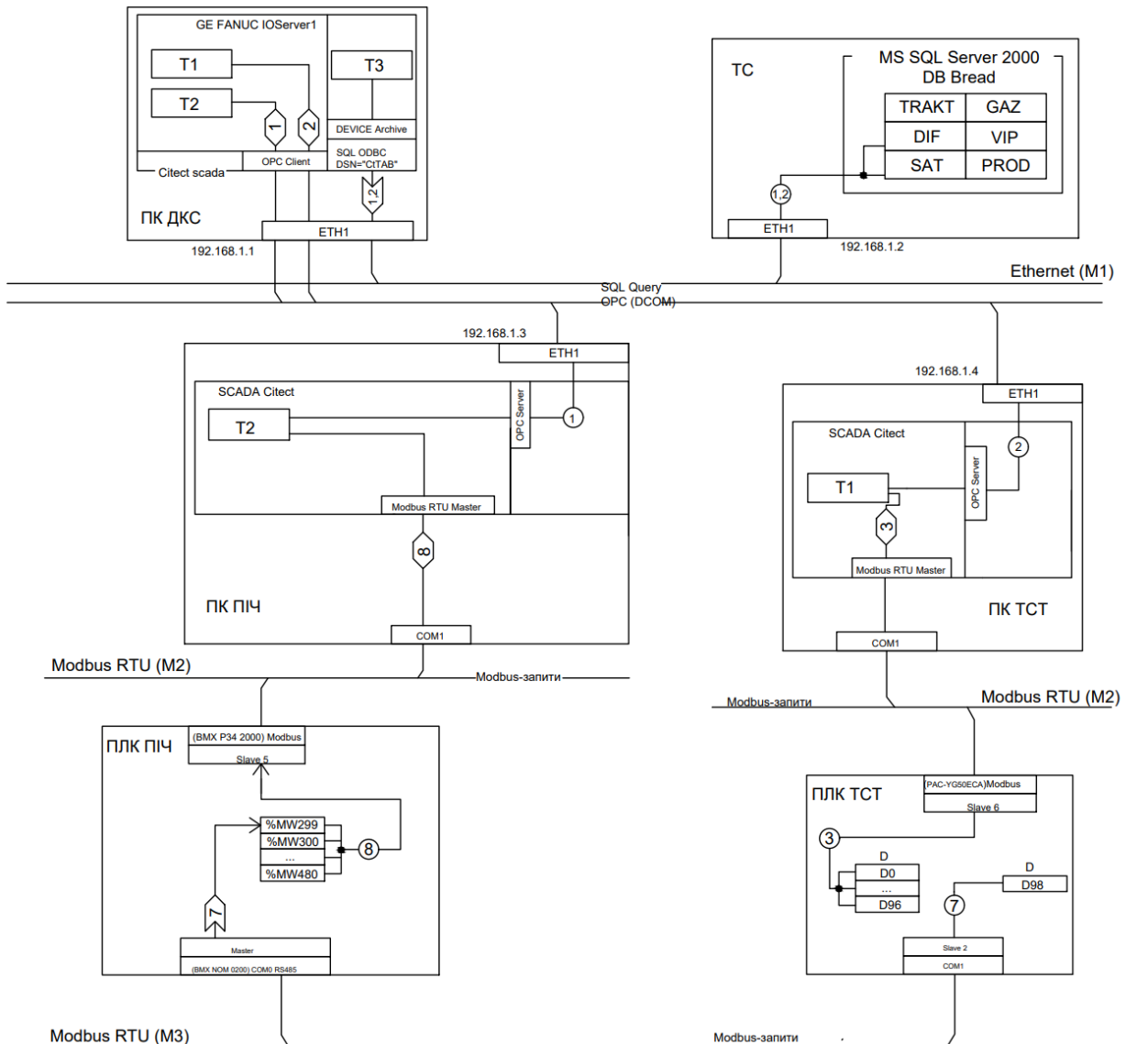


Рис 2.4 Схема МІП (мережних інформаційних потоків)

Name	Type	Value	Comment	Alias	Alias of	Address
TC2_MAN_AUTO	BOOL	1				%MW80
TC2_par_man	REAL					%MW76
TC2_SP	REAL					%MW78
TC2_TRON	BOOL					%MW81.0
SB_Start	EBOOL		Кнопка Старт			%IO.1.0
LE1_verh	EBOOL		1 Сигналізатор ...			%IO.1.1
LE2_verh	EBOOL		2 Сигналізатор ...			%IO.1.2
LE2_nyz	EBOOL		2 Сигналізатор ...			%IO.1.3
TE1_Tank	INT		Дитчик темпера...			%IW0.3.0
TE2_TANK	INT					%IW0.3.1
ME_TANK	INT					%IW0.3.2
VR_par_MAN	REAL					%MW0
VA_AN_KM6_R	REAL					%MW2
VA_AN_KM2_R	REAL		Відмасштабован...			%MW4
TE2_TANK_R	REAL					%MW6
TE1_Tank_R	REAL		Датчик темпера...			%MW8
TC1_SP	REAL		Задане значенн...			%MW10
LT2_Tank_R	REAL					%MW12
LT1_Tank_R	REAL		Датчик рівня ма...			%MW14
SCALE_PARA_T	Para_SCALI...					%MW16
SCALE_PARA_L	Para_SCALI...					%MW26
TC1_PARA	Para_PI_B					%MW36
StepProg	INT		Перемикання мі...			%MW74
ME_TANK_R	REAL					%MW54
LT2_Tank	INT		Датчик рівня дл...			%MW56
LT1_Tank	INT		Датчик рівня дл...			%MW57
VA_KM1_M	BOOL					%MW58.0
VA_Sliv	BOOL		Клапан зливу			%MW58.1
NS3_KM_M	BOOL		Технічна зміна к...			%MW58.2
TC1_TRON	BOOL		Режим слідува...			%MW58.3
SB_StartM	BOOL		Технічна зміна к...			%MW58.4
NS2_KM_M	BOOL		Технічна зміна д...			%MW58.6
NS1_KM_M	BOOL		Технічна зміна д...			%MW58.7
TC1_AUTO	BOOL	1	Перемикач ручн...			%MW59
LE2_verh_M	BOOL					%MW60.0
LE2_nyz_M	BOOL					%MW60.1
LE1_verh_M	BOOL					%MW60.2
Crash	BOOL		Accident			%MW60.3
msg	BOOL		повідомлення			%MW60.4
SCALE_PARA_M	Para_SCALI...					%MW62
NS3_KM	EBOOL		Двигун М3			%Q0.2.0
NS2_KM	EBOOL		Двигун М2			%Q0.2.1
VA_KM1	EBOOL		Клапан 2Д			%Q0.2.1
NS1_KM	EBOOL		Двигун М1			%Q0.2.2
VA_AN_KM2	INT		Клапан 2 Вода А...			%QW0.4.0
VA_AN_KM6	INT					%QW0.4.1
ME_R	REAL					%MW72

Рис 2.5 Змінні, що використовуються в мережі MODBUS RTU (М3):

Тип програмного засобу	Виробник	Назва	Примітка
SCADA для ПК ПЧ	Schneider Electric	SCADA Citect	-
ПЗ для ПЛК ПЧ	Schneider Electric	Unity	всі частини програми з відкритим доступом
ПЗ для ПК ДКС	SCADA Citect	Vijeo Citect	-
ПЗ для ТС	Microsoft	SQL Server	-

Таблиця 2.3 Опис задіяного програмного забезпечення

## **Розділ 3. Розробка підсистеми керування технологічним процесом**

### **3.1. Схема автоматизації та специфікація приладів та засобів автоматизації польового рівня**

На схемі автоматизації процесу бродіння тіста представлено регулювання ключових параметрів, таких як температура суміші, рівень тіста в ємностях, вологість борошна, що надходить до заварочної машини, а також температура води. Крім того, передбачено управління витратою, перемішуванням тіста, а також промиванням заварочної машини та бродильного корита.

Опис процесу автоматизації:

Регулювання температури суміші:

Температура суміші в заварочній машині вимірюється термоперетворювачем опору ДТС064-РТ100 (поз. 1а), який передає уніфікований сигнал 4–20 мА до модуля аналогових входів ВМХ АМІ 0410, підключеного до ПЛК М340. Регулювання температури здійснюється клапаном з пневмоприводом 21ІА4Т15GC2 (поз. 1в), керування яким здійснюється сигналом з модуля аналогових виходів ВМХ АМО 0210.

Контроль рівня тіста в ємностях:

Рівень тіста в заварочній машині та бродильному кориті контролюється ємнісними датчиками рівня Caparivo CN 4020 (поз. 2а). Сигнал 4–20 мА надходить до модуля дискретних входів ВМХ DDI 1602. Відповідно до даних з датчиків, ПЛК генерує сигнали для управління електромагнітними клапанами (поз. 2д) або магнітними пускачами КМ1, КМ2, КМ3.

Вологість борошна:

Вологість борошна, що надходить зі шнекового дозатора до заварочної машини, вимірюється вологоміром FIZEPR-SW100.10 (поз. 4а). Уніфікований сигнал 4–20 мА від вологоміра надходить до аналогового входу ПЛК, де

проводиться розрахунок необхідної кількості води та опари для досягнення потрібної вологості тіста.

#### Регулювання температури води:

Температура води, що подається до заварочної машини, вимірюється термоперетворювачем опору ДТС064-РТ100 (поз. 5а). Регулювання подачі води здійснюється клапаном з пневмоприводом 211А4Т15GC2 (поз. 5в). Керуючий сигнал формується ПЛК на основі даних з термоперетворювача та подається з модуля аналогових виходів ВМХ АМО 0210.

#### Перемішування тіста:

Процес перемішування здійснюється мішалкою з двигуном М1, керування яким виконується через магнітний пускач КМ1. Сигнали для запуску чи зупинки двигуна подаються з дискретного модуля ПЛК.

#### Промивання обладнання:

Вода подається до ємностей через електромагнітний клапан ASCO 8262 (поз. 2е), рівень підтримується датчиком Pepperl+Fuchs F260 (поз. 2а).

Миючий розчин подається через клапан ASCO 8262 (поз. 2з), перемішується мішалкою з двигуном М1.

Після цього миючий розчин зливається через клапан ASCO 8262 (поз. 2ї).

На фінальному етапі в ємність подається пара через клапан ASCO 8262 (поз. 2и) для стерилізації.

№ п/ п	№ поз. за схе- мою	Місце встанов- лення	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип ,Ма рка	К-ть	Вироб ник
1	2	3	4	5	6	7

1	1а, 5а	по місцю	термоперетворювач опору з діапазоном робочої температури від -60 до +250 °С, та вихідним сигналом 4 – 20 мА	ДТС064-PT100	2	ОВЕН, Україна
2	1в, 5в	по місцю	клапан з пневмоприводом, з пропускною здатність 80 л/хв, та тиском керуючого середовища 4-10 бар	211A4T15 GC2	2	ODE, Італія
3	1б, 5б	на щиті	Електропневматичний перетворювач, що перетворює аналоговий сигнал постійного струму 4-20 мА в уніфікований пневматичний сигнал діапазону робочого тиску від 0 до 10 бар. З напругою живлення 24 В	Sentronic LP G617A400 01A0010	2	ASCO Numatics, Ірландія
4	2а, 2б, 3а	по місцю	Ємнісний датчик рівня з активною компенсацією відкладень, та робочою температурою від -40°С до +120°С	CN 4020	3	Caparivo, Німеччина
5	2д	по місцю	Шиберна заслінка. Витримує перепад тиску до 15 psig   1 бар   0,1 МПа, залежно від розміру затвора. Може використовуватися в системах тиску або вакууму.	CLEAR ACTION GATE	1	Vortex Global, США
6	КМ1, КМ2	по місцю	Магнітний пускач з типом кола управління – змінний струм 50/60 Гц, та напругою кола управління 110 В	Tesys D - LC1D09F	3	Schneider Electric, Німеччина
7	4а	по місцю	Вологомір, призначений для вимірювання вологості сипучих матеріалів у бункерах, дозаторах, з робочою температурою датчика від 0 до - 125°С	FIZEPR-SW100.10	1	FIZEPR, Україна

8	КМЗ	На щиті	ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЧАСТОТИ ATV310	ATV310H 037N4E	1	Schneider Electric
---	-----	---------	--------------------------------	-------------------	---	-----------------------

Таблиця 3.1 Специфікація пристроїв і засобів автоматизації

### 3.2. Схема компоновання та специфікація модулів ПЛК та PDS

Проектне компоновання ПЛК виконується для підсистеми автоматизації процесу бродіння тіста, створеної на основі промислового логічного контролера М340 від компанії Schneider Electric.

Схема компоновання ПЛК М340, яка використовується в інтегрованій системі керування процесом виготовлення хліба з підсистемою замішування та підготовки тіста наведена на Рис. 3.1. Пояснення позначень на схемі наведено в Таблиці 3.2, а специфікацію модулів наведена в Таблиці 3.3.

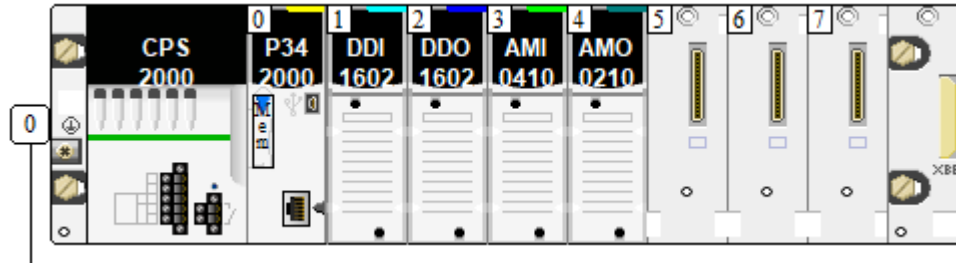


Рис. 3.1. Компоновання модулів ПЛК М340 для АСУ ВХ

Модулі ПЛК	
Найменування	Позиція
BMX P34 2000	-
BMX CPS 2000	0
BMX AMI 0410	1
BMX AMO 0210	2
BMX DDI 1602	3
BMX DDO 1602	4

Таблиця 3.2 Пояснення позначень на схемі

Поз.	Найменування та технічна характеристика засобу	Тип, марка, позначення документу, листа опитування	Код обладнання	Виробник	Одиниця виміру	К-сть
№	2	3	4	5	6	7
	ПРОГРАМОВАННИЙ ЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЕР ПЛК ПРМ – Modicon M340			Schneider Electric, Франція	шт	1
1	Процесорний модуль BMX P34 2000	Каталог Modicon x80	BMX P342 000	Schneider Electric, Франція	шт	1
2	Модуль живлення BMX CPS 2000	Каталог Modicon x80	BMX CPS2 000	Schneider Electric, Франція	шт	1
3	Модуль аналогових вхідних сигналів BMX AMI 0410	Каталог Modicon x80	BMX AMI 0410	Schneider Electric, Франція	шт	1
4	Модуль аналогових вихідних сигналів BMX AMO 0210	Каталог Modicon x80	BMX AMO 0210	Schneider Electric, Франція	шт	1
5	Модуль дискретних вхідних сигналів BMX DDI 1602	Каталог Modicon x80		Schneider Electric, Франція	шт	1
6	Модуль дискретних вихідних сигналів BMX DDO 1602	Каталог Modicon x80	BMX DDO 1602	Schneider Electric, Франція	шт	1

Таблиця 3.3 Специфікація модулів

Поз.	Найменування вимірювальної величини	Одиниці та діапазон виміру	Тип та діапазон вимірювального сигналу	Періодичність, с	Точність виміру, %	Примітка
1а	Температура суміші в заварочній машині	0–100 °С	4–20 мА	0.1	0.5	Датчик ТЕ 1а
2а	Рівень суміші в бродильному кориті	0–1	4–20 мА	0.1	0.5	Датчик LE 2а
2б	Рівень води в заварочній машині	0–1	4–20 мА	0.1	0.5	Датчик LE 2б
3а	Рівень опари у ємності	0–1	4–20 мА	0.1	0.5	Датчик LE 3а
4а	Вологість борошна	10–20 %	4–20 мА	0.1	0.5	Датчик ME 4а
5а	Температура води	0–100 °С	4–20 мА	0.1	0.5	Датчик ТЕ 5а

Таблиця 3.4 Специфікація вхідних сигналів

Поз.	Найменування керованої величини	Одиниці та діапазон вимірювання	Тип та діапазон керуючого сигналу	Періодичність, с	Точність управління, %	Примітка
1в	Регулювання подачі пари до заварочної машини	0–100 %	4–20 мА	0.1	0.5	Клапан 1в
2д	Регулювання подачі опари до заварочної машини	0–100 %	4–20 мА	0.1	0.5	Клапан 2д
5в	Регулювання температури води в підігрівачі	0–100 %	4–20 мА	0.1	0.5	Клапан 5в

Таблиця 3.5 Специфікація вихідних аналогових сигналів

### **3.3. Список параметрів для функції диспетчерського та технологічного аналізу та управління технологічним процесом бродіння тіста**

Усі технологічні параметри синхронізуються з центральною системою диспетчерського контролю та відображаються в режимі реального часу.

Регулювання параметрів здійснюється за допомогою програмованих алгоритмів, що враховують технологічні рецепти.

Технологічний параметр	Джерело -> Приймач даних	Періодичність	Примітка
Стан заварочної машини та бродильного корита	ПЛК М340 - > ПК ДКС	5 с	Набір компонентів, приготування суміші, завершення етапу
Стан вузла подачі борошна	ПЛК М340 - > ПК ДКС	5 с	Контроль подачі, стан роботи шнека
Стан клапанів	ПЛК М340 -> ПК ДКС	5 с	Відкриті чи закриті клапани
Контроль параметрів процесу бродіння тіста	ПЛК М340 -> ПК ДКС	5 с	Контроль температури, рівня суміші, вологості
Регулювання параметрів бродіння	ПЛК М340 -> ПК ДКС	По команді	Регулювання температури, рівня суміші
Квітування алармів	ПЛК М340 -> ПК ДКС	По команді	Усунення аварійних сигналів
Звітність про стан обладнання	ПЛК М340 - > ТС	1 хв	Узагальнення даних для архівування

Таблиця 3.6 Перелік технологічних параметрів контролю та управління технологічними параметрами

### 3.4 Перелік технологічних параметрів для функції ведення архіву основної технологічної інформації

Технологічний параметр	Джерело -> Приймач даних	Періодичність	Примітка
Температура суміші у заварочній машині	ПЛК М340 – > ТС	1 хв	По плинним значенням термометра (ТЕ 1а)
Рівень суміші у заварочній машині	ПЛК М340 – > ТС	1 хв	По плинним значенням датчика рівня (LE 3а)
Рівень суміші у бродильному кориті	ПЛК М340 → ТС	1 хв	По плинним значенням датчика рівня (LE 2а)
Вологість борошна	ПЛК М340 → ТС	1 хв	По плинним значенням вологоміра (ME 4а)
Температура води	ПЛК М340 → ТС	1 хв	По плинним значенням термометра (ТЕ 5а)
Подача пари	ПЛК М340 → ТС	1 хв	По плинним значенням регулятора (позиція 5в)
Автоматичний/ручний режим регуляторів	ПЛК М340 – > ТС	По команді	Залежно від обраного режиму
Стан клапанів	ПЛК М340 – > ТС	1 хв	По плинним положенням клапанів (позиція 2д)
Вкл/викл мішалки	ПЛК М340 – > ТС	По команді	Управління двигуном мішалки (M1)

Таблиця 3.7 Перелік архівних технологічних параметрів

### 3.5. Схеми з'єднань та прокладення мережевих проводок

При проектуванні схем підключення та з'єднань мережевих кабелів для промислових мереж М1, М2 і М3 (рис. 3.2–3.4), що забезпечують функціонування автоматизованої системи управління процесом бродіння тіста (КІСК БТ), використовувалися мережеві кабелі, комунікаційні адаптери, а також модулі обміну даними. Деталізовані технічні характеристики обладнання наведені в таблиці 3.10.

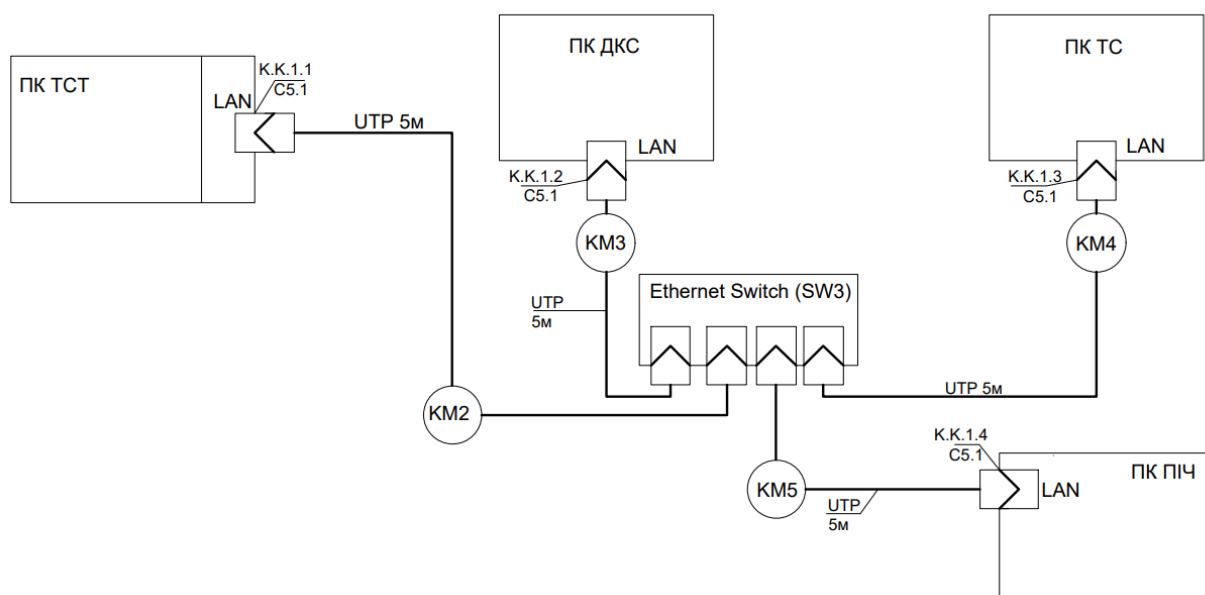


Рис. 3.2. Схема підключення та прокладення проводок для мережі М1

Мережа М1 виконує функцію обміну даними між комп'ютерами операторського рівня та контролерами за допомогою технології Ethernet. Застосовуються Ethernet-комутатори та кабелі категорії 5е, що підключають ПК диспетчерської станції (ПК ДКС), технічного сервера (ПК ТС) та програмований логічний контролер М340.

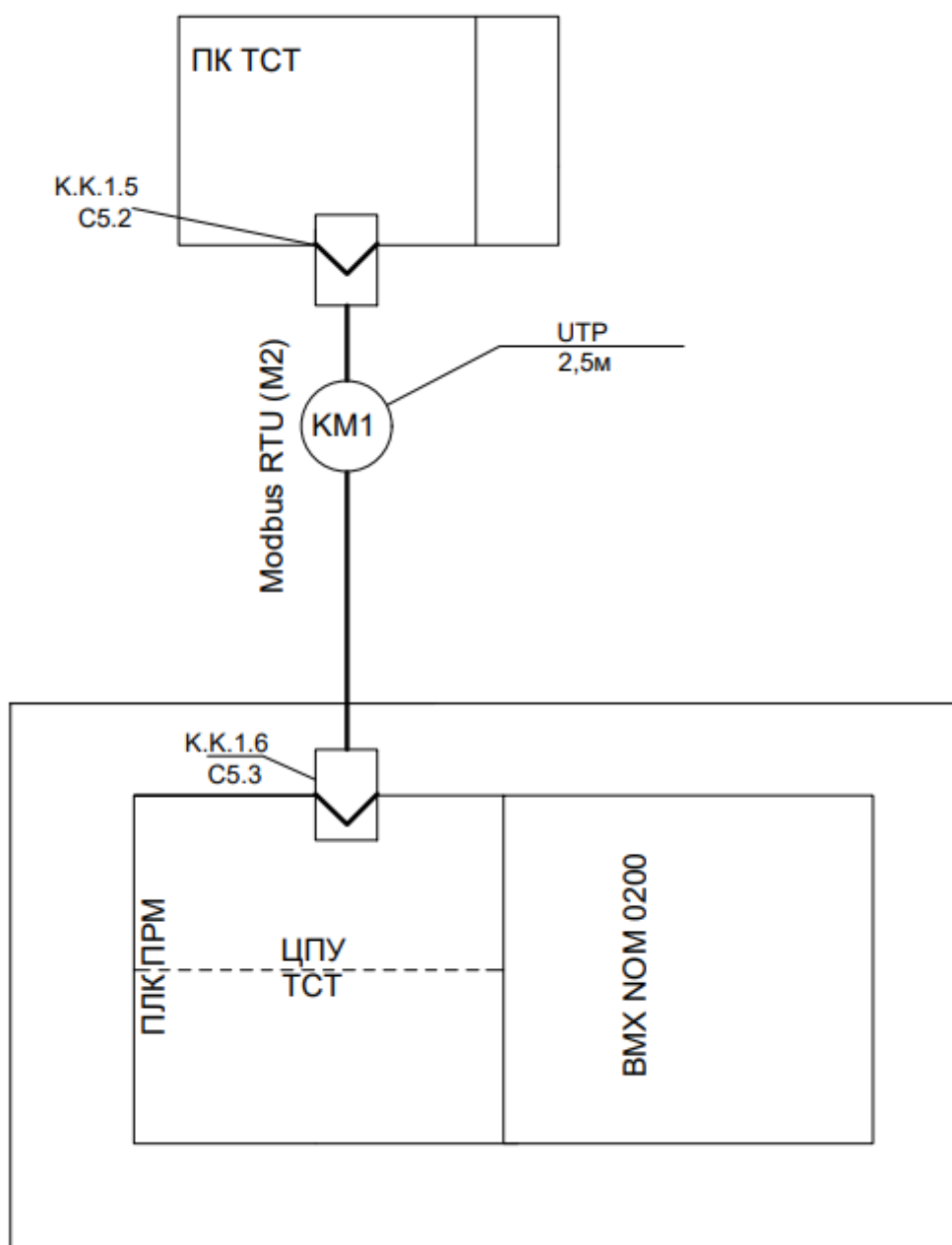


Рис. 3.3. Схема з'єднань і підключення кабелів для мережі M2

Мережа M2 побудована на базі протоколу Modbus RTU і забезпечує обмін інформацією між контролерами та польовими пристроями. Встановлюються адаптери RS-485 для передачі сигналів та комунікаційні кабелі типу "кручена пара".)

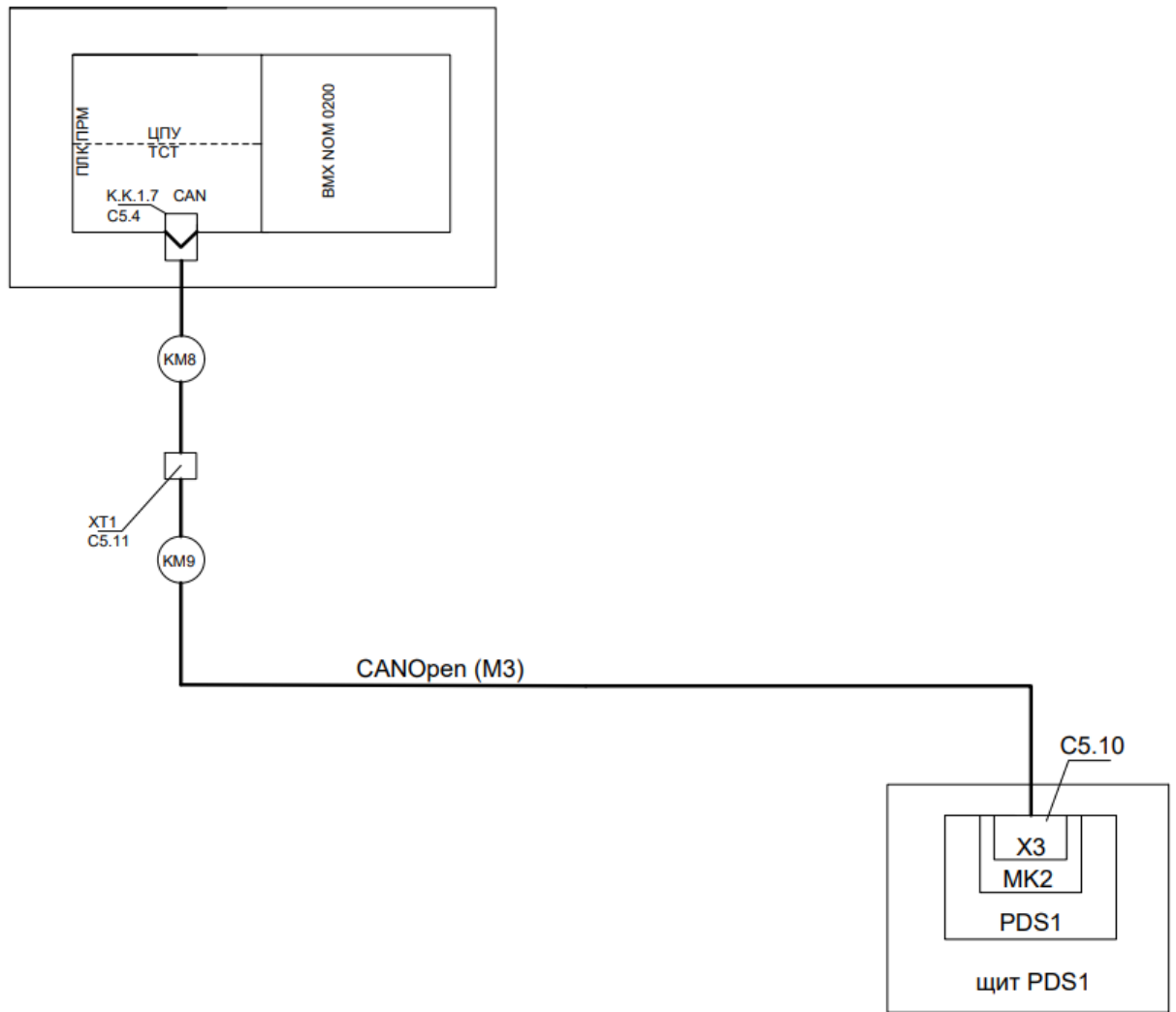


Рис. 3.4. Схема з'єднань і підключення кабелів для мережі M2

Мережа M3 використовує протокол CANOpen для інтеграції польових пристроїв із контролерами. Передача даних здійснюється через CAN-адаптери з використанням спеціалізованих CAN-кабелів.

Позначення	Найменування	К-сть	Примітка
	Комунікаційні адаптери та карти		
SW	Комутатор Fast Ethernet D-Link DES-1008D/PRO з вбудованим захистом портів	1	
	Коробки з'єднувальні		
XT1, XT3	Пасивна коробка <u>потрійнювач</u> TSX SCA 50 з <u>встроєним</u> термінатором лінії	2	
	Мережні з'єднувачі		
KK1.1- KK1.9	<u>Роз'єм</u> типу RJ-45	12	
XT1, XT3	Послідовний інтерфейс перетворювача частоти RS 485	2	
KK2.1-KK2.2	9 <u>піновий</u> роз'єм SUB-D	2	
	<u>Мережні кабелі</u>		
KM1, KM2, KM3, KM4, KM5, KM6	Кабель вита пара (UTP), 2 пари, категорія 5, <u>solid</u> , PE	110	м
KM7, KM11	Кабель <u>Modbus</u> RS 485 VW3 A8 306 D30(1 <u>роз'єм</u> RJ-45 і вільний кінець)	30	м
KM8- KM9	Магістральні кабелі з подвійною екранованою витотою парою RS 485 TSX CSA 100	105	м

Таблиця 3.8. Специфікація мережевих кабелів та комунікаційного обладнання

## **Розділ 4. Розробка алгоритму та програмного забезпечення для ПЛК автоматизації процесу бродіння тіста.**

### **4.1. Створення алгоритмічної структури системи керування**

Розробка алгоритмічної структури керування є ключовим етапом, спрямованим на визначення логіки функціонування системи автоматизації, її основних принципів, впорядкування інформаційних потоків і встановлення послідовності операцій, що забезпечують стабільну та ефективну роботу об'єкта. Головна мета цього етапу — розробити універсальний механізм керування, який залишатиметься гнучким і незалежним від конкретного типу обладнання чи апаратного забезпечення.

Алгоритмічна структура є інструментом, який не тільки впорядковує функції керування, але й спрощує взаємодію між розробниками системи. Завдяки використанню стандартизованих позначень інформаційних сигналів і керуючих дій, алгоритм стає прозорим і легко адаптується до різних сценаріїв реалізації, забезпечуючи стандартизацію процесу автоматизації.

Для створення алгоритмічної структури керування використовуються графічні умовні позначення відповідно до встановлених стандартів, таких як ГОСТ 19.701-90. Це дозволяє забезпечити узгодженість у описі всіх елементів алгоритму та спрощує процес інтеграції. У таблиці 4.1 наведено основні графічні символи, що використовуються в алгоритмах, спрямованих на уніфікацію опису технологічних процесів незалежно від програмного середовища.

У розробленій структурі алгоритм керування розділяється на кілька функціональних блоків:

Моніторинг параметрів процесу бродіння: контроль температури, рівня суміші та вологості компонентів.

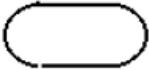

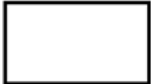

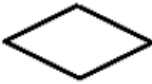

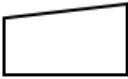

Регулювання та керування технологічними параметрами: передача команд виконавчим пристроям на основі показників датчиків.

Аварійний захист та сигналізація: виявлення відхилень у роботі обладнання та інформування оператора про критичні ситуації.

Архівація даних процесу: збереження інформації про ключові параметри для подальшого аналізу та оптимізації виробництва.

Ця структура забезпечує чітку послідовність роботи кожного елемента системи, сприяє ефективній взаємодії між ними та дозволяє легко адаптувати алгоритм до специфічних умов.

Таким чином, створення алгоритмічної структури є важливим інструментом для стандартизації, структуризації та покращення роботи системи автоматизації. Вона сприяє оптимізації процесів управління, підвищує ефективність та забезпечує гнучкість у впровадженні змін або модернізації системи. Це робить алгоритмічну структуру фундаментальною складовою розробки будь-якої інтегрованої системи керування.

Умовне позначення	Опис алгоритму	Умовне позначення	Опис алгоритму
	<b>Термінатор.</b> Позначає вихід до зовнішнього середовища або вхід із нього, а також використовується для позначення початку чи завершення програми.		<b>Дані.</b> Символ позначає інформацію, носій якої не конкретизовано.
	<b>Символ</b> відображає процес обробки даних будь-якого типу, що включає виконання однієї або кількох операцій.		<b>Символ</b> позначає заздалегідь визначений процес, що складається з однієї або кількох операцій.
	<b>Символ</b> позначає рішення або функцію перемикального типу, що визначає, який з кількох альтернативних шляхів виконання алгоритму буде обрано далі.		<b>З'єднувач</b> показує вхід в одну частину схеми або вихід з іншої. Відповідні з'єднувачі повинні мати однакові унікальні позначення.
	<b>Ручне введення.</b> Позначає дані, які вводяться вручну за допомогою пристроїв введення, таких як клавіатура, кнопки, перемикачі тощо.		<b>Підготовка.</b> Символ позначає зміну команди для впливу на наступну функцію (модифікацію індексу).

Таблиця 4.1 Умовні позначення

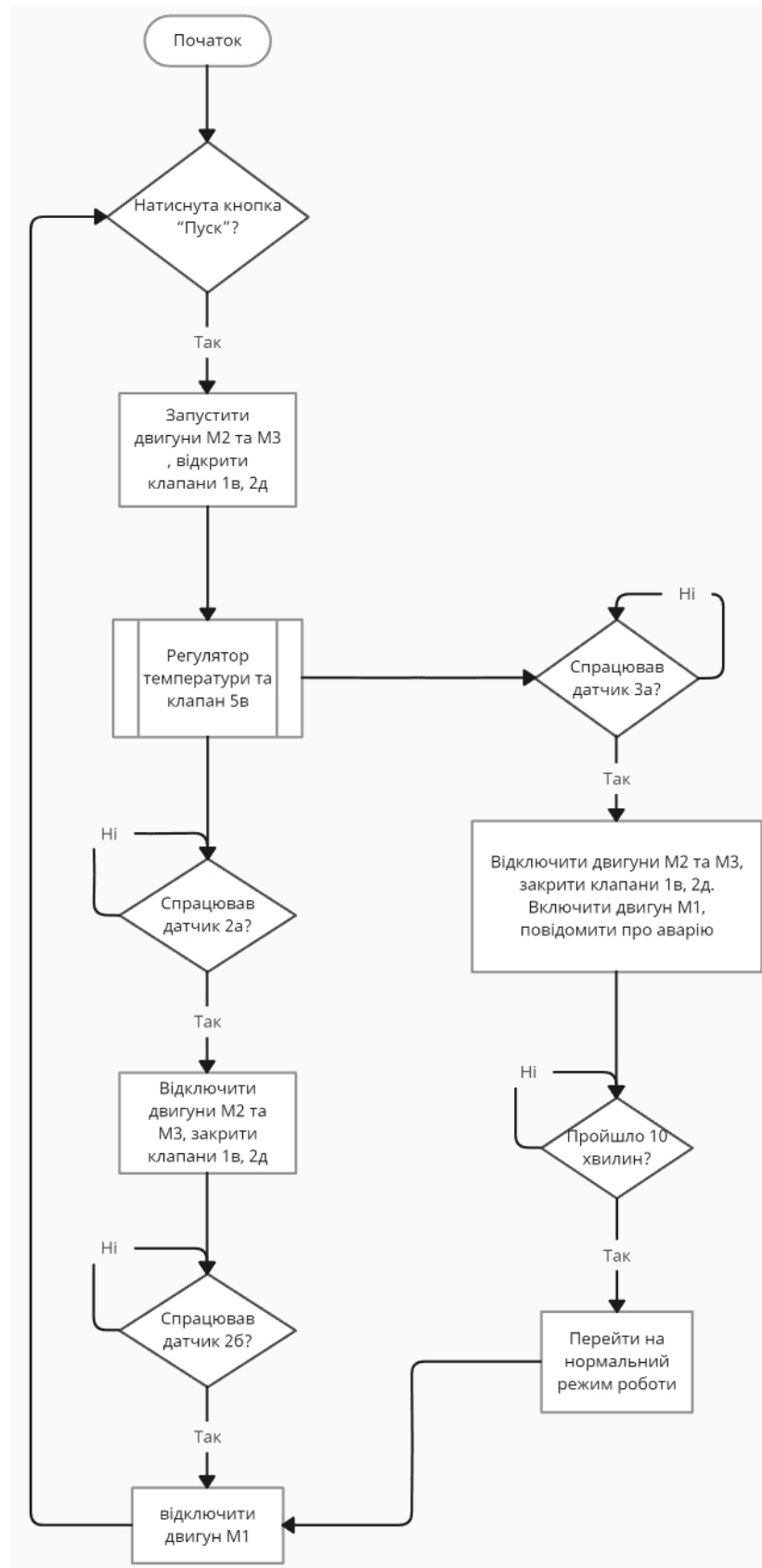


Рис 4.1 Алгоритм процесу підготовки тіста

## 4.2. Розробка структури програми

Програмне забезпечення для системи автоматизації є основою для реалізації алгоритмів керування, тому його структура повинна забезпечувати максимальну ефективність, зрозумілість та модульність. Основною метою програми є обробка вхідних і вихідних сигналів, реалізація логіки управління та виконання алгоритмічних дій. На рисунку 4.1 наведено структуру програми для автоматизації процесу бродіння тіста.

### Основні принципи організації програми

Програма управління створюється на основі розробленого алгоритму, де кожен етап процесу чітко структурований і відповідає визначеним функціональним блокам. У програмі можуть використовуватись як прямі звернення до адрес входів/виходів, так і змінні для проміжного зберігання інформації. Перед виконанням будь-якої операції з даними (наприклад, запис або зчитування) важливо виконати попередню обробку цих даних, зокрема нормалізацію або фільтрацію.

На етапі розробки структури програми особлива увага приділяється забезпеченню модульності, що дозволяє швидко адаптувати програму до нових умов або модифікацій системи. Також програма повинна включати функції діагностики, аварійного оповіщення та журналювання подій для забезпечення безпеки та відстеження роботи системи.

У разі відсутності фізичного обладнання або для попереднього тестування програми використовується метод програмної імітації. Такий підхід дозволяє змоделювати роботу системи у віртуальному середовищі, що значно спрощує процес налагодження та зменшує витрати на розробку.

Одним із підходів до імітації є створення змінних, які відповідають вхідним і вихідним сигналам системи. Ці змінні використовуються для моделювання поведінки технологічного процесу, а також для перевірки функціональності алгоритмів управління. На рис. 4.2 зображено принцип

роботи програмної імітації, яка демонструє обмін змінними між блоками управління та імітаційним середовищем.

Переваги програмної імітації:

Ефективність розробки: Можливість тестування алгоритмів на ранніх етапах без необхідності використання реального обладнання.

Зниження витрат: Відсутність потреби у фізичних прототипах дозволяє зменшити витрати на виготовлення обладнання.

Адаптивність: Імітаційне середовище дає змогу експериментувати з налаштуваннями системи та перевіряти альтернативні варіанти реалізації.

Діагностика помилок: Завдяки моделюванню поведінки системи розробники можуть виявити та усунути недоліки в логіці або структурі програми до впровадження у реальному виробництві.

Програмна імітація є важливим етапом у розробці складних систем автоматизації. Вона дозволяє не лише скоротити час та витрати на розробку, але й забезпечує високу якість та надійність створених алгоритмів управління.

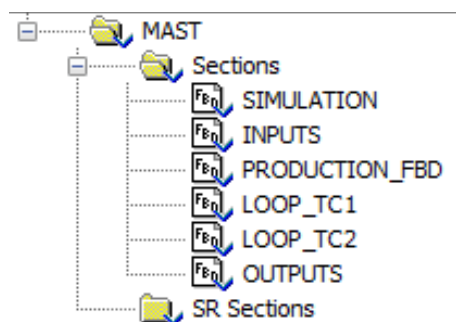


Рис. 4.2 Секції програми

### 4.3. Розробка програмного забезпечення на мові FBD

Мова програмування FBD (Function Block Diagram) є одним із найпоширеніших графічних інструментів для розробки програм для промислових логічних контролерів (ПЛК). Вона дозволяє розробникам створювати функціональні схеми з використанням блоків, які представляють окремі функції або логічні операції, з'єднані між собою потоком даних. Такий підхід робить процес програмування більш наочним і зручним для розуміння та налагодження.

Мова FBD базується на концепції функціональних блоків, кожен з яких виконує окрему функцію, наприклад, арифметичну операцію, логічний оператор або управління процесом. Всі функціональні блоки мають входи та виходи, через які здійснюється обмін даними. Усі зв'язки між блоками візуалізуються у вигляді ліній, що дозволяє легко зрозуміти, як дані перетікають у системі.

Ключовими елементами FBD є:

- Функціональні блоки (FB): Основні модулі, які виконують визначені операції.
- Процедури: Групи операцій, організовані для виконання конкретних завдань.
- Зв'язки: Лінії, що з'єднують входи та виходи блоків, передаючи інформацію.
- Вхідні та вихідні змінні: Елементи, через які система отримує дані від датчиків або передає команди виконавчим механізмам.

Переваги використання FBD у системах автоматизації

- Наочність: Програми на FBD нагадують функціональні схеми, що робить їх зрозумілими навіть для спеціалістів, які не мають глибоких знань у програмуванні.

- Простота тестування: Завдяки графічному представленню простіше виявляти логічні помилки та тестувати окремі частини програми.
- Стандартизація: Мова FBD відповідає міжнародному стандарту IEC 61131-3, що забезпечує її сумісність із багатьма типами контролерів і систем автоматизації.
- Гнучкість: Легко модифікувати програму шляхом додавання нових блоків або зміни існуючих з'єднань.
- Прозорість: Всі зв'язки між компонентами програми чітко відображаються, що знижує ймовірність помилок під час розробки.

Створення програми для автоматизації процесу бродіння тіста

Програма для автоматизації процесу бродіння тіста на мові FBD включає такі ключові компоненти:

**Зчитування параметрів:** Блоки, які обробляють дані від датчиків (наприклад, температура, рівень суміші, вологість борошна).

**Обчислення:** Логічні та арифметичні операції для регулювання процесу на основі отриманих даних.

**Управління:** Функціональні блоки для керування виконавчими механізмами (клапанами, насосами, мішалками).

**Аварійні сигнали:** Блоки для виявлення відхилень у роботі системи та формування аварійних повідомлень.

**Архівування:** Логіка для зберігання важливих даних у системі архіву.

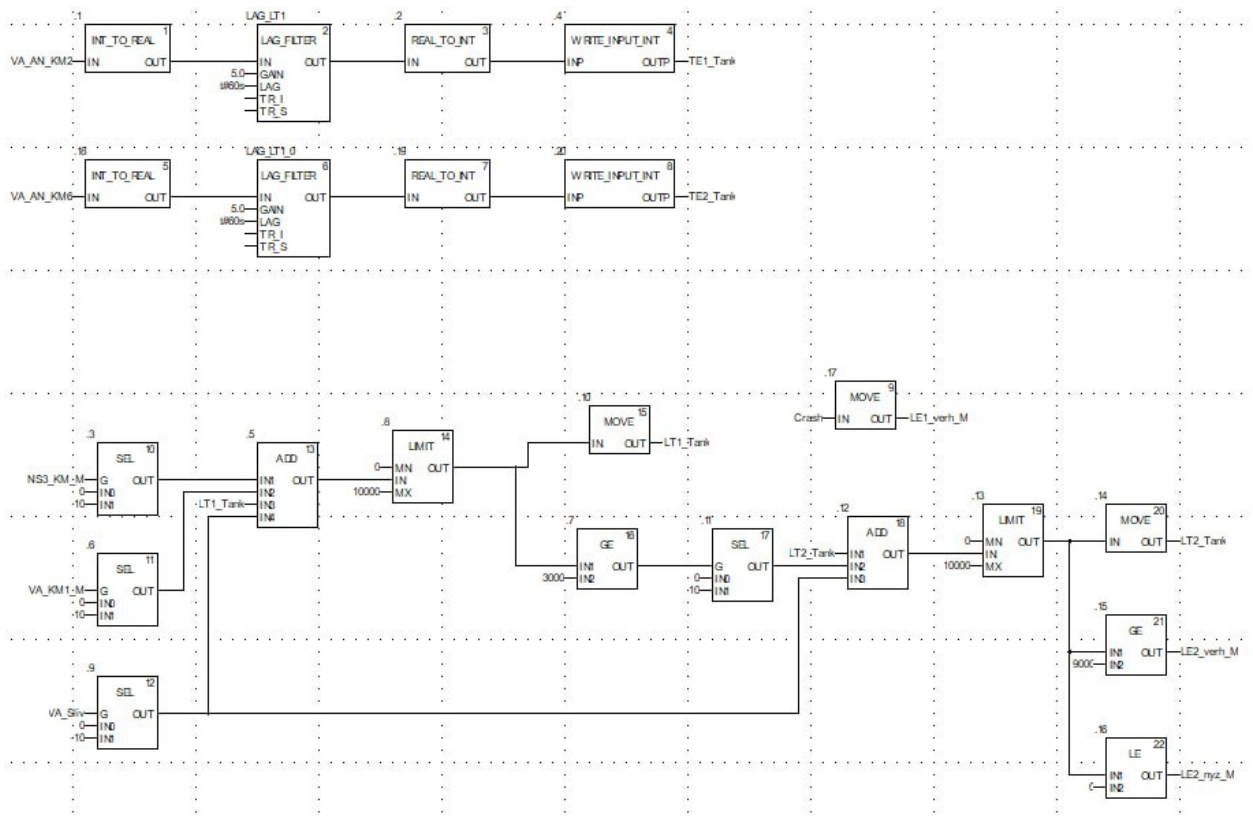


Рис 4.3 section Simulation

Секція у якій виконується симуляція об'єкта керування

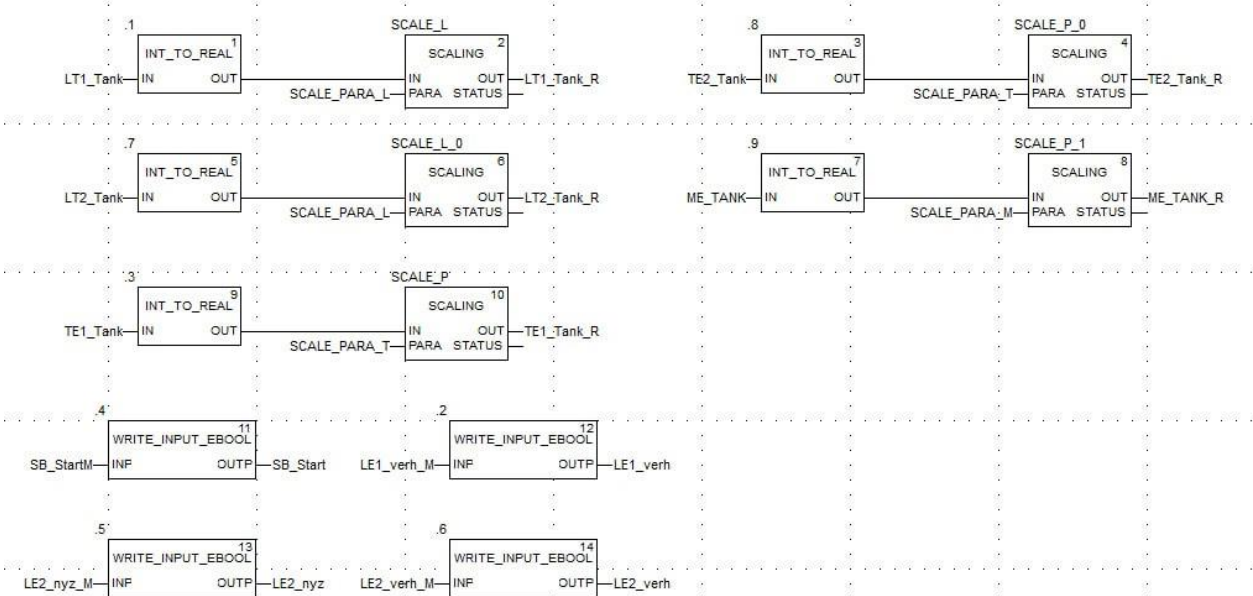


Рис 4.4 section Inputs

Секція у якій відбувається обробка вхідних сигналів у програмі

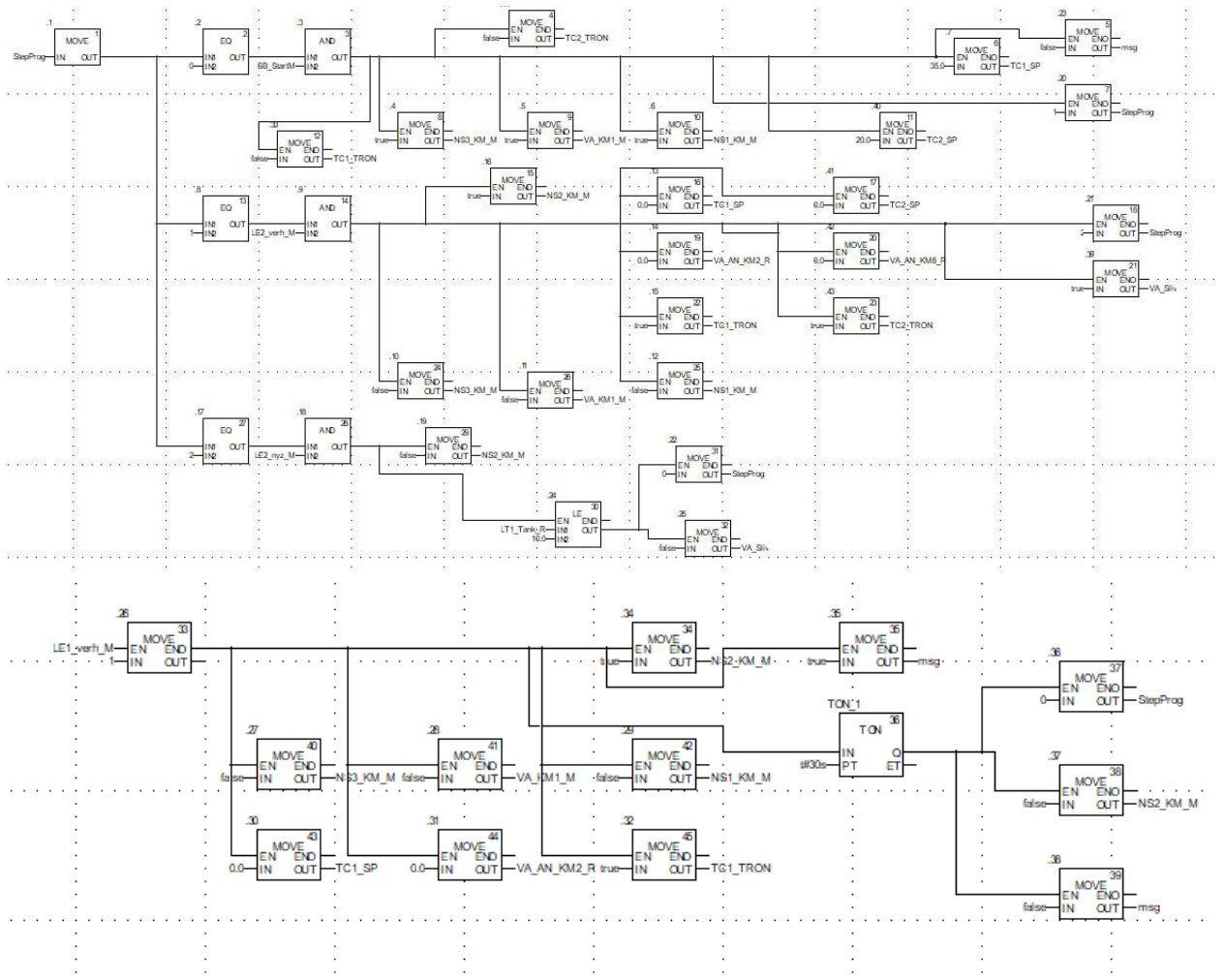


Рис 4.5 section PRODUCTION\_FBD

Секція у якій виконується основна програма

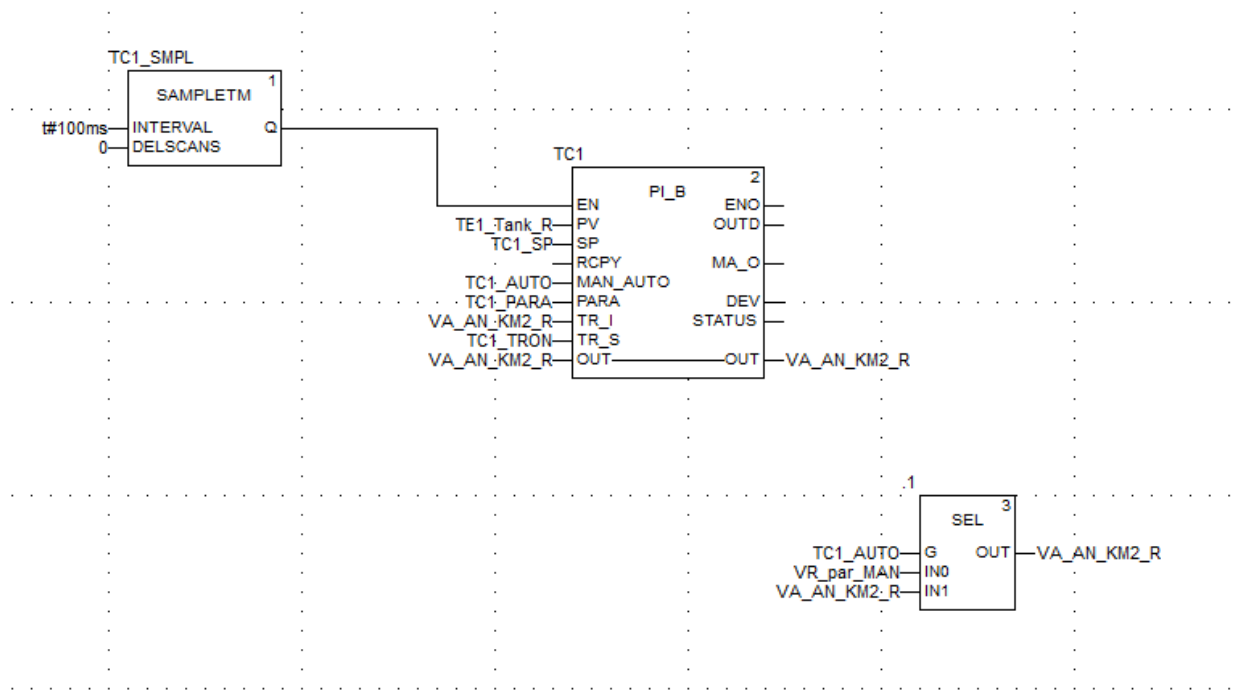


Рис 4.5 section LOOP\_TC1

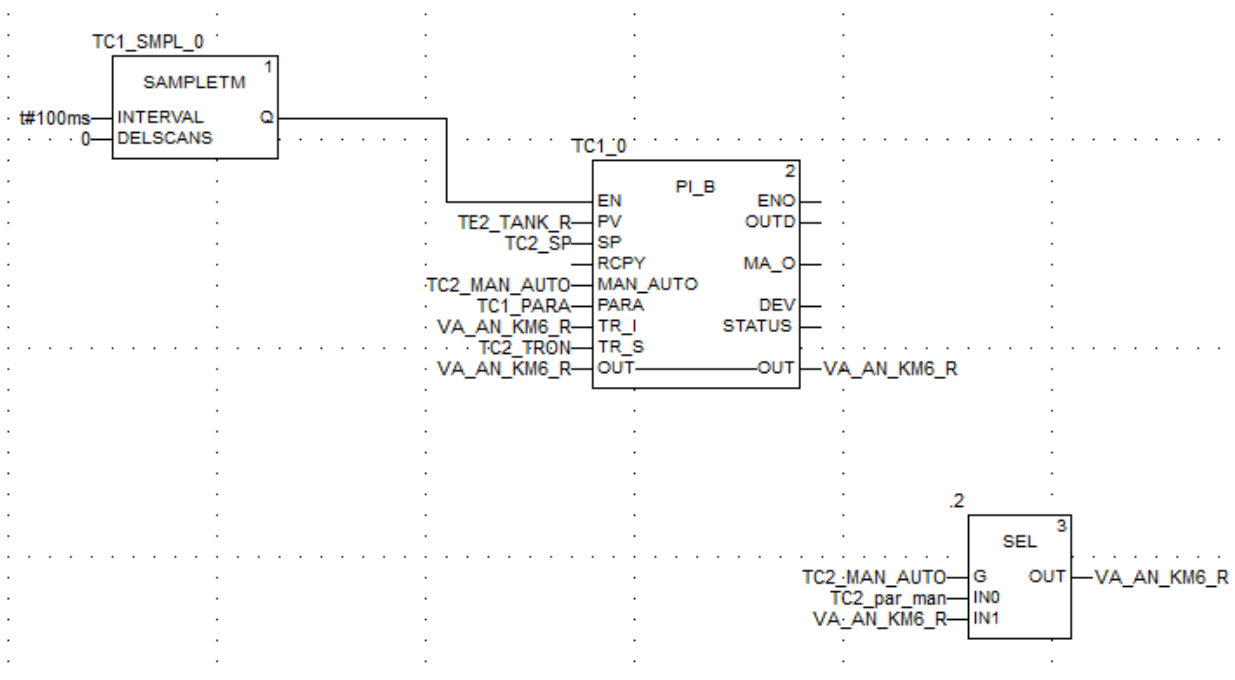


Рис 4.6 section LOOP\_TC2

LOOP\_TC1- LOOP\_TC2 Секції у яких відбуваються ПІД-регулювання

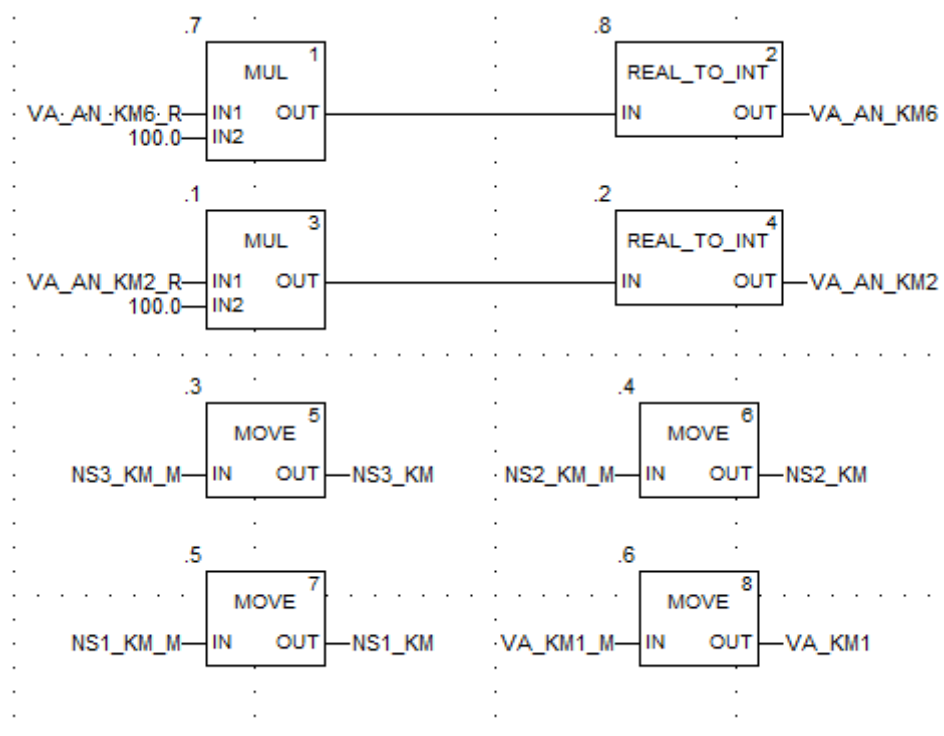


Рис 4.7 section OUTPUTS

Секція у якій відбувається обробка вихідних сигналів у програмі

#### **4.4. Розробка інтерфейсу оператора для управління процесом бродіння тіста**

Для зручного управління процесом бродіння тіста розробляється людинно-машинний інтерфейс (НМІ), що дозволяє візуалізувати технологічний процес, контролювати ключові параметри та виконувати управлінські дії. Основою інтерфейсу стане мнемосхема, створена в середовищі програмування Citect Studio, яке забезпечує широкі можливості для проєктування інтерактивних графічних систем управління.

Мнемосхема для процесу бродіння тіста слугуватиме візуальним представленням роботи системи автоматизації. Її створення включає наступні кроки:

Визначення ключових параметрів:

- Температура суміші в заварочній машині.
- Рівень суміші в заварочній машині та бродильному кориті.
- Вологість борошна.
- Температура води, що надходить у заварочну машину.
- Статус виконавчих механізмів (клапани, мішалки).

Налаштування змінних у Citect Studio

Створення тегів: Для кожного параметра створюються унікальні теги, які з'єднуються з фізичними або віртуальними даними.

Визначення властивостей змінних: Задаються тип даних (аналоговий чи дискретний), діапазони вимірювань і джерела даних (наприклад, ПЛК або локальні змінні).

Тестування роботи змінних: Перевіряється коректність отримання даних і їхнього відображення на мнемосхемі.

Проектування графічних елементів:

Мнемосхема будується з використанням стандартних графічних об'єктів, таких як резервуари, трубопроводи, датчики та індикатори.

Компоненти системи (наприклад, заварочна машина або бродильне корито) відображаються у вигляді зрозумілих графічних символів.

Кожен компонент інтегрується з відповідними змінними, що забезпечує динамічне оновлення даних у реальному часі.

Інтерактивність мнемосхеми:

На елементах мнемосхеми відображаються поточні значення технологічних параметрів.

Передбачено функції контролю, такі як зміна уставок температури чи рівня, запуск або зупинка механізмів.

Встановлюються попередження про відхилення параметрів від заданих значень або аварійні сигнали.

Переваги використання розробленого НМІ

Візуалізація процесу: Оператор отримує повну картину роботи системи, що знижує ризик помилок і забезпечує швидке реагування на відхилення.

Дистанційне управління: Мнемосхема дозволяє оператору змінювати параметри та контролювати виконання процесів без необхідності фізичної взаємодії з обладнанням.

Інтеграція з архівом: Дані про процес бродіння автоматично передаються до архіву для подальшого аналізу.

Інтуїтивний інтерфейс: Завдяки зрозумілому дизайну та інтерактивним елементам, система є доступною навіть для операторів із мінімальним досвідом роботи з автоматизованими системами.

Розроблений інтерфейс стане важливою частиною системи автоматизації процесу бродіння тіста, підвищуючи її ефективність, надійність і зручність управління.

Имя тега	Имя кластера	Устройство ввода/вывода	Тип данных	Адрес	Комментарий	Абсолют. мин. значение	Абсолют. макс. значение	Мин. значение в единицах изм.	Макс. значение в единицах изм.
TC2_MAN_AUTO		PLCM340	DIGITAL	%MW80.0		0	1	0	1
TC2_par_man		PLCM340	REAL	%MW76		0	100	0	100
TC2_SP		PLCM340	REAL	%MW78		0	100	0	100
TC2_TRON		PLCM340	DIGITAL	%MW81.0		0	1	0	1
VR_par_MAN		PLCM340	REAL	%MW0		0	100	0	100
VA_AN_KM6_R		PLCM340	REAL	%MW2		0	100	0	100
VA_AN_KM2_R		PLCM340	REAL	%MW4		0	100	0	100
TE2_TANK_R		PLCM340	REAL	%MW6		0	100	0	100
TE1_Tank_R		PLCM340	REAL	%MW8		0	100	0	100
TC1_SP		PLCM340	REAL	%MW10		0	100	0	100
LT2_Tank_R		PLCM340	REAL	%MW12		0	100	0	100
LT1_Tank_R		PLCM340	REAL	%MW14		0	100	0	100
pv_inf		PLCM340	REAL	%MW37		0	100	0	100
pv_sup		PLCM340	REAL	%MW39		0	100	0	100
out_inf		PLCM340	REAL	%MW41		0	100	0	100
out_sup		PLCM340	REAL	%MW43		0	100	0	100
rev_dir		PLCM340	DIGITAL	%MW45.0		0	1	0	1
kp		PLCM340	REAL	%MW46		0	100	0	100
ti		PLCM340	LONG	%MW48		0	3600	0	36000000
dband		PLCM340	REAL	%MW50		0	100	0	100
outbias		PLCM340	REAL	%MW52		0	100	0	100
ME_TANK_R		PLCM340	REAL	%MW54		0	100	0	100
VA_KM1_M		PLCM340	DIGITAL	%MW58.0		0	1	0	1
VA_Sliv		PLCM340	DIGITAL	%MW58.1		0	1	0	1
NS3_KM_M		PLCM340	DIGITAL	%MW58.2		0	1	0	1
TC1_TRON		PLCM340	DIGITAL	%MW58.3		0	1	0	1
SB_StartM		PLCM340	DIGITAL	%MW58.4		0	1	0	1
NS2_KM_M		PLCM340	DIGITAL	%MW58.6		0	1	0	1
NS1_KM_M		PLCM340	DIGITAL	%MW58.7		0	1	0	1
TC1_AUTO		PLCM340	DIGITAL	%MW59.0		0	1	0	1
LE2_verh_M		PLCM340	DIGITAL	%MW60.0		0	1	0	1
LE2_nyz_M		PLCM340	DIGITAL	%MW60.1		0	1	0	1
LE1_verh_M		PLCM340	DIGITAL	%MW60.2		0	1	0	1
Crash		PLCM340	DIGITAL	%MW60.3		0	1	0	1
msg		PLCM340	DIGITAL	%MW60.4		0	1	0	1
ME_R		PLCM340	REAL	%MW72		0	100	0	100

Рис 4.8 Таблица SCADA-змінних

Мнемосхема, що відображає процес автоматизованого бродіння тіста, забезпечує оператору можливість повного моніторингу технологічного процесу. Завдяки мнемосхемі оператор може спостерігати за поточним станом технологічного обладнання, зокрема контролювати ключові параметри, такі як температура, рівень суміші, вологість борошна та інші характеристики, що впливають на якість кінцевого продукту.

У режимі ручного керування мнемосхема надає можливість змінювати положення регулюючих органів, таких як клапани, мішалки або інші виконавчі механізми. Це забезпечує оперативне втручання в роботу системи для адаптації процесу до змін умов або потреб виробництва. Наприклад, оператор може вручну змінювати уставку температури води, що надходить у

заварочну машину, або регулювати швидкість роботи мішалки в бродильному кориті.

Такий підхід дозволяє інтегрувати автоматизовану систему управління з потребами операторів, зберігаючи високий рівень контролю за процесом і забезпечуючи гнучкість у разі нестандартних ситуацій. Мнемосхема стає важливим інструментом для досягнення стабільності, якості та ефективності процесу бродіння тіста.

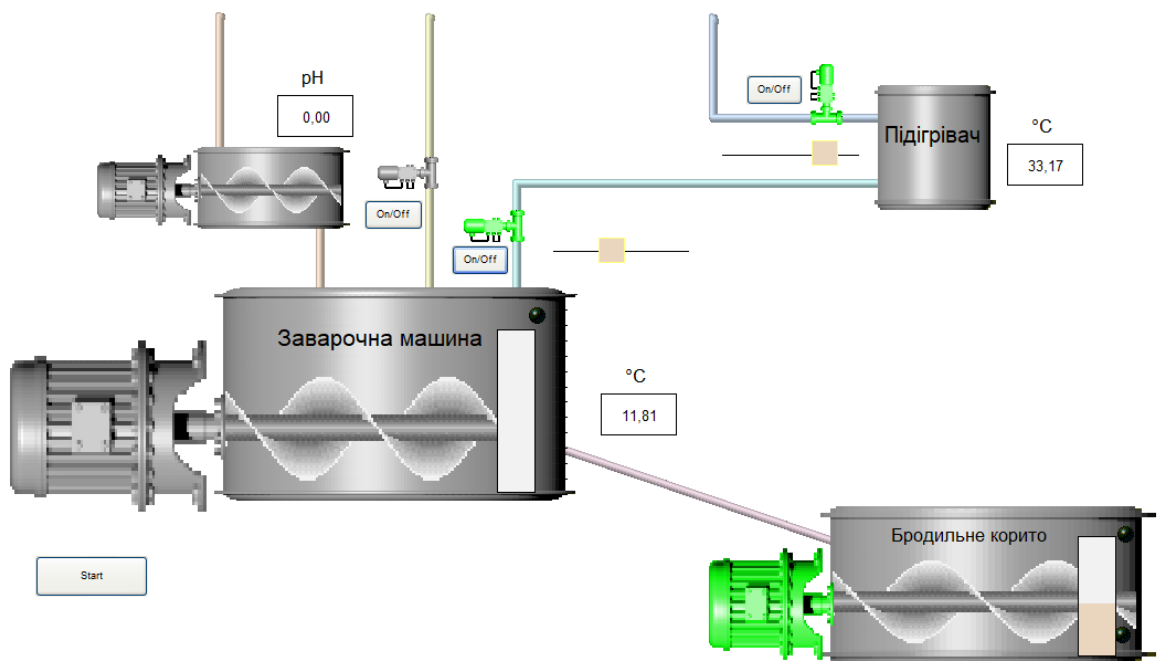


Рис 4.9. Вигляд мнемосхеми у роботі під час імітації об'єкту керування

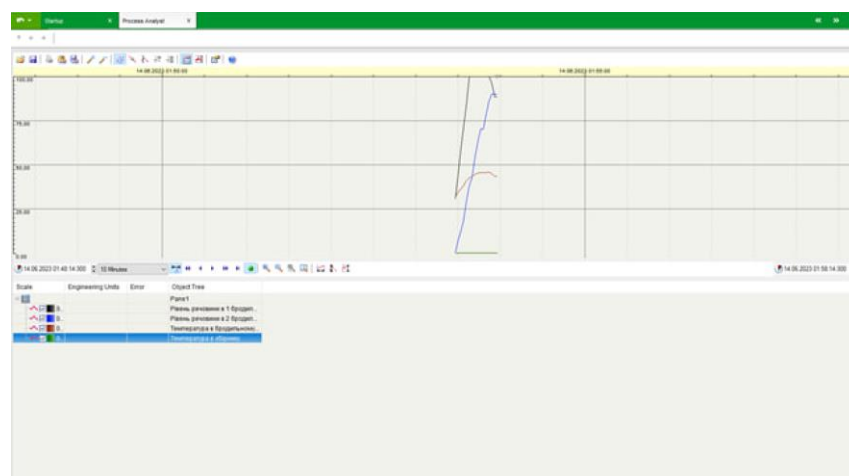


Рис 4.10. Вигляд трендів зміни вимірюваних показників

Аналоговые алармы										
Тег аларма	Название аларма	Категория	Заданное значение	Переменный тег	Критически высокий	Высокий	Низкий	Критически низкий	Проект	
TE1_TANK_WRN_SP	Температура відхилилася від заданого	2	TCL_SP	TE1_Tank_R					Diplom	
TE1_TANK_WRN	Температура відхилилася	2		TE1_Tank_R		40			Diplom	
TE1_TANK_ALM	Температура досягла критичног означення	1		TE1_Tank_R	50				Diplom	

Рис 4.11. список аналогових алармів

## **Висновки**

Під час розробки автоматизованої системи керування виготовленням хліба з підсистемою замішування та підготовки тіста були використані сучасні технічні засоби автоматизації.

Автоматизація процесу бродіння тіста була реалізована на базі промислового логічного контролера Modicon M340 від компанії Schneider Electric, який забезпечує високу надійність та ефективність виконання алгоритмів управління. Для візуалізації роботи системи та взаємодії оператора з процесом була розроблена мнемосхема головного вікна у програмному забезпеченні Citect SCADA. Ця мнемосхема дозволяє в реальному часі відслідковувати ключові технологічні параметри, такі як температура, рівень, вологість, а також переглядати тренди та отримувати попередження про можливі збої у процесі.

Завдяки залученню сучасних технологічних засобів з уніфікованими сигналами система забезпечує стабільність та високу якість виконання процесу. Такий підхід дозволяє гнучко адаптувати обладнання до змін технологічних умов, а також швидко здійснювати заміну або оновлення окремих елементів. У результаті впровадження автоматизованої системи оптимізується процес бродіння тіста, забезпечується стабільність його якості, знижуються витрати виробництва та підвищується загальна ефективність підприємства.

## Список використаних джерел

1. Технологія хлібопекарського виробництва / За ред. В.М. Пасічника. — К.: Вища освіта, 2012. — 350 с.
2. В.І. Черніков, С.А. Левченко. Обладнання хлібопекарських і кондитерських виробництв. — Харків: ХНТУСГ, 2015. — 420 с.
3. І.М. Лисюк. Контроль і управління якістю продукції в хлібопекарському виробництві. — Львів: Техніка, 2018. — 312 с.
4. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій [Текст]: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. — 600 с.
5. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Архангельська К.С., Власенко Л.О.— К.: НУХТ, 2014. — 274 с.
6. Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: навчальний посібник / В. Г. Трегуб.— К.: НУХТ, 2006 – 139 с.
7. Системний аналіз складних систем управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. – К., НУХТ, 2013. – 276 с.
8. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навчальний посібник / В.Г. Трегуб. — К. : Видавництво Ліра-К, 2014. — 344 с.
9. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К. : Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.
10. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.1 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2004. – 184 с.

11. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.2 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2005. – 115 с.
12. Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, О.П. Лобок, А.П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2007.–160 с.
13. Автоматизоване управління технологічними процесами. Конспект лекцій до вивчення дисципліни для студентів спеціальності 6.08040 „Інформаційні управляючі системи та технології” напряму підготовки 0804 “Комп’ютерні науки” ден. та заоч. форм навчання / Уклад.: І.В.Ельперін, С.М.Швед – К.: НУХТ, 2007. – 71 с.
14. Луцька Н.М. Оптимальні та робастні системи керування технологічними об’єктами : монографія / Н.М.Луцька, А.П.Ладанюк. – К. : Видавництво Ліра-К, 2015. – 288 с.
15. Ельперін І.В. Промислові контролери [Текст]: навчальний посібник / І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2003. – 320 с.
16. Пупена О.М. Контролери та їх програмне забезпечення. Курс лекцій для студ. напр. 6.50202 "Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології" денної та заочної форм навчання. Частина 3. / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2011. – 48 с.
17. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах [Текст]: навчальний посібник / А.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. – К.: Вид-во «Ліра-К», 2011. – 552 с.
18. Пупена О.М. Програмування промислових контролерів у середовищі UNITY PRO [Текст]: Навч. посібник / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: Видавництво Ліра – К, 2013. – 376 с.
19. Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології: курс лекцій для студ. напряму 6.050202 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані

- технології» денної та заочної форм навчання / О.М. Пупена. – К.: НУХТ, 2011. – 67 с.
- 20.Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування): монографія / А.П.Ладанюк, Заєць Н.А., Л.О.Власенко. – К.: Видавництво Ліра-К, 2016. – 312 с.
- 21.Трегуб В.Г. Автоматизація об'єктів періодичної дії: підручник / В.Г. Трегуб. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2017. – 136 с.
- 22.Інноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об'єктами агропромислового комплексу [Текст]: монографія / А.П. Ладанюк, В.М. Решетюк, В.Д. Кишенько, Я.В. Смітюх. – Київ: Центр учбової літератури, 2014. – 280 с.
- 23.Innovative energy-saving technologies in biotechnological objects control / A. Chochowski, I. Chernyshenko, V. Kozyrskyi, V. Kyshenko, A. Ladaniuk, V. Lysenko, V. Reshetiuk, I. Smitiukh, V. Shtepa, V. Shcherbatiuk. - K.: Tsentr Uchbovoii Literatury, 2014.- 240 p.
- 24.Сучасні методи автоматизації технологічних об'єктів [Текст]: монографія / А.П. Ладанюк, О.А. Ладанюк, Р.О. Бойко, В.В. Іващук, Д.О. Кроніковський, Д.А. Шумигай. – К.: Інтер Логістик Україна, 2015. – 408 с.
- 25.Методи сучасної теорії управління [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Н.М. Луцька, В.В. Іващук.– К.: НУХТ, 2010. – 196 с.
- 26.Методологія наукових досліджень [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко, В.Д. Кишенько. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 352 с.
- 27.Сценарний підхід при автоматизації технологічних процесів [Текст]: монографія / Я.В. Смітюх, А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Б.М. Гончаренко.

– LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019. – 173 с. – ISBN: 978-613-9-87035-6.

28. Оптимізація процесів переробки сільськогосподарської сировини [Текст]: монографія / В.О. Мірошник, М.А. Гачковська, В.Д. Кишенько, О.В. Грабовська.– К.:ЦП “Компринт”, 2019.– 479 с.
29. Кишенько В.Д. Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації [Текст]: конспект лекцій для студ. спец. 6.092500 "Автоматизовані системи управління технологічними процесами", 6.092500 "Комп'ютерно-інтегровані процеси та виробництва" напряму 0925 ден. та заоч. форм навч. / В.Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2007. — 102 с.
30. Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи [Текст]: конспект лекцій для студ. спец. 6.092500 "Автоматизовані системи управління технологічними процесами", 6.092500 "Комп'ютерно-інтегровані процеси та виробництва" напряму 0925 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" ден. та заоч. форм навч. / В.Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2008. — 133 с.
31. Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи. Практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник / В.Д. Кишенько, Ю.О. Самойленко, Я.В. Смітюх. – Київ : НУХТ, 2017. — 67 с.
32. Кишенько В.Д. Моделювання систем [Електронний ресурс]: конспект лекцій для студ. освіт. ступ. "Магістр" спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" спеціал. "Автоматизація та інтелектуальні системи керування технологічними комплексами" ден. форми навч. / В.Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2016. — 205 с.
33. Романов М.С. Синергетичні основи сталого інноваційного розвитку харчової промисловості [Текст]: концептуальний підхід, наукове видання / М.С. Романов. – К.: НУХТ, 2019. – 71 с.

34. 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.
35. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр» за ОП “Комп’ютерні технології та програмування в автоматизованих системах управління”: уклад. О.М. Пупена, І.В. Ельперін, В.Г. Трегуб. – НУХТ, 2019. – 38 с.