

**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 керування виробництвом молочних продуктів
з підсистемою контролю та керування якістю продукції відділення прийомки
молока

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

Шрамко Максим Віталійович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

_____ (підпис)

Керівник Смітюх Ярослав 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

Сергій Грибков

(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) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____

(підпис)

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

Шрамка Максима Віталійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Автоматизована система керування виробництвом молочних продуктів з підсистемою контролю та керування якістю продукції відділення прийомки молока

керівник роботи завідувач кафедри, доцент Смітюх Ярослав 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 16 грудня 2024 року

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 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 ПРМ 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 прийомки молока. 4.1. Розроблення алгоритмічної структури алгоритму керування. 4.2. Розроблення структури програми. 4.3 Розроблення ППЗ на мові FBD. 4.4. Розробка людинно-машиного інтерфейсу оператора технолога. Висновки. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Схема автоматизації. 2. Структурна схема КТС. 3. Схема мережесих 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

Дата видачі завдання 7 жовтня 2024 року

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 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 прийомки молока.	11 тиждень	

Здобувач _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

Максим ШРАМКО

Ярослав СМІТЮХ

Анотація

Перший розділ магістерської кваліфікаційної роботи присвячений аналізу процесу приймання молока та огляду існуючих рішень щодо автоматизації відділень прийомки молока.

Другий розділ зосереджено на розробці та описі функціональної структури системи, структурної схеми комплексу технічних засобів і схеми мережевих інформаційних потоків.

Третій розділ роботи охоплює розробку та опис схеми автоматизації, специфікацію приладів і засобів автоматизації польового рівня, компонування і специфікацію модулів ПЛК, а також схеми з'єднань і підключень проводок промислових мереж.

Четвертий розділ спрямований на створення програми автоматизованої системи керування виробництвом молочних продуктів із підсистемою контролю та управління якістю продукції у відділенні прийомки молока. Ця програма розробляється для ПЛК у середовищі Unity PRO, а також створюється дисплейна мнемосхема в програмному забезпеченні Citect SCADA.

Annotation

The first chapter of the master's qualification thesis is devoted to analyzing the milk reception process and reviewing existing solutions for automating milk reception departments.

The second chapter focuses on the development and description of the functional structure of the system, the structural diagram of the technical means complex, and the network information flow diagram.

The third chapter covers the development and description of the automation diagram, the specification of field-level automation devices and tools, the layout and specification of PLC modules, as well as the wiring and connection diagrams of industrial networks.

The fourth chapter is aimed at creating a program for an automated production control system for dairy products, including a subsystem for quality control and management in the milk reception department. This program is developed for PLCs using Unity PRO software, and a display mimic diagram is created using Citect SCADA software.

Зміст

Вступ	7
Розділ 1. Аналіз технологічного об'єкту автоматизації та АСК	8
1.1. Аналіз технологічного об'єкту автоматизації	8
1.2. Аналіз АСК технологічним об'єктом.....	15
1.3. Постановка задачі кваліфікаційної роботи магістра	16
Розділ 2. Загальносистемні рішення	17
2.1. Загальний опис об'єкту та систем.....	17
2.2. Функціональна схема системи	19
2.3. Опис функцій, що автоматизуються.....	19
2.4. Структурна схема комплексу технічних засобів.....	24
2.5. Опис інформаційного забезпечення КІСК ПРМ виробництва та основного відділення.....	27
Розділ 3. Розробка підсистеми керування технологічним процесом	31
3.1. Схема автоматизації та специфікація приладів та засобів автоматизації польового рівня.....	31
3.2. Схема компонування та специфікація модулів ПЛК та PDS.....	35
3.3. Перелік технологічних параметрів для функції диспетчерського контролю та управління основними технологічними параметрами виробництва....	40
3.4. Перелік технологічних параметрів для функції ведення архіву основної технологічної інформації.....	41
3.5. Схеми підключень та з'єднань проводок промислових мереж.....	42
Розділ 4. Розробка алгоритма та програми для ПЛК для автоматизації процесу прийомки молока	46
4.1. Розроблення алгоритмічної структури алгоритму керування.....	46
4.2. Розроблення структури програми.....	52
4.3. Розроблення ППЗ на мові FBD.....	54
4.4. Розробка людинно-машинного інтерфейсу оператора технолога.....	62
Висновки.....	67
Список використаних джерел.....	68

Вступ

Молоко є одним із найцінніших продуктів харчування людини, адже воно здатне замінити багато інших продуктів, але не має повноцінної альтернативи. Його висока харчова цінність зумовлена вмістом майже всіх необхідних для організму поживних речовин, таких як білки, жири, вуглеводи, що легко засвоюються та знаходяться у збалансованому співвідношенні.

Технологія виробництва питного молока спрямована на збереження його якісних характеристик з моменту доїння на фермі до надходження у торговельні мережі. Основні етапи процесу включають приймання та підготовку сировини, обробку, охолодження, пастеризацію, вітамінізацію, пакування та зберігання.

У межах цієї роботи особлива увага приділяється прийомці молока, що є критичними для забезпечення його якості та безпечності. Окрім цього, розглядається розробка автоматизованої системи керування цими процесами, що сприятиме підвищенню ефективності виробництва та гарантуватиме високий рівень контролю якості.

Розділ 1. Аналіз технологічного об'єкту автоматизації та АСК

1.1 Аналіз технологічного об'єкту автоматизації

Молоко приймають на короткий або довгий терміни зберігання у фляги та резервуари різних типів

Молокоприймальні баки та ємності для зберігання молока відносяться до резервуарів загального призначення. Їх стінки частіше за все мають термоізоляційний шар. У таких резервуарах-термосах зміни якості молока при короткочасному зберіганні зменшенні до мінімуму.

Резервуари спеціального призначення поділяються за конструкцією:

- Вертикальні
- Горизонтальні

за призначенням:

- на резервуари-охолоджувачі молока,
- ванни для нагрівання молока
- універсальні теплові апарати

за типом пристрою для перемішування:

- на лопатеві,
- пропелерні
- спеціальні мішалки.

Вертикальні резервуари-термоси дозволяють ефективніше використовувати висоту приміщення порівняно з горизонтальними та швидше спорожняються.

Вертикальні резервуари складаються з основних елементів: циліндричної ємності, внутрішнього корпусу, виготовленого з нержавіючої сталі або алюмінієвого листа, і зовнішнього корпусу з листової сталі. Простір між внутрішнім і зовнішнім корпусами заповнюється термоізоляційним матеріалом, який забезпечує підтримання температурного режиму.

У верхній частині резервуара розташовані:

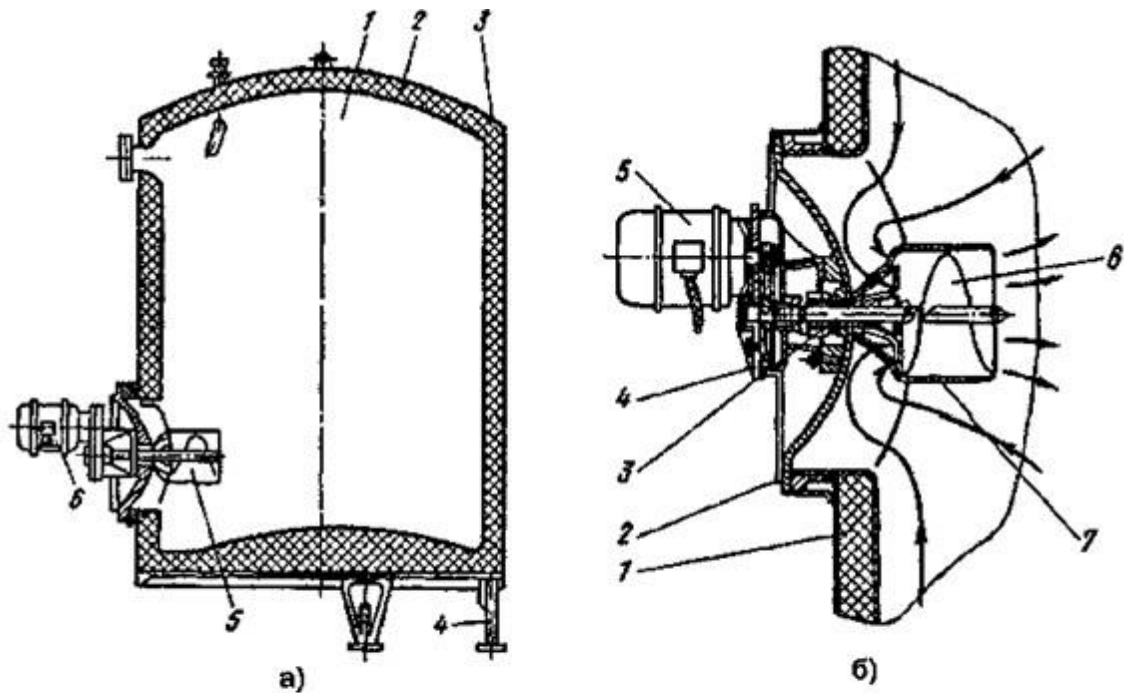
- **Мийний пристрій** для очищення внутрішньої поверхні.
- **Датчик верхнього рівня**, який сигналізує про максимальне заповнення ємності.
- **Повітряний клапан**, який дозволяє виходити повітрю при наповненні резервуара і надходити під час спорожнення.

У нижній частині резервуара знаходяться:

- **Показчик нижнього рівня**, що вказує на мінімальну кількість рідини.
- **Перемішувальний пристрій**, який забезпечує рівномірне перемішування молока для підтримання однорідності.

Люк для обслуговування та контролю розміщений у передній частині днища горизонтальних резервуарів і в центральній зоні вертикальних резервуарів.

Конструкція ємності передбачає вертикальний двостінний циліндр з плоским днищем, виготовленим із нержавіючої сталі. Простір між стінками заповнений термоізоляційним матеріалом, що знижує теплові втрати і сприяє збереженню якості молока під час зберігання.



Вертикальна ємність для зберігання молока:

а) вертикальна ємність: 1 — внутрішня ємність; 2 — ізоляція; 3 — обшивка; 4 — підставка; 5 — мішалка; 6 — електродвигун; б) мішалка шнекового типу: 1 — корпус; 2 — кришка; 3 — чепцеве ущільнення; 4 — редуктор; 5 — електродвигун; 6 — шнек мішалки; 7 — потокове кільце

Патрубок для наповнення і зливу молока розташований у нижній частині ємності. Корпус обладнаний штуцерами для монтажу контрольно-вимірювальних приладів, а також трубами для підключення мийного пристрою та перемішувального механізму. Рівень молока в ємності контролюється автоматично, що забезпечує високу точність і зручність у процесі експлуатації. Перемішування молока здійснюється за допомогою відцентрового насоса, який спрямовує рідину через дві струменеві насадки, розташовані на різних рівнях висоти. Це забезпечує рівномірність перемішування та запобігає утворенню осаду.

Ємність оснащена вертикальною драбиною для доступу до верхньої частини, де розташований верхній люк із кришкою. На кришці закріплений повітряний клапан, який з'єднує внутрішню порожнину ємності з атмосферним середовищем, запобігаючи виникненню вакууму або надмірного тиску. Крім того, у верхній частині передбачений світильник для забезпечення освітлення під час обслуговування.

Теплове оброблення молока

Теплова обробка молока у молочній промисловості охоплює кілька основних процесів: охолодження, нагрівання, пастеризацію, стерилізацію та вакуум-термічну обробку.

- **Охолодження** молока та молочних продуктів дозволяє значно продовжити термін їх зберігання у свіжому вигляді. Це досягається завдяки уповільненню життєдіяльності мікроорганізмів, які викликають псування та скисання.
- **Нагрівання** є важливою частиною технологічного процесу, що використовується для виготовлення різноманітних молочних продуктів.
- **Пастеризація** спрямована на зниження активності мікроорганізмів у вегетативній формі, забезпечуючи безпечність і збільшення терміну зберігання молока.
- **Стерилізація** забезпечує повне знищення мікроорганізмів, включно з їхніми формами : вегетативними та споровими. Що сприяє значно збільшити термін придатності продукції.
- **Вакуум-термічна обробка** застосовується для видалення сторонніх запахів і присмаків, покращуючи органолептичні властивості молока.

Процеси теплової обробки можуть здійснюватися різними способами:

- Контакт гарячих і холодних середовищ, розділених перегородками.
- Вплив пари або інфрачервоних променів на продукт.

Також існують технології, за якими пастеризація молока проводиться без нагрівання, наприклад, шляхом обробки ультрафіолетовими променями на спеціальних установках. Це забезпечує необхідний рівень знезараження продукту, зберігаючи його свіжість і поживну цінність.

Охолодження молока

Температура свіжого парного молока є ідеальною для розмноження більшості мікроорганізмів. Якщо молоко вчасно не охолодити, мікроорганізми почнуть активно розмножуватися, що призведе до підвищення кислотності та скисання продукту.

Охолодження молока не знищує бактерії, але уповільнює їхній ріст, розвиток і розмноження. Для збереження початкових властивостей молока його необхідно охолоджувати. Дослідження показують, що при зниженні температури до $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ молоко зберігає свої властивості більше трьох місяців. Низька температура також сприяє збереженню основних вітамінів і подовженню періоду збереження бактерицидних властивостей.

Якщо час між охолодженням і доставкою молока на завод не перевищує 6 годин, його охолоджують до температури $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Такий температурний режим зазвичай використовується в господарствах, що транспортують молоко на молокозаводи одразу після кожного доїння.

Процес охолодження молока базується на принципі теплообміну: тепле молоко передає своє тепло холодоносію, який поступово нагрівається. Цей цикл триває безперервно до тих пір, поки температура молока не досягне рівня, близького до температури холодоносія. Завдяки цьому забезпечується ефективне зниження температури продукту, що сприяє збереженню його якості та подовженню терміну зберігання.

Характеристика молока

Молоко має високу поживну цінність завдяки оптимальному вмісту різноманітних компонентів. Вони поділяються на **істинні компоненти**, які синтезуються під час секреції молока, та **сторонні компоненти**, що потрапляють до молока ззовні різними шляхами.

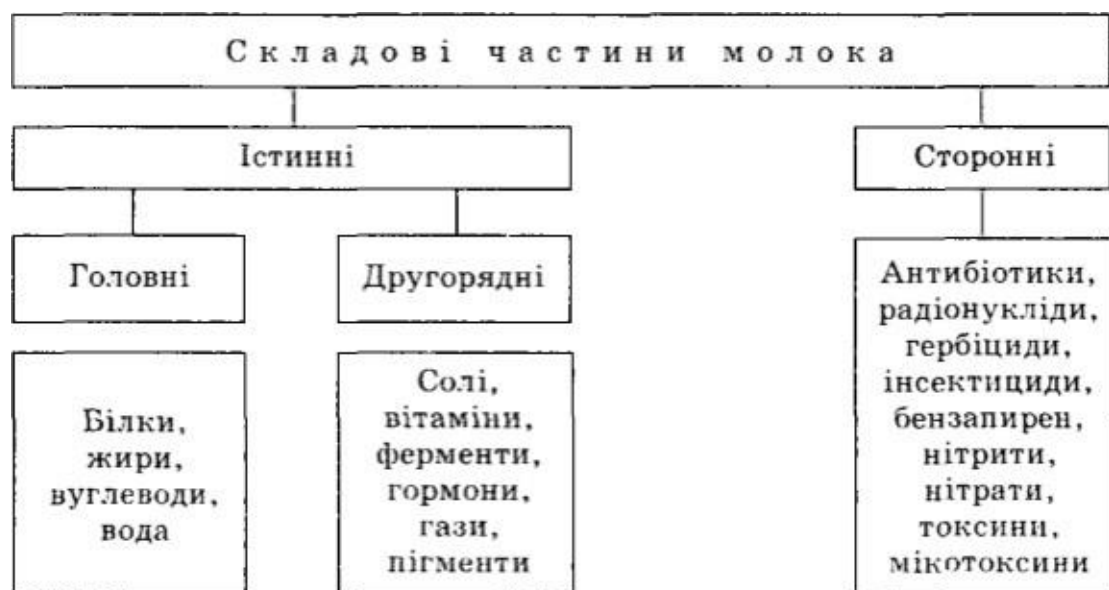
Істинні компоненти поділяються на:

- **Головні** – білки, жири, вуглеводи та мінеральні солі.
- **Другорядні** – біологічно активні речовини, такі як вітаміни, ферменти, гормони, бактерицидні та імунні сполуки.

Молоко складається з води та сухих речовин.

- **Вода** є основним компонентом, що забезпечує його рідку структуру.
- **Сухі речовини** містять усі поживні компоненти, включно з білками, жирами, вуглеводами та мінеральними солями, які забезпечують його поживну цінність.

Біологічно активні компоненти молока, такі як вітаміни, ферменти та гормони, відіграють важливу роль у підтримці здоров'я. Бактерицидні й імунні сполуки сприяють захисту організму та продовжують термін зберігання продукту, особливо у свіжому стані.



Складові частини молока

Висока поживна цінність молока обумовлена не лише багатим складом компонентів, але й їхнім раціональним співвідношенням і специфічними якісними характеристиками. Така гармонійна структура забезпечує легке засвоєння організмом основних поживних речовин, що робить молоко незамінним продуктом у харчуванні людини.

Склад молока

Компоненти	Середнє значення, %	Межі коливань, %
Вода	87.6	87.0-89.0
Сухі речовини	12.4	11.0-16.0
У тому числі:		
жир	3.7	2.7-6.0
білки	3.3	2.0-3.8
лактоза	4.7	4.2-5.0
мінеральні речовини	0.7	0.6-0.85
небілкові азотисті речовини	0.03	0.024-0.035
Гази, мг/100 г	7.5	6.0-9.0

Вода. Молоко містить від 87 до 89% води, більша частина якої (приблизно 84–86%) перебуває у вільному стані, а лише 3,0–3,5% – у зв'язаному.

Вільна вода в молоці виконує роль розчинника для таких компонентів, як лактоза, солі, кислоти, водорозчинні вітаміни та інші речовини. Видалити цю воду можна шляхом згущення, сушіння або ультрафільтрації. Вона також бере участь у хімічних і біохімічних процесах, сприяє росту мікроорганізмів і є однією з основних причин псування молочних продуктів.

При зниженні температури молока вільна вода починає замерзати, тоді як його криоскопічна точка коливається в межах від -0,54 до -0,57 °С. Водночас зв'язана вода залишається незамерзлою навіть при низьких температурах, не розчиняє електроліти і не вступає в хімічні реакції. Вона також є недоступною для мікроорганізмів і може бути видалена виключно шляхом висушування. Масова частка жиру та білка в молоці повинна строго відповідати базисним нормам, визначеним чинними регуляторними документами.

1.3. Постановка задачі кваліфікаційної роботи магістра

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є розробка автоматизованої системи керування виробництвом молочних продуктів з підсистемою контролю та керування якістю продукції відділення прийомки молока та її координація з пастеризаційним відділенням молокозаводу та верхнім рівнем молокозаводу.

Розділ 2. Загальносистемні рішення

2.1. Загальний опис об'єкту та системи

На виробництві приймання молока організовано за допомогою комп'ютерно-інтегрованої системи керування прийомкою молока (КІСК ПРМ). Ця система забезпечує повний автоматизований контроль та управління параметрами молока від моменту його надходження до подальшої обробки, інтегруючись із суміжними відділеннями, зокрема пастеризаційним (ПАС). Це дозволяє оптимізувати всі процеси прийомки, підвищуючи їх ефективність і точність.

Процес починається з подачі молока з молоковоза в охолоджувач, де відбувається автоматичне регулювання температури. Для цього використовується електропневматичний клапан, який забезпечує подачу холодної води до моменту досягнення потрібного рівня охолодження. Охоложене молоко спрямовується до спеціальної ємності, в якій встановлено датчики для контролю рівня, температури та хімічних параметрів молока. Серед таких параметрів – масова частка білка, жиру, а також вміст води. Вимірювання здійснюється за допомогою рефрактометра, який аналізує пробу молока, забезпечуючи точність отриманих даних. Усі параметри перевіряються відповідно до встановлених рецептур і нормативів.

Для перемішування молока в ємності використовується мішалка, обладнана електродвигуном. Запуск і зупинка мішалки здійснюється програмованим логічним контролером (ПЛК), який надсилає команди до магнітного пускача двигуна. Під час зливу молока з ємності працює система автоматичного регулювання витрати, що включає електромагнітний витратомір і пневматичний клапан. Клапан керується сигналом 4–20 мА, переданим від ПЛК, що забезпечує точний контроль об'єму молока, яке подається на пастеризацію.

Промивання ємностей також відбувається автоматично. Спочатку подається вода для попереднього очищення, рівень якої контролюється за допомогою рівнеміра з вихідним сигналом 4–20 мА, що передається на аналоговий вхід ПЛК. Далі в ємність подається миючий розчин, який перемішується мішалкою для забезпечення ефективного очищення. Після цього розчин зливається через електромагнітний клапан, яким керує ПЛК. На завершальних етапах подається вода для остаточного очищення, а також пара з парогенератора для стерилізації ємності перед наступним циклом роботи. Це забезпечує високий рівень гігієни та готовність обладнання до повторного використання.

Комплексна автоматизація всіх етапів приймання та очищення молока сприяє ефективному функціонуванню виробничого процесу, зменшуючи ризики помилок і підвищуючи якість кінцевого продукту.

2.2. Функціональна схема системи

Функціональна структура створюється для автоматизованої системи управління виробництвом (АСУТП) з метою забезпечення її ефективного функціонування. Її розробка базується на аналізі вхідних даних, які включають характеристики об'єкта управління (зокрема, всього виробництва та ключових відділів) і встановлені вимоги до системи.

Опис функціональної структури повинен містити два основні елементи:

Схему функціональної структури, яка наочно відображає взаємозв'язок основних елементів системи.

Характеристику автоматизованих функцій, яка деталізує функції, що виконує система, а також їх реалізацію.

Функції системи розподіляються на кілька підфункцій, які мають взаємозв'язок через інформаційні потоки. Ці підфункції групуються залежно від їх виконання на конкретних технічних засобах. Всі функції та інформаційні зв'язки відображаються на схемі функціональної структури.

У магістерських проектах рекомендується зображати загальну функціональну структуру АСУТП виробництвом з урахуванням ієрархії рівнів управління. Зазвичай вона має наступну побудову:

0-й рівень — рівень польових пристроїв, включаючи датчики, виконавчі механізми та інші первинні пристрої.

1-й рівень — рівень контролерів, які збирають і обробляють дані від польових пристроїв.

2-й рівень — рівень SCADA/HMI, що забезпечує візуалізацію, моніторинг та базовий контроль процесів.

3-й рівень — рівень управління виробництвом, який відповідає за загальне планування, координацію та оптимізацію технологічних процесів.

Для зручності сприйняття та стандартизації до схеми функціональної структури додається таблиця умовних позначень, яка пояснює використані символи та зв'язки. Це дозволяє чітко і структуровано представити взаємодію всіх компонентів системи та забезпечити її розуміння.

Розробка такої структури є важливим етапом проектування АСУТП, оскільки вона відображає логіку взаємодії всіх підсистем та дозволяє створити ефективну систему управління виробничими процесами.

Схему функціональної структури для комп'ютерно-інтегрованої автоматизованої системи керування процесом прийомки молока (КІСК ПРМ) наведено на рисунку 2.1.

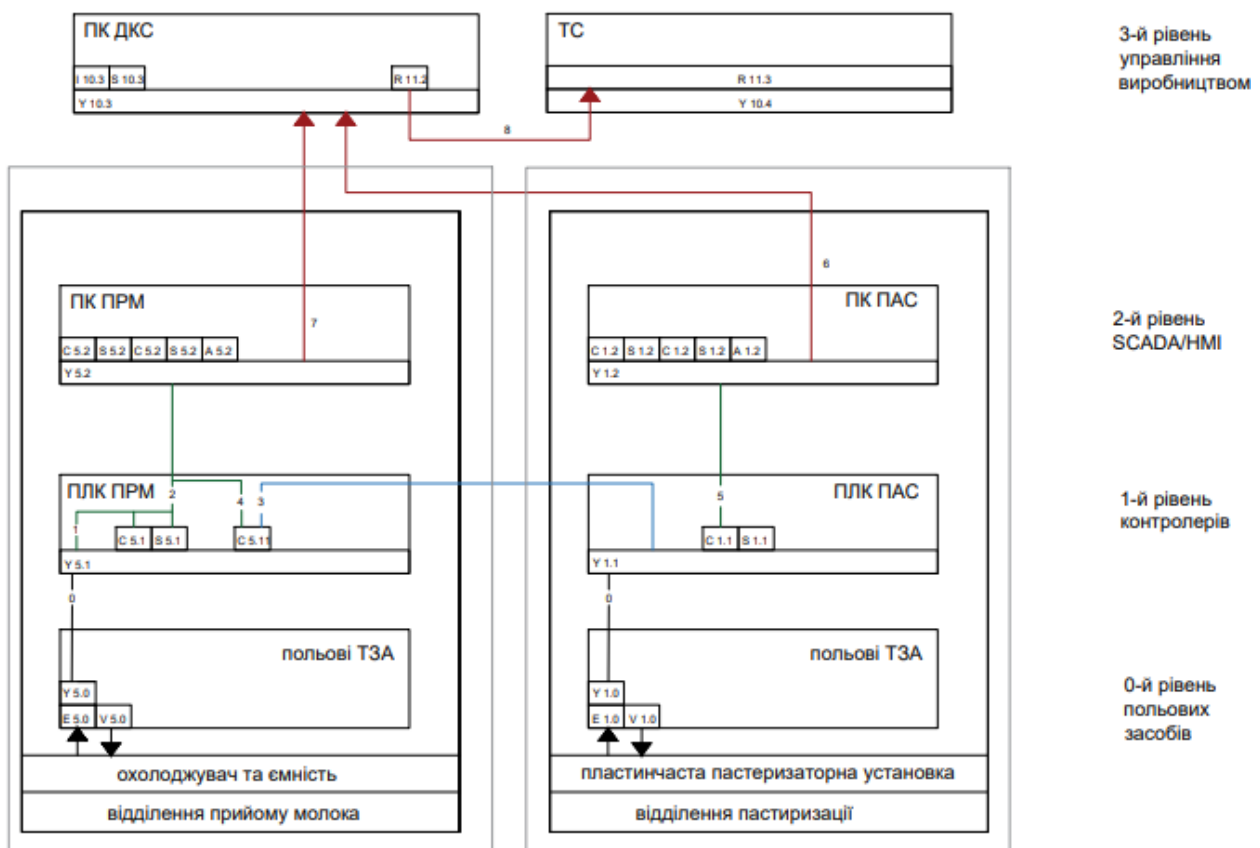


Рис. 2.1. Схема функціональної структури КІСК ПРМ.

В таблиці 2.1 вказано найменування та опис позначень для схеми функціональної структури комп'ютерно-інтегрованої системи керування процесом прийомки молока (KICK CAT).

Таблиця 2.1. Таблиця позначень використаних в схемі функціональної структури.

Позначення	Найменування
польові ТЗА	технічні засоби автоматизації, які відносяться до польового рівня
ПЛК ПРМ	мікропроцесорний контролер для відділення прийому молока
ПЛК ПАС	мікропроцесорний контролер пластинчастої пастеризованої установки
ПК ПРМ	АРМ оператора прийому молока (на базі комп'ютера)
ПК ПАС	АРМ оператора пастеризації (на базі комп'ютера)
ПК ДКС	диспетчерсько-координуюча станція – 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
Y	перетворення та обробка інформації
C1.1, C5.1	автоматизоване регулювання, управління технологічним процесом
C5.11	автоматизоване управління відправлення молока на пастеризацію
C1.2, C5.2	дистанційне управління, формування завдання, настройка регуляторів
S1.1, S5.1	автоматизоване включення, відключення, переключення, блокування, запуск зада
S1.2, S5.2	дистанційне включення, відключення, переключення, блокування, запуск задач, з режимів роботи регуляторів
П.2, І5.2	відображення для контролю за технологічним процесом
П0.3	відображення для диспетчерського контролю за виробничим процесом
П0.11	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

2.3. Опис функцій, що автоматизуються

У текстовому описі автоматизованих функцій (ПЗ) пояснюється схема функціональної структури та уточнюються її елементи. Зокрема, зазначаються:

Список функцій/задач із зазначенням періодичності та тривалості їх 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 комп'ютерно-інтегрованій системі керування прийомкою молока (КІСК ПРМ) автоматизовані функції, представлені в схемі функціональної структури, деталізовані в таблиці 2.2. В таблиці наведено призначення кожної функції, вимоги до її параметрів і характер інформаційного обміну.

Функції, які автоматизуються в комп'ютерно-інтегрованій системі керування процесом прийомки молока (КІСК ПРМ) й наведені в схемі функціональної структури вказані в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2. Функції, які автоматизуються

№	Найменування змінної	Польові ТЗА ПРМ		ПЛК ПРМ	SCADA ПРМ							
		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 .Rlog 5.2	Prm .A5.2	Prm .Alog 5.2
1	ТЕ дійсне	0-40°C	-	IN	Prm .C5.1	IN	1c	-	10c, 1mic	-	<7°C >15°C	1mic
2	ТЕ задане	-	-	-	Prm .C5.1	IN/O UT	1c	+	10c, 1mic	1 mic	-	-
3	Кл подачі холодної води в охолоджувач	-	0-100%	OUT	Prm .C5.1	IN/O UT	1c	+	10c, 1mic	-	-	-
4	Per TE p\а	-	-	-	Prm .C5.1	IN/O UT	hc	+	змін, 1mic	1mic	-	-
5	Per TE - Min	-	-	-	Prm .C5.1	IN/O UT	hc	+	10c, 1mic	-	-	-
6	Per TE - Max	-	-	-	Prm .C5.1	IN/O UT	hc	+	10c, 1mic	-	-	-
7	Per TE- Kp	-	-	-	Prm .C5.1	IN/O UT	hc	+	-	-	-	-
8	Per TE- Ti	-	-	-	Prm .C5.1	IN/O UT	hc	+	-	-	-	-
9	FE дійсне	0-4000л	-	IN	Prm .C5.1	IN	1c	-	10c, 1mic	-	>5% <1%	1mic
10	FE задане	-	-	-	Prm .C5.1	IN/O UT	1c	+	10c, 1mic	1 mic	-	-
11	Кл подачі молока на пастеризацію	-	0-100%	OUT	Prm .C5.1	IN/O UT	1c	+	10c, 1mic	-	-	-
12	Per FE p\а	-	-	-	Prm .C5.1	IN/O UT	hc	+	змін, 1mic	1mic	-	-
13	Per FE - Min	-	-	-	Prm .C5.1	IN/O UT	hc	+	10c, 1mic	-	-	-
14	Per FE - Max	-	-	-	Prm .C5.1	IN/O UT	hc	+	10c, 1mic	-	-	-
15	Per FE - Kp	-	-	-	Prm .C5.1	IN/O UT	hc	+	-	-	-	-
16	Per FE - Ti	-	-	-	Prm .C5.1	IN/O UT	hc	+	-	-	-	-
17	LE Tank	-	0-100%	IN	Prm .C5.1	IN	1c	-	10c, 1mic	-	>90% <2%	1mic
18	QE_Voda	87-89%	-	IN	Prm .C5.1	IN	1c	-	10c, 1mic	-	>90% <86%	1mic
19	QE_Zhir	2.7-6.0%	-	IN	Prm .C5.1	IN	1c	-	10c, 1mic	-	>6.5% <2.3%	1mic
20	QE_Bilok	2.0-3.8%	-	IN	Prm .C5.1	IN	1c	-	10c, 1mic	-	>4.2% <1.3%	1mic

2.4. Структурна схема комплексу технічних засобів

Структурна схема комплексу технічних засобів (КТС) створюється для автоматизованої системи управління технологічним процесом (АСУТП) виробництва. До неї включаються тільки ті засоби автоматизації (ТЗА), що інтегруються в єдину систему через промислові мережі. ТЗА польового рівня зазвичай не враховуються, якщо вони не беруть участь у мережевій взаємодії.

Процес розробки структури КТС включає:

- Вибір промислових і комп'ютерних мереж для технічної інтеграції елементів системи.
- Побудову мережної структури, в якій технічні засоби представлені вузлами мережі.
- Підбір мережного обладнання (комунікаційних модулів, карт) для кожного вузла.
- Вибір додаткових мережних компонентів із функціями перетворення, таких як репітери, концентратори, комутатори, маршрутизатори та шлюзи.

Розроблену структурну схему комплексу технічних засобів для комп'ютерно-інтегрованої системи керування процесом прийомки молока (КІСК ПРМ) наведено на рис. 2.2.

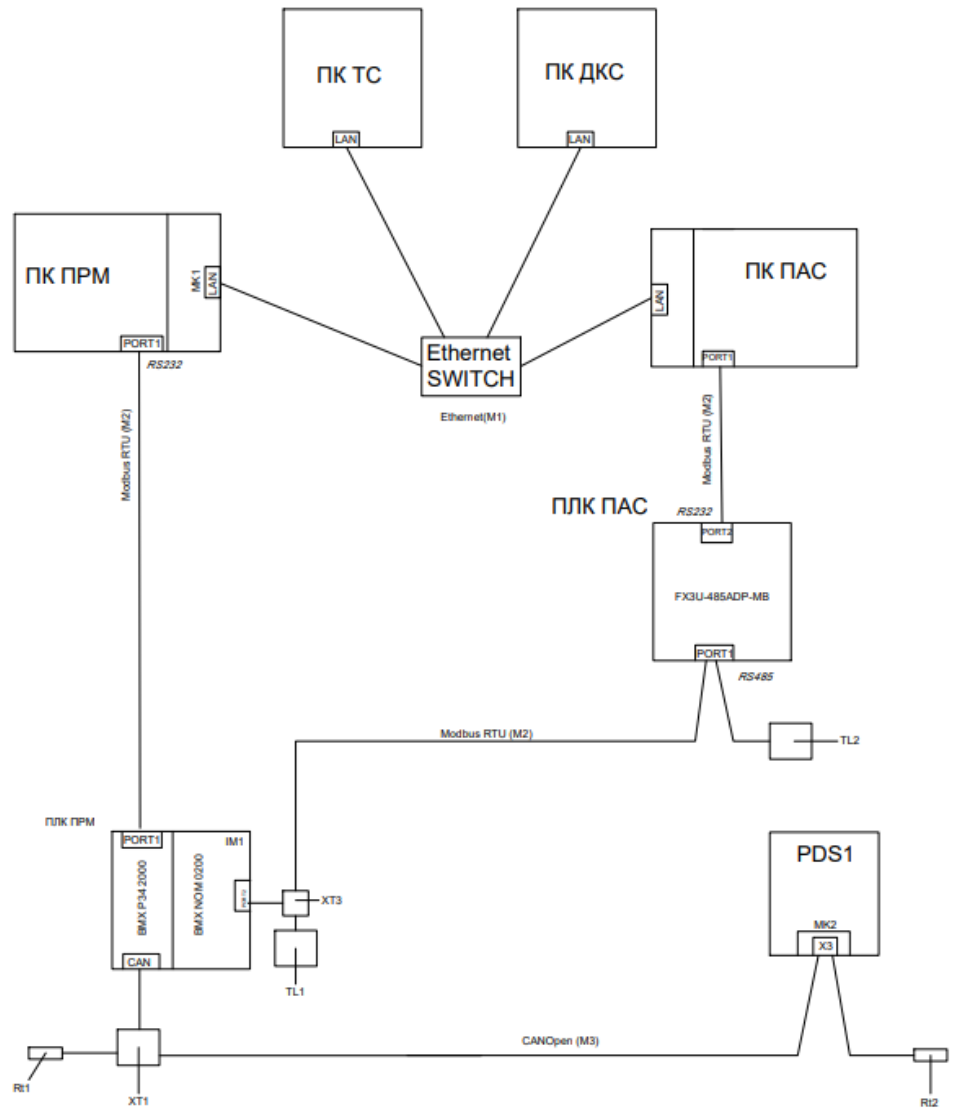


Рис. 2.2. Структурна схема КТЗ КІСК ПРМ.

Специфікація мережних технічних засобів (МТЗ), які використані при розробці структурної схеми комплексу технічних засобів комп'ютерно-інтегрованої системи керування процесом дефекосатурації (KICK CAT) вказано в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3. Специфікація МТЗ.

с	Найменування	Кількість	Примітка
ПЛК ПРМ	мікропроцесорний контролер для відділення прийому молока	1	Modicon M340 BMX P34 2000
ПЛК ПАС	мікропроцесорний контролер для відділення пастеризації	1	Mitsubishi Electric FX CPU FX3U-485ADP-MB
ПК ПРМ	АРМ оператора прийому молока (на базі комп'ютера)	1	Офісного виконання
ПК ПАС	АРМ оператора пастеризації (на базі комп'ютера)	1	Офісного виконання
ІМ1	Інтерфейсний модуль	1	BMX NOM 0200
ПК ДКС	диспетчерсько-координуюча станція – АРМ начальника зміни на базі комп'ютера	1	Офісного виконання
ТС	технологічний сервер - сервер архівів основних виробничих параметрів	1	Офісного виконання
PDS1	Частотний перетворювач	1	Lenze 8200 Vector
Switch	Мережевий комутатор	1	TP-LINK TL-SF1005P

2.5. Опис інформаційного забезпечення КІСК ПРМ виробництва та основного відділення

Опис інформаційного забезпечення АСУТП рекомендується доповнювати таблицями або схемами, що відображають інформаційну структуру системи. Як графічне представлення можуть використовуватися схеми мережних потоків даних або аналогічні варіанти. Візуалізацію доцільно виконувати окремо для кожної мережі або для всієї системи загалом.

Комп'ютерно-інтегрована система керування процесом прийомки молока (КІСК ПРМ) складається з трьох мереж:

- Мережа М1: побудована на базі технології Ethernet і забезпечує зв'язок між ПК прийомки молока (ПК ПРМ), ПК пастеризації (ПК ПАС), ПК диспетчерського контролю (ПК ДКС) та технічними серверами (ТС).
- Мережа М2: використовує технологію MODBUS RTU для об'єднання ПК ПРМ та програмованого логічного контролера прийомки молока (ПЛК ПРМ).
- Мережа М3: також побудована за технологією MODBUS RTU і забезпечує взаємодію між ПК ПРМ, ПЛК ПРМ, пристроями PDS, а також між ПК ПАС і ПЛК ПАС для координації процесів у відділеннях прийомки молока та пастеризації.

На рис. 2.3 вказано схему мережних інформаційних потоків (МІП)

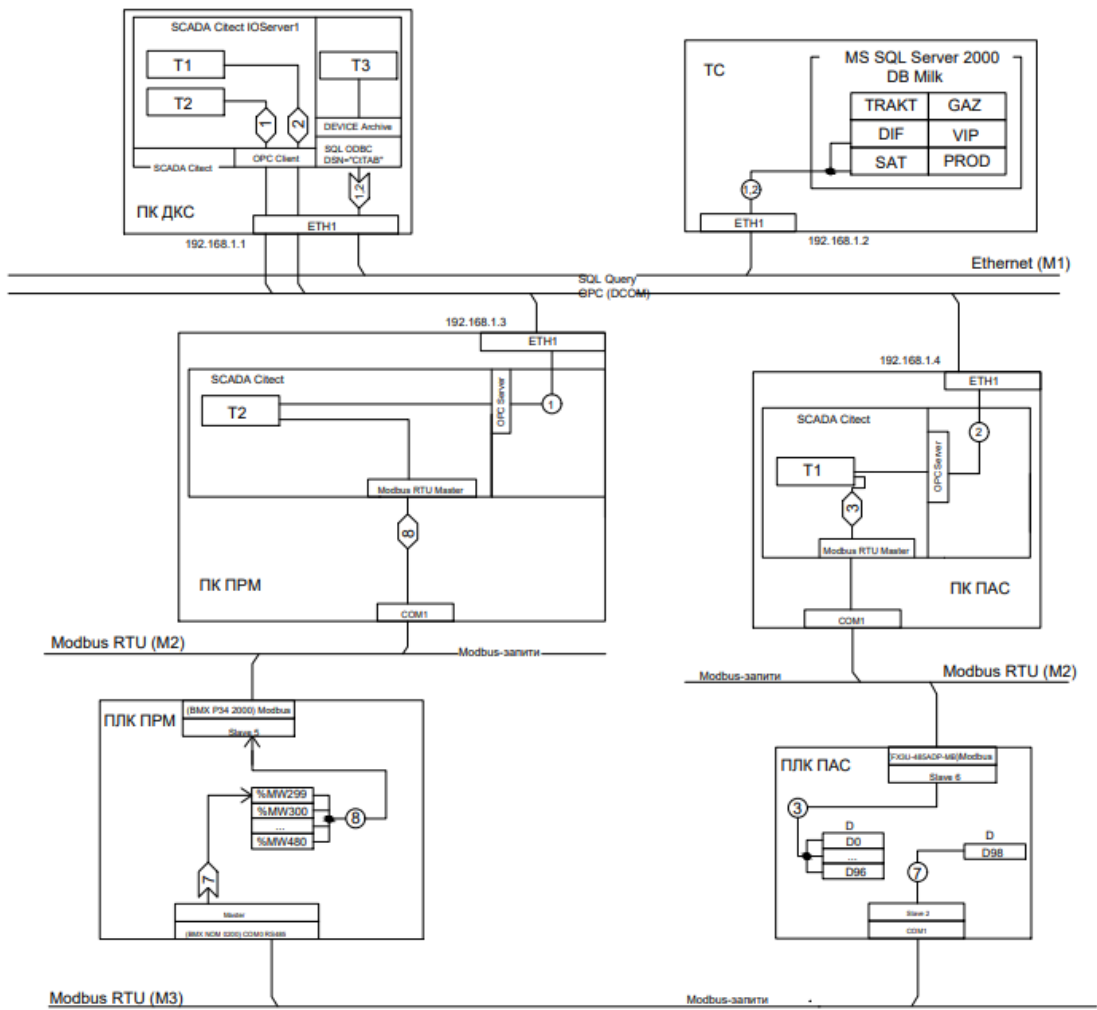


Рис. 2.3. Схема мережних інформаційних потоків (МІП)

Опис змінних, якими обмінюються між собою ПК ПРМ, ПЛК ПРМ, в мережі МЗ реалізована вказано в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Змінна	Адреса	Призначення
FE_p	%MW102	Зовнішня зміна продуктивність пастеризатора
FE_SP	%MW122	Задане значення для пастеризатора
FE_Tank_R	%MW124	Витратомір масштабоване значення
LE_MILK_R	%MW126	Молоко в молоковозі (масштабоване)
LE_Tank_R	%MW132	Датчик рівня в ємності масштабований
NS_MS_M	%MW176.0	Двигун мішалки
QE_Bilok_R	%MW134	Масова частка білка маштабована
QE_Voda_R	%MW136	Вміст води маштабований
QE_Zhir_R	%MW138	Масова частка жиру маштабована
SB_StartM	%MW177.0	Технічна зміна кнопки Старт задіяна в програмі
SB_StopM	%MW178.0	Технічна зміна кнопки Стоп задіяна в програмі

Продовження таблиці 2.4

TC1_TRON	%MW180.0	Режим слідкування
TE_Tank_R	%MW166	Датчик температури масштабований
VA_AN_KM1_R	%MW168	Відмасштабоване значення ВМ 0-100% (аналоговий клапан 1)
VA_AN_KM4_R	%MW170	Відмасштабоване значення ВМ 0-100% (аналоговий клапан 4)
VA_KM2M	%MW181.0	Технічна зміна клапана 2
VA_KM3M	%MW182.0	Технічна зміна клапана 3
VA_KM5M	%MW183.0	Технічна зміна клапана 5
VA_KM6M	%MW184.0	Технічна зміна клапана 6
VA_KM7M	%MW185.0	Технічна зміна клапана 7
VA_KM8M	%MW186.0	Технічна зміна клапана 8
VA_Sliv	%MW187.0	Клапан зливу
VR_FE_par_MAN	%MW190	Ручний режим для регулювання витрати
VR_TE_par_MAN	%MW192	Ручний режим для регулювання температури

Опис задіяного програмного забезпечення для інтегрованої автоматизованої системи керування процесом прийомки молока (KICK PPM) вказано в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5. Опис програмного забезпечення.

Тип програмного засобу	Виробник	Назва	Примітка
SCADA для ПК ПРМ	Schneider Electric	SCADA Citect	-
ПЗ для ПЛК ПРМ	Schneider Electric	Unity PRO	-
ПЗ для ПК ДКС	GE Fanuc	Proficy Real Time Information Portal	-
ПЗ для ТС	Microsoft	SQL Server	-

Розділ 3. Розробка підсистеми керування технологічним процесом

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

На схемі автоматизації процесу охолодження та зберігання молока представлено регулювання температури, витрати, рівня молока в ємності, масової частки білка , масової частки жиру, вмісту води у ємності, управління двигуном мішалки в ємності та промивання ємності.

Молоко із молоковоза подається в охолоджувач, де вимірюється температура термоперетворювачем опору JUMO 902120/11 (поз. 1а), та регулюється за рахунок подачі холодної води клапаном ADCATROL PV.25G (поз. 1в) через електропневматичний перетворювач ASCO Numatics Sentronic LP (поз. 1б), на який подається вихідний аналоговий сигнал 4-20 мА від ПЛК.

Із охолоджувача молоко подається у ємність, де відбувається вимірювання рівня за допомогою ультразвукового рівнеміра Pepperl+Fuchs F260 (поз. 2а), уніфікований сигнал 4-20 мА з якого надходить до аналогового модуля входів ПЛК. Рівень молока у ємності регулюється за допомогою електромагнітних клапанів ASCO 8262 (поз. 2б, 2г,) клапани в залежності від сигналу управління закриваються чи відкриваються.

У ємності контролюється масова частка білка за допомогою рефрактометра K-PATENTS PR-23-GP (поз. 3а) на основі проби. Значення задається у рецепті.

У ємності контролюється масова частка жиру за допомогою рефрактометра K-PATENTS PR-23-GP (поз. 4а) на основі проби. Значення задається у рецепті.

У ємності контролюється вміст води за допомогою рефрактометра K-PATENTS PR-23-GP (поз. 5а) на основі проби. Значення задається у рецепті.

Перемішування молока відбувається мішалкою з двигуном М1 за допомогою магнітного пускача КМ1. Сигнал управління двигуна надходять з дискретного модуля ПЛК до магнітного пускача КМ1. Двигун запускається чи зупиняється.

При зливі молока з ємності, починається регулювання витрати електромагнітним витратоміром Endress+Hause Proline Promag H 100 (поз. 7а) за допомогою пневматичного клапана (поз. 7в) через електропневматичний перетворювач ASCO Numatics Sentronic LP (поз. 7б), на який подається вихідний аналоговий сигнал сигнал 4-20 мА від ПЛК .

Далі молоко подається на пастеризацію.

Промивання ємності проходить такі етапи: спочатку вода подається у ємність із ємності з водою за допомогою електромагнітного клапан ASCO 8262 (поз. 2е), сигнал в дискретний клапан подається з ПЛК, рівень підтримується рівнеміром Pepperl+Fuchs F260 (поз. 2а), уніфікований сигнал 4-20 мА з якого надходить до аналогового модуля входів ПЛК, далі подається миючий розчин за допомогою електромагнітного клапана ASCO 8262 (поз. 2з), сигнал в дискретний клапан подається з ПЛК, перемішування відбувається мішалкою з двигуном М1 за допомогою магнітного пускача КМ1, після цього розчин зливається у каналізацію за допомогою електромагнітного клапана ASCO 8262 (поз. 2і), сигнал в дискретний клапан подається з ПЛК. У ємність знову подається вода, яка після заповнення ємності , теж зливається у каналізацію. На останньому етапі промивання, у ємність подається пара із парогенератора за допомогою електромагнітного клапана ASCO 8262 (поз. 2и), сигнал в дискретний клапан подається з ПЛК, яка через деякий час теж відправляється у каналізацію.

Перелік усіх технічних засобів автоматизації польового рівня наведено у специфікації, що подається як окремий документ.

Специфікація технічних засобів керування процесом прийомки молока показана в таблиці 3.1

Таблиця 3.1. Специфікація приладів та засобів автоматизації

№ п/п	№ поз.за схемою	Місце встановлення	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, Марка	К-сть	Виробник
1	2	3	4	5	6	7
1	1а	по місцю	Термометр опору в комплекті з Pt100 з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, напруга живлення 24 DC, діапазон вимірювань -50...+500°C	902120/1 1	1	JUMO, Німеччина
2	1б, 7б	на щиті	Перетворювачі електропневматичні для перетворення аналогового сигналу постійного струму: 4-20 мА в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа. Рживл.=140 кПа, напруга живлення 24 DC.	Sentronic LP G617A452 0 0A0003	2	ASCO Numatics, Ірландія
3	1в, 7в	по місцю	Пневматичний виконавчий механізм поршневий Ржив. = 140 кПа, Рвих. = 20-100 кПа	ADCATR OL PV.25G	2	Valsteam ADCA, Португалія
4	2а	по місцю	Ультразвуковий рівнемір, діапазон вимірудо 6 м. З уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, напруга живлення 24 В.	F260	1	Pepperl+Fuchs, Німеччина
5	2б, 2г, 2е, 2з, 2і, 2и	по місцю	Електромагнітний клапан 2-х ходовий, напруга живлення 24 В. Діаметр умовного проходу: 50 мм	8262	6	ASCO, Німеччина

Продовження таблиці 3.1.

6	3а, 4а, 5а	по місцю	Рефрактометр промисловий PR-23. Діапазон вимірювань 0-100% Уніфікований вихідний сигнал 4-20мА. Напруга живлення 220 АС	PR-23- GP	3	VAISALA K-PATENTS, Фінляндія
7	7а	по місцю	Електромагнітний витратомір, діапазон вимірювання потоку: від 0,03 до 1050 м ³ /год; Напруга живлення 24В.	Proline Promag H 100	1	Endress+ Hause Швейцарія
8	PDS1	на щиті	Частотний перетворювач Діапазон потужності: від 0,25 до 90 кВт Напруга живлення: 230 В або 400 В змінного струму	Lenze 8200 Vector	1	Lenze, Німеччина

3.2. Схема компонування та специфікація модулів ПЛК та PDS

Проектне компонування ПЛК полягає в підборі всіх складових АСУТП основного відділення

Схема компонування ПЛК ПРМ М340 від компанії Schneider Electric., що використаний в комп'ютерно- інтегровані системі керування процесом прийомки молока (КІСК ПРМ) вказано на рис. 3.1, пояснення позначень на схемі компонування наведено в таблиці 3.2 та специфікація модулів наведено в таблиці 3.3.

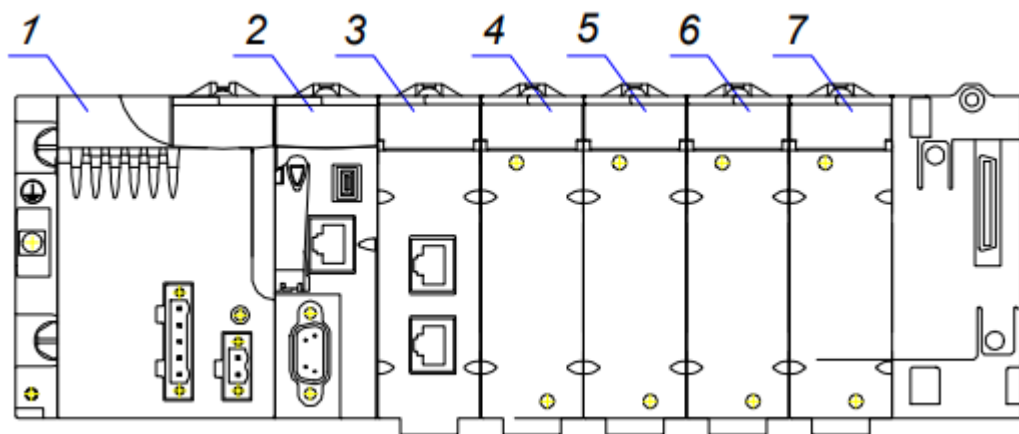


Рис. 3.1. Компонування ПЛК ПРМ М340

Таблиця 3.2. Позначення на схемі компонування

Модулі вводу/виводу	
#	Найменування
1	BMX CPS 2000
2	BMX P34 2000
3	BMX NOM 2000
4	BMX DDI 1602
5	BMX DDO 1602
6	BMX AMI 0810
7	BMX AMO 0210

Таблиця 3.3. Специфікація модулів ПЛК

Поз.	Найменування та технічна характеристика засобу	Тип, марка, позначення документу, листа опитування	Код обладнання	Виробник	Одиниця виміру	К-сть
1	2	3	4	5	6	7
	ПРОГРАМОВАНИЙ ЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЕР ПЛК ПРМ – Modicon M340					
1	Модуль живлення BMX CPS 2000	Каталог Modicon x80		Schneider Electric, Франція	шт	1
2	Процесорний модуль BMX P34 2000	Каталог Modicon x80		Schneider Electric, Франція	шт	1
3	Комунікаційний модуль BMX NOM 2000	Каталог Modicon x80		Schneider Electric, Франція	шт	1
4	Модуль дискретних вхідних сигналів BMX DDI 1602	Каталог Modicon x80		Schneider Electric, Франція	шт	1
5	Модуль дискретних вихідних сигналів BMX DDO 1602	Каталог Modicon x80		Schneider Electric, Франція	шт	1
6	Модуль аналогових вхідних сигналів BMX AMI 0810	Каталог Modicon x80		Schneider Electric, Франція	шт	1

Продовження таблиці 3.3.

7	Модуль аналогових вихідних сигналів ВМХ АМО 0410	Каталог Modicon x80		Schneider Electric, Франція	шт	1
---	--	---------------------	--	-----------------------------	----	---

У таблиці 3.4-3.5 відбувається перелік вихідних та вхідних сигналів ПЛК ПРМ для комп'ютерно-інтегрованої системи керування процесом прийомки молока

Таблиця 3.4. Перелік вхідних аналогових змінних

Поз.	Найменування вимірювальної величини	Одиниці та діапазон виміру	Тип та діапазон вимір. сигналу	Періодичність,с	Точність виміру,%	Примітка
1	2	3	4	5	6	7
1а	Температура молока в охолоджувачі	0-40 ⁰ С	4-20мА	0.1	0.5	датчик 1а
2а	Рівень у ємності	0-100%	4-20мА	0.1	0.5	датчик 2а
3а	Масова частка білка	2.0-3.8%	4-20мА	0.1	0.5	датчик 3а
4а	Масова частка жиру	2.7-6.0%	4-20мА	0.1	0.5	датчик 4а
5а	Вміст води	87-89%	4-20мА	0.1	0.5	датчик 5а
7а	Витрата	0-4000л	4-20мА	0.1	0.5	датчик 7а

Таблиця 3.5. Перелік вхідних аналогових змінних

Поз.	Найменування вимірювальної величини	Одиниці та діапазон виміру	Тип та діапазон вимір. сигналу	Періодичність,с	Точність виміру, %	Примітка
1	2	3	4	5	6	7
1б	Подача холодної води	0-100 %ХРО	20-100 кПА	0.1	0.5	ВМ клапан холодної води
2а	Подача молока на пастеризацію	0-100 %ХРО	20-100 кПА	0.1	0.5	ВМ клапан подачі молока

Таблиця 3.6. Перелік мережевих вхідних сигналів від PDS до ПЛК ПРМ.

Поз.	Найменування вимірювальної величини	Одиниці та діапазон виміру	Тип та діапазон вимір. сигналу	Періодичність,с	Точність виміру, %	Примітка
1	2	3	4	5	6	7
PDS1	Статус вкл/викл	-	12 біт	0.1	0.5	
	Вихідна частота	0-400 Гц	12 біт	0.1	0.5	
	Швидкість обертання	0-6000 об/хв	12 біт	0.1	0.5	+15 об/хв
	Струм	0-100 000А	12 біт	0.1	0.5	
	Напруга живлення	~480	12 біт	0.1	0.5	+1, -3В

Таблиця 3.7. Перелік мережевих вихідних сигналів від ПЛК ПРМ до PDS

Поз.	Найменування вимірювальної величини	Одиниці та діапазон виміру	Тип та діапазон вимір. сигналу	Періодичність,с	Точність виміру, %	Примітка
1	2	3	4	5	6	7
PDS1	Команда вкл/викл	-	12 біт	0.1	0.5	
	Задана частота	0-400 Гц	12 біт	0.1	0.5	

3.3. Перелік технологічних параметрів для функції диспетчерського контролю та управління основними технологічними параметрами виробництва

Таблиця 3.8. Перелік технологічних параметрів контролю та управління технологічними параметрами

Технологічний параметр	Джерело-> приймачданих	Періодичність	Примітка
Стан охолоджувача та ємності	ПЛК ПРМ->ПК ДКС	5 с	набір, приготування, вивантаження, крок програми набору
Стан відділення прийому молока	ПЛК ПРМ->ПК ДКС	5 с	стан, крок, тип продукту
Стан клапанів	ПЛК ПРМ->ПК ДКС	5 с	Відкриті чи закриті клапани
Контроль параметрів відділення прийому молока	ПЛК ПРМ->ПК ДКС	5 с	Контроль температури , рівня .
Регулювання параметрів відділення прийому молока	ПЛК ПРМ->ПК ГДКС	По команді	Регулювання рівня
Квітування алармів	ПЛК ПРМ->ПК ДКС	По команді	
	ПЛК ПРМ->ТС		

3.4 Перелік технологічних параметрів для функції ведення архіву основної технологічної інформації

Таблиця 3.9. Перелік технологічних параметрів для ведення архіву

Технологічний параметр	Джерело-> приймачданих	Періодичність	Примітка
Температура молока в охолоджувачі	ПЛК ПРМ – >ТС	1 хв	По плинним значенням термометру
Рівень молока в ємності уставновки	ПЛК ПРМ – >ТС	1 хв	По плинним значенням рівнеміра
Витрата	ПЛК ПРМ – >ТС	1 хв	По плинним значенням витратоміра
Масова частка білка	ПЛК ПРМ – >ТС	1 хв	По плинним значенням рефрактометра
Масова частка жиру	ПЛК ПРМ – >ТС	1 хв	По плинним значенням рефрактометра
Вміст води	ПЛК ПРМ – >ТС	1 хв	По плинним значенням рефрактометра
Автоматичний/ручний режим регуляторів	ПЛК ПРМ – >ТС	По команді	
Стан клапанів	ПЛК ПРМ – >ТС	1 хв	По плинним положенням клапанів
Вкл/викл змішувача	ПЛК ПРМ – >ТС	По команді	

3.5. Схеми підключень та з'єднань проводок промислових мереж

При розробці схеми підключень та з'єднань проводок промислових мереж М1-М3 (рис. 3.2-3.4) комп'ютерно-інтегровані системи керування процесом прийомки молока (КІСК ПРМ) були задіяні мережні кабелі та комунікаційні адаптер, їх специфікація буде наведена в таблиці 3.10.

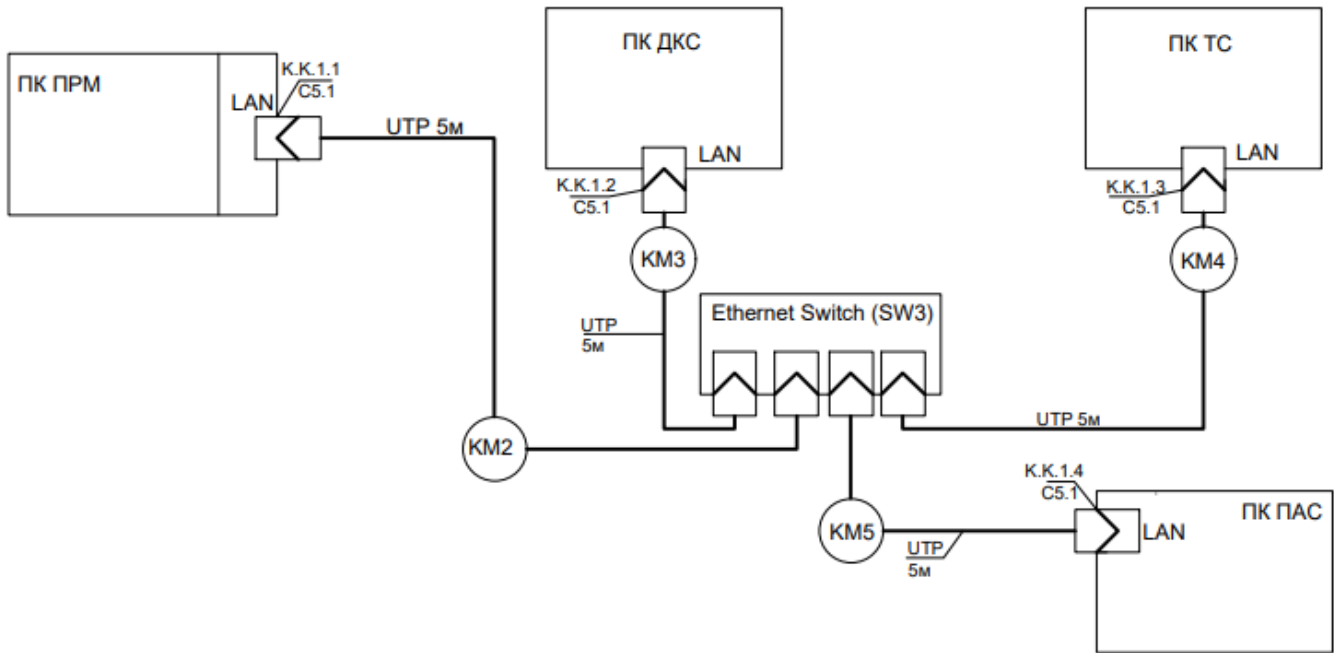


Рис. 3.3. Схема підключень та з'єднань проводок для промислової мережі М1.

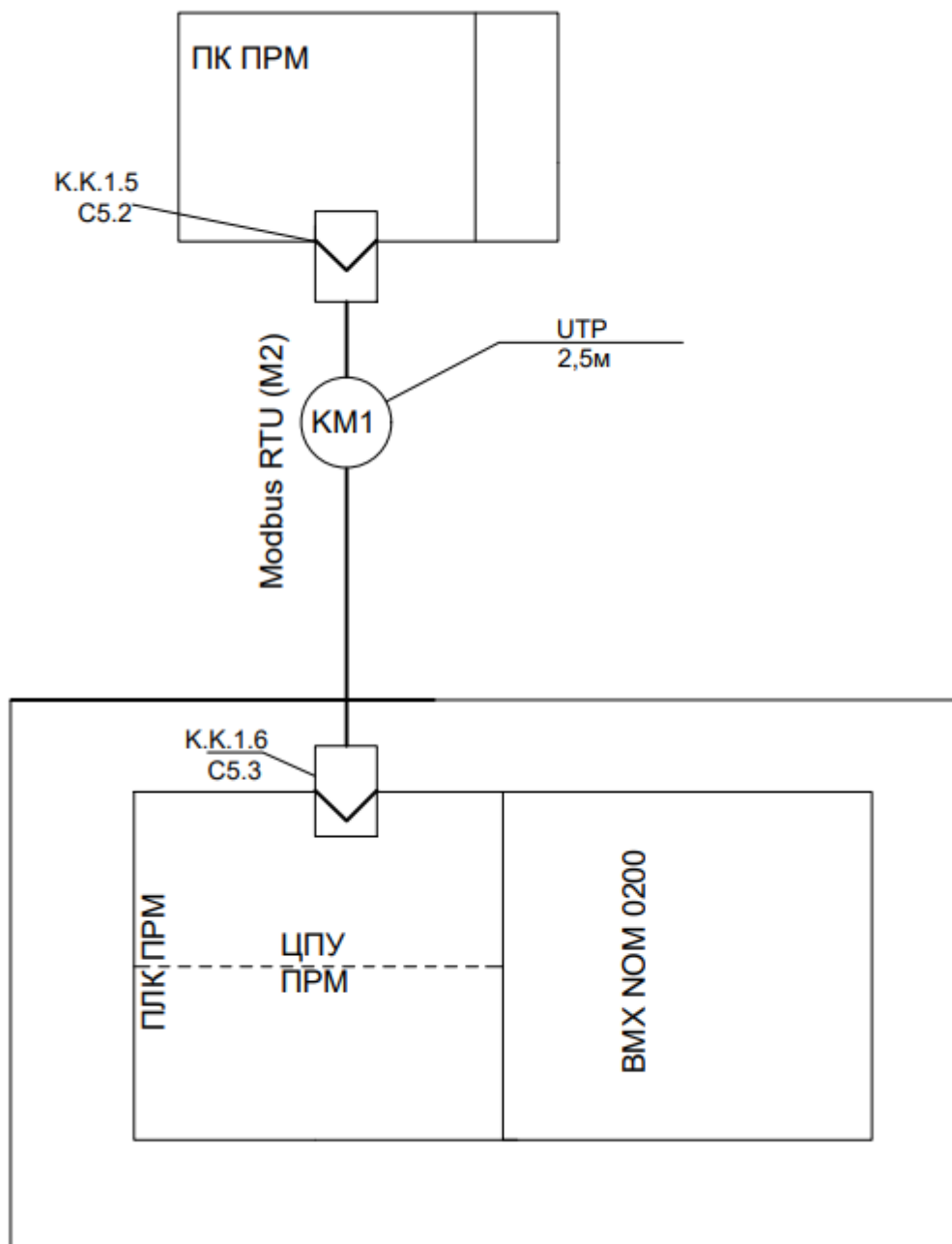


Рис. 3.4. Схема підключень та з'єднань проводок для промислової мережі M2.

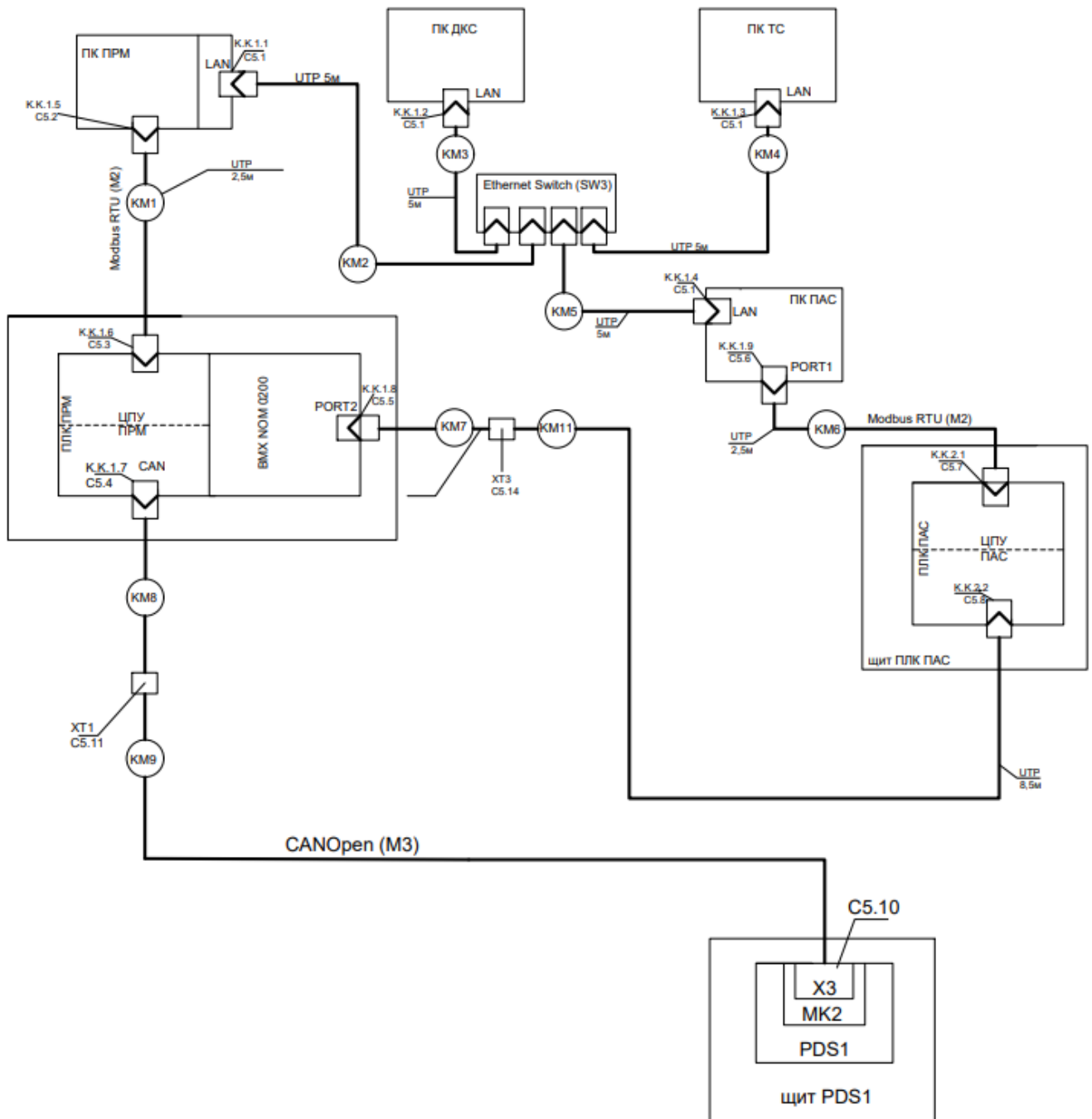


Рис. 3.5. Схема підключень та з'єднань проводок для промислової мережі М3.

Таблиця 3.10. Специфікація з'єднувальних елементів до схеми з'єднань.

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		
ХТ1, ХТ3	Пасивна коробка потріювач TSX SCA 50 з встроєним термінатором лінії	2	
	Мережні з'єднувачі		
КК1.1- КК1.9	Роз'єм типу RJ-45	12	
ХТ1, ХТ3	Послідовний інтерфейс перетворювача частоти RS 485	2	
КК2.1-КК2.2	9 піновий роз'єм SUB-D	2	
	Мережні кабелі		
КМ1, КМ2, КМ3, КМ4, КМ5, КМ6	Кабель вита пара (UTP), 2 пари, категорія 5, solid, PE	110	м
КМ7,КМ11	Кабель Modbus RS 485 VW3 A8 306 D30(1 роз'єм RJ-45 і вільний кінець)	30	м
КМ8-КМ9	Магістральні кабелі з подвійною екранованою витою парою RS 485 TSX CSA 100	105	м

Розділ 4. Розробка алгоритма та програми для ПЛК для автоматизації процесу прийомки молока.

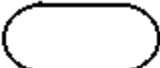
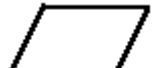


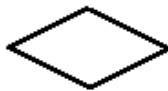


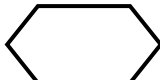
4.1. Розроблення алгоритмічної структури алгоритму керування

Алгоритмічна структура управління створюється для формування чіткого уявлення про основні принципи роботи системи, впорядкування інформаційних потоків і визначення послідовності дій, необхідних для забезпечення стабільної, ефективної та безперебійної роботи об'єкта. Її мета — забезпечити універсальність і незалежність процесу передачі та обробки інформації від конкретного типу контролера чи апаратного середовища. Завдяки використанню узагальнених позначень інформаційних сигналів і керуючих дій, структура залишається зрозумілою та легко адаптується до різних умов реалізації.

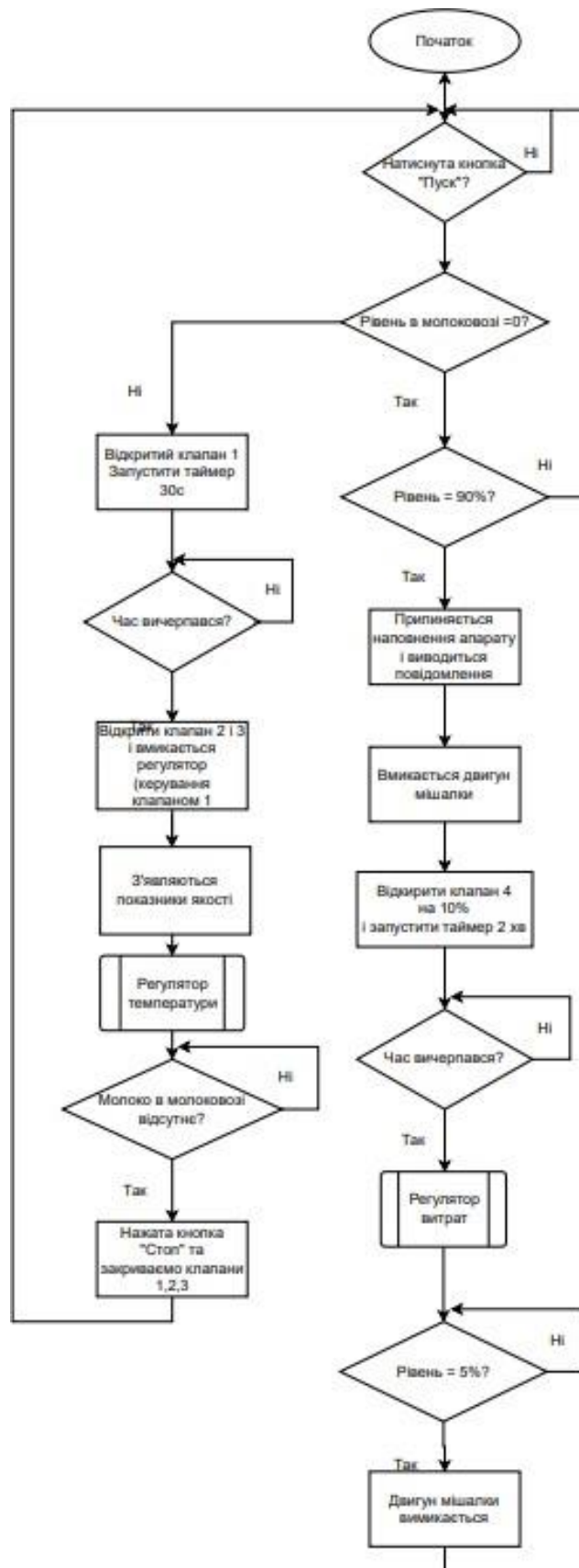
Алгоритмічна структура виступає не лише засобом організації процесу керування, а й інструментом, що спрощує комунікацію між розробниками, незалежно від технічного середовища чи платформи. Такий підхід дозволяє стандартизувати процеси, зробити їх максимально прозорими та полегшити впровадження змін. Для представлення алгоритму управління використовуються умовні позначення, які відповідають вимогам державного стандарту ГОСТ 19.701-90. У таблиці 4.1 наведено основні графічні символи, що забезпечують уніфікацію опису. Ці позначення допомагають створювати зрозумілі алгоритми, незалежно від типу обладнання або обраного середовища програмної реалізації.

Таким чином, алгоритмічна структура управління є універсальним і гнучким інструментом, що поєднує в собі простоту, зручність використання та апаратну незалежність. Вона забезпечує можливість оптимізації процесів управління та підвищення їх ефективності завдяки чіткому структуруванню, стандартизації та прозорості, що робить її важливим елементом будь-якої складної системи.

Таблиця 4.1. Основні позначення

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

Алгоритм для проходження процесу прийомки молока наведений наступним чином:









4.2. Розроблення структури програми

Програма управління є ключовим елементом проекту, оскільки в ній реалізуються алгоритми управління. У ній можуть використовуватися як змінні, так і прямі звернення до адрес. Проте в більшості випадків перед тим, як використовувати дані з вхідних каналів або записувати їх у вихідні, необхідно виконати попередню обробку цих даних. Структура програми буде наведена далі на рис 4.1.

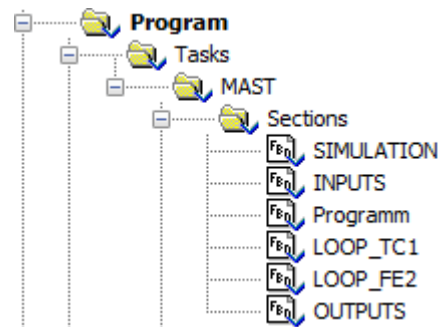


Рис 4.1. Структура програми

Для відлагодження проекту в умовах відсутності фізичного обладнання ефективним рішенням є використання програмної імітації. Цей підхід дозволяє моделювати процеси системи та перевіряти її роботу віртуально. Залежно від архітектури проекту, структура імітаційної програми та її розташування можуть суттєво змінюватися, адаптуючись до конкретних вимог та особливостей системи.

Одним із можливих способів реалізації програмної імітації є імітація об'єкта управління шляхом роботи зі змінними, що представляють вхідні та вихідні сигнали системи. Такий підхід дозволяє моделювати поведінку системи безпосередньо, маніпулюючи змінними, які визначають її стан, а також передавати ці дані до алгоритмів управління для перевірки їхньої функціональності. На рис. 4.2 представлено схематичне зображення даного підходу, який демонструє принципи роботи зі змінними сигналів у межах програмного середовища.

Програмна імітація надає розробникам можливість виявляти помилки, відлагоджувати алгоритми та проводити тестування системи на ранніх етапах розробки. Вона також значно знижує залежність від фізичних прототипів, скорочує витрати на їхнє виготовлення та дозволяє експериментувати з різними варіантами налаштувань системи, підвищуючи її ефективність і надійність.



Рис.4.2. Структура системи управління з програмною імітації об'єкта

4.3. Розроблення ППЗ на мові FBD

Мова програмування FBD (Function Block Diagram) є графічним інструментом високого рівня, що дозволяє створювати програми у вигляді сукупності функцій, процедур і функціональних блоків, пов'язаних між собою інформаційними потоками. Вона забезпечує зручний спосіб опису логіки системи за допомогою візуальних елементів, що робить процес розробки більш наочним і зрозумілим.

Програми на FBD за своєю структурою нагадують функціональні схеми, де виконання кожної функції чітко узгоджується з роботою інших компонентів. Основними елементами такої програми є функції, процедури, функціональні блоки (FFB) і зв'язки між ними, що забезпечують передачу даних. У редакторі FBD ці елементи представлені у вигляді графічних прямокутників, кожен із яких має входи та виходи, що з'єднуються інформаційними лініями для побудови цілісної логічної структури.

Завдяки такому підходу FBD дозволяє легко відстежувати зв'язки між елементами програми, забезпечуючи їхню зрозумілість і прозорість. Це робить мову ідеальним вибором для створення систем автоматизації, оскільки вона не лише спрощує процес програмування, а й підвищує ефективність розробки, тестування та налагодження програмних рішень.

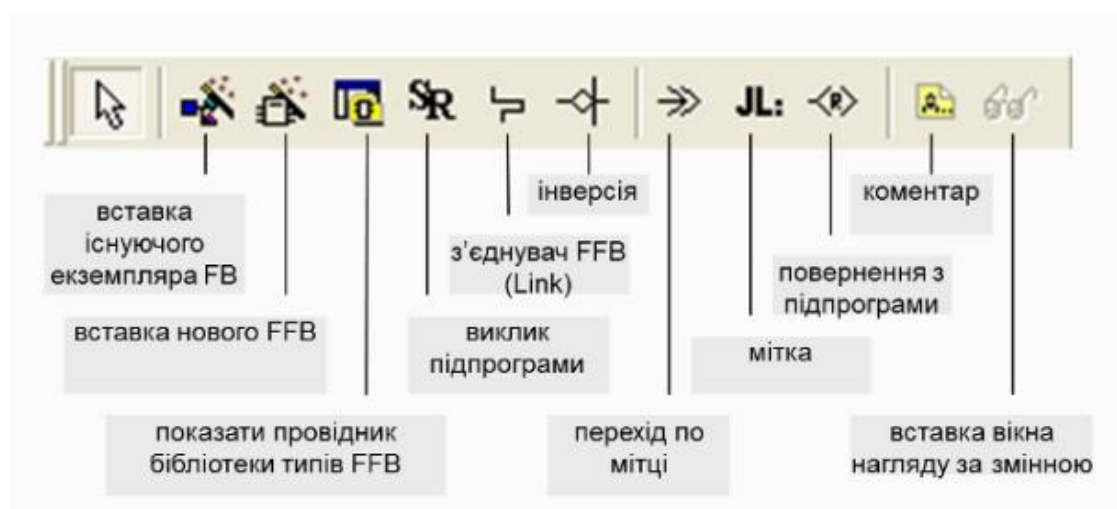
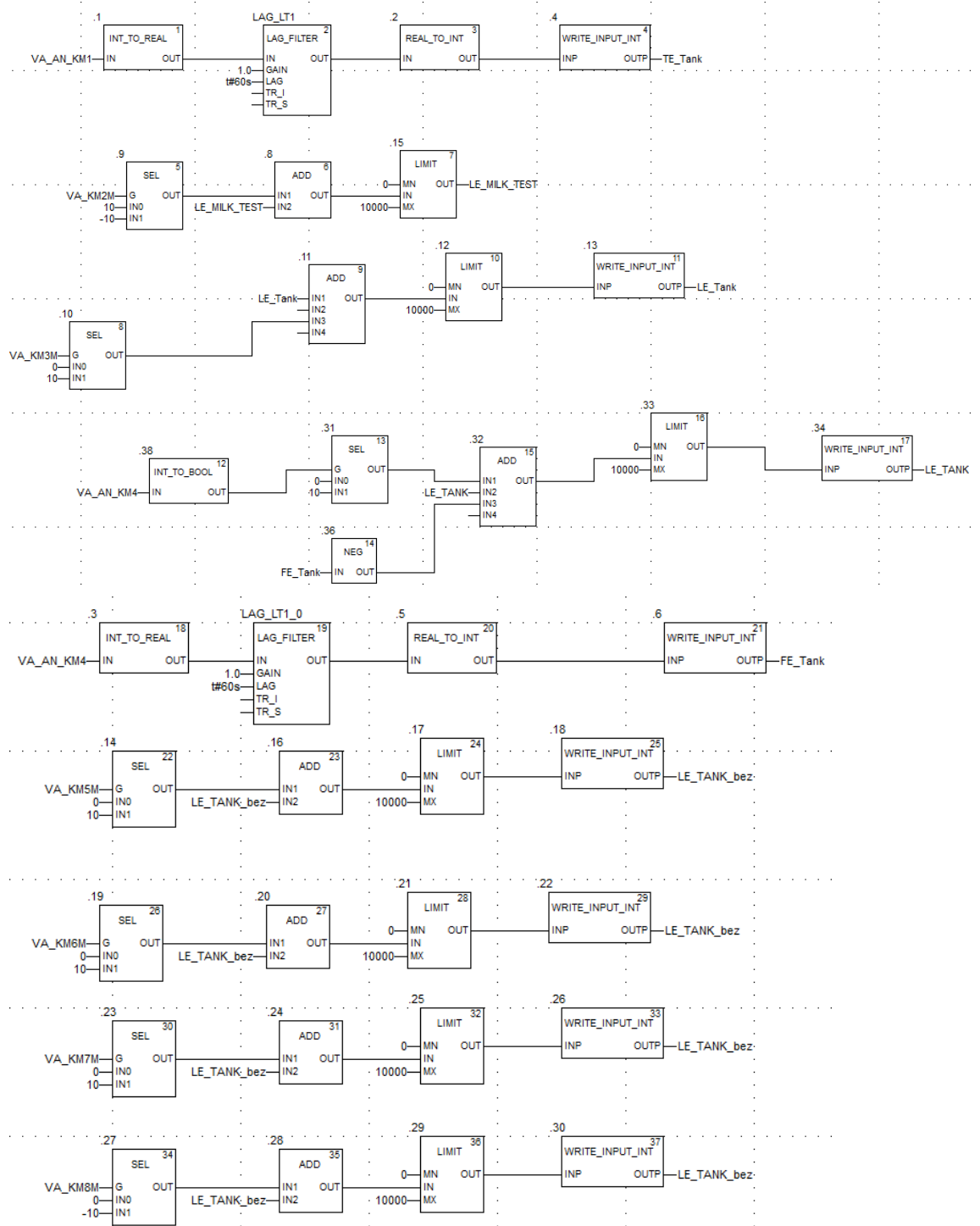


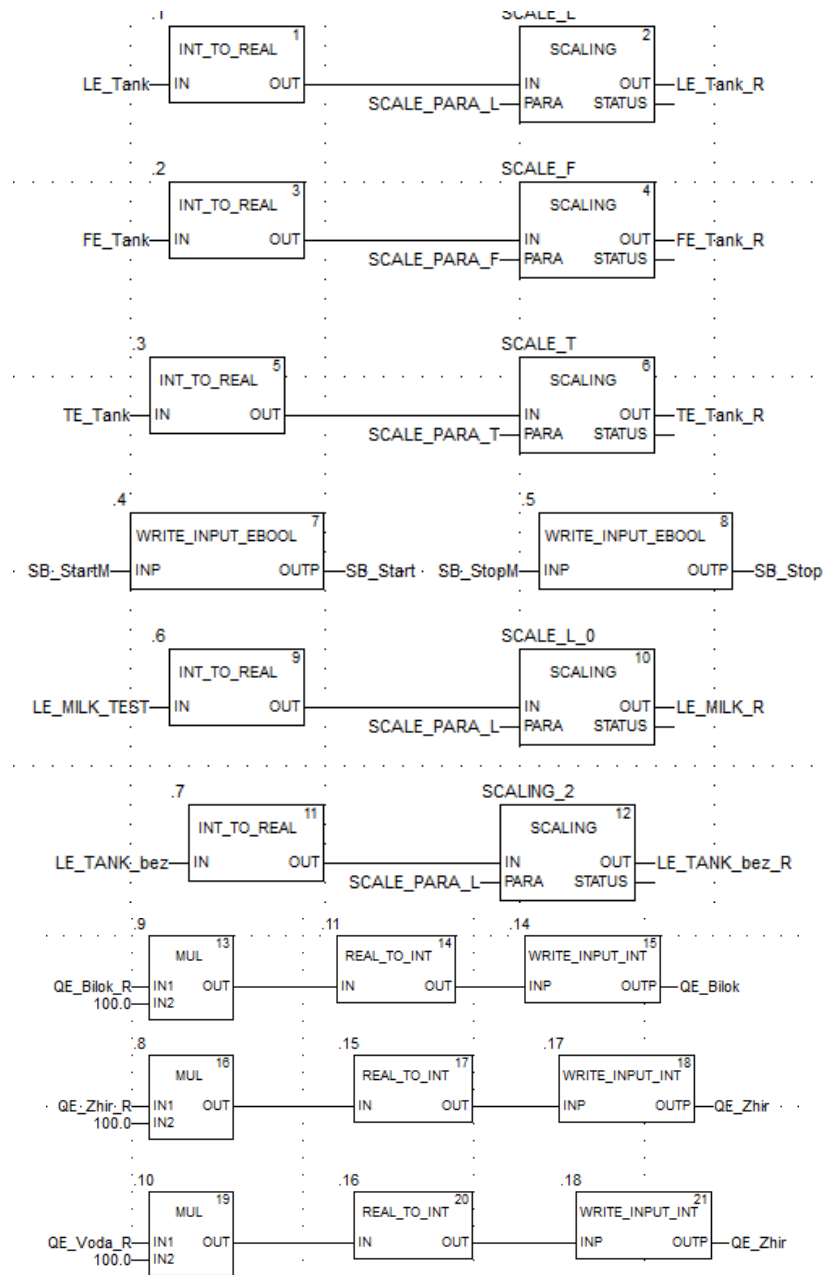
Рис.4.3. Палітра елементів FBD

Секція Simulation:

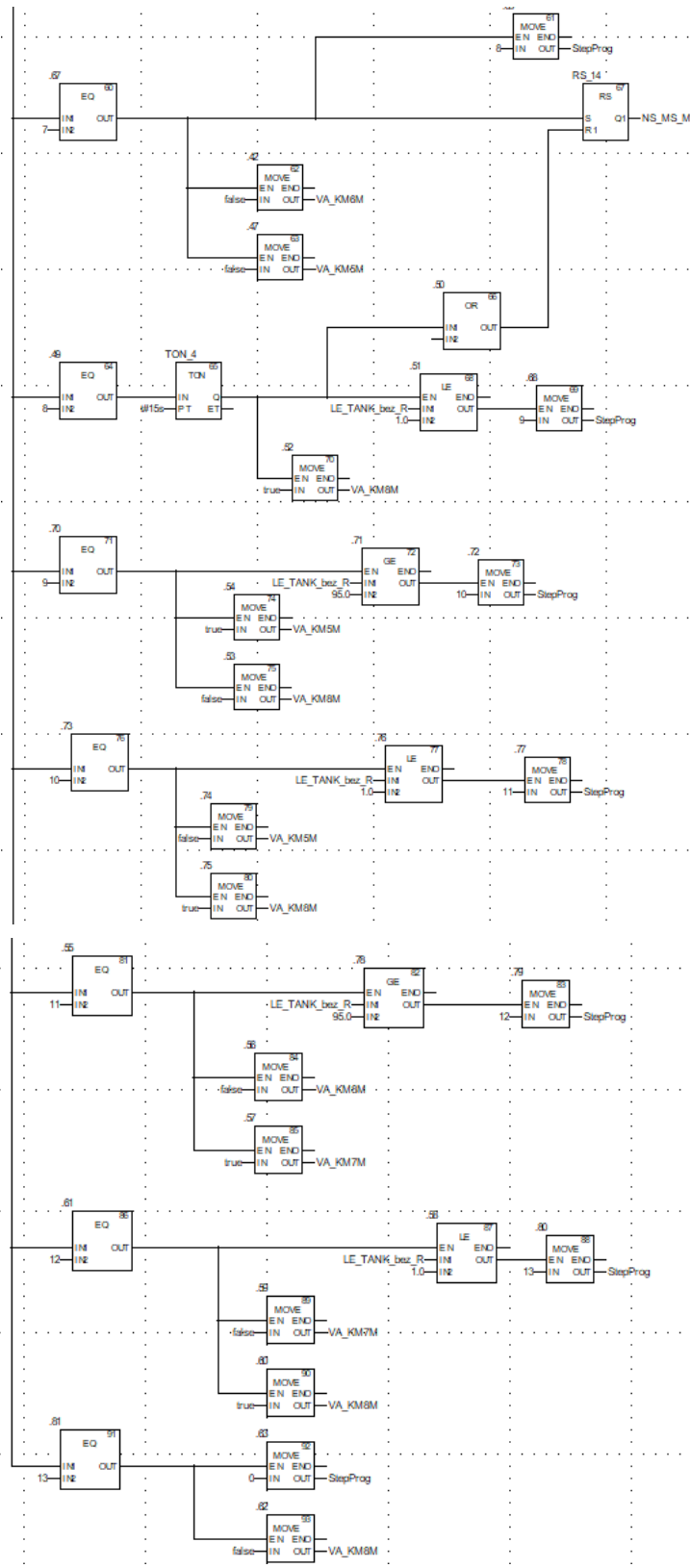


Секція Simulation відповідає за реалізацію імітації об'єкта керування

Секція Inputs:

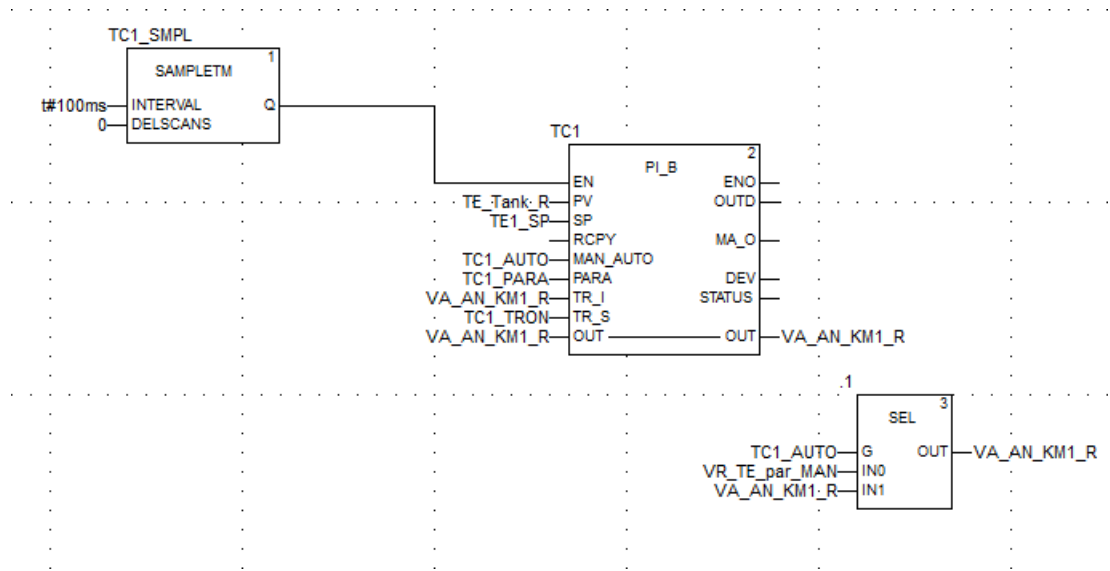


Секція Inputs відповідає за обробку вхідних сигналів у програмі



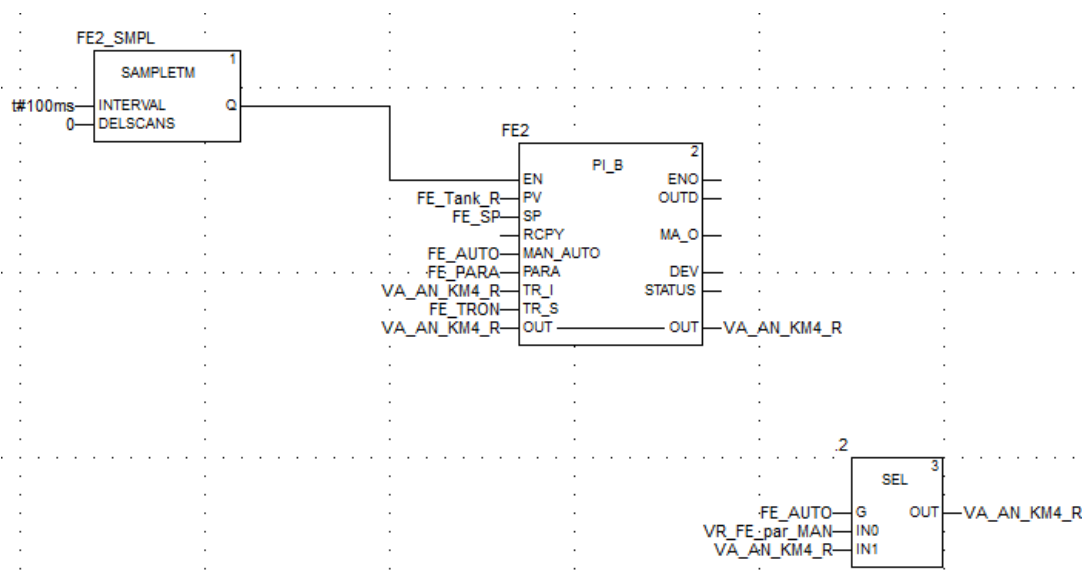
Секція Программ відповідальна за основну програму

Секція LOOP_TC1:



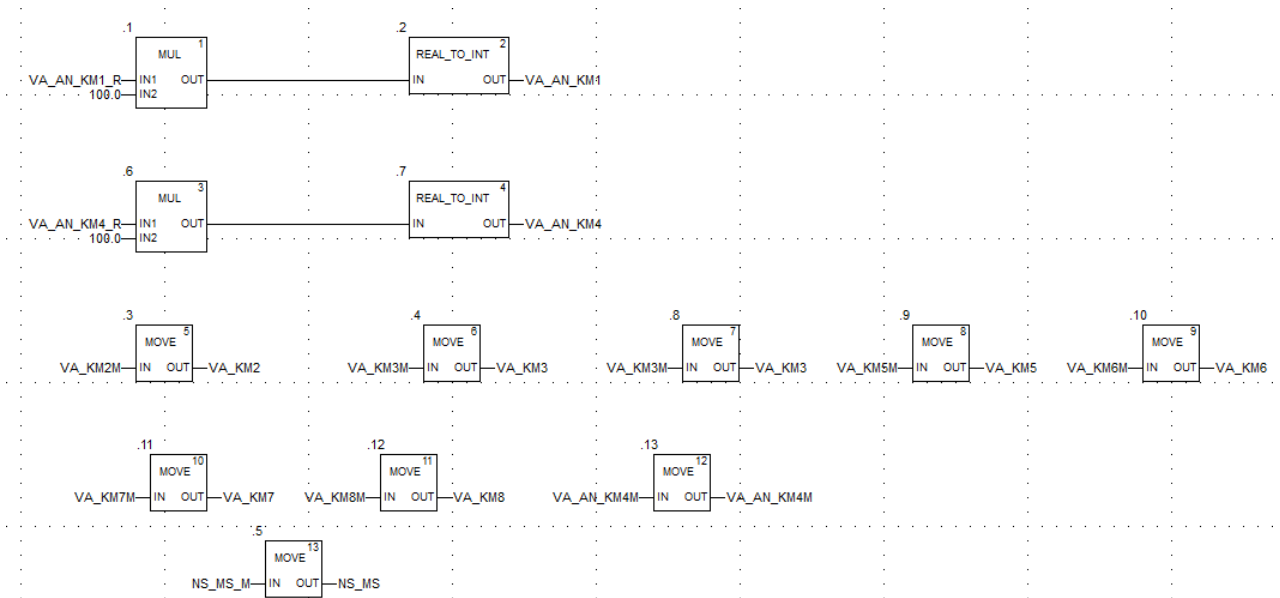
В даній секції налаштовується ПІ-регулятор для регулювання температури

Секція LOOP_FE2



В даній секції відбувається налаштування ПІ-регулятора для регулювання витрати

Секція OUTPUTS:



Ця секція необхідна для обробки вихідних сигналів. Тому дана секція повинна знаходитися останньою в списку секцій

4.4. Розробка людинно-машинного інтерфейсу оператора технолога

Створимо мнемосхему для відображення процесу приймання молока в програмному забезпеченні Citect Studio. Це середовище розробки призначене для створення та налаштування логічної частини проєктів автоматизації, забезпечуючи зручний доступ до різних компонентів системи. Citect Studio слугує навігатором по проєктах, дозволяючи не лише редагувати логіку, а й переходити між розділами проєкту та працювати з відповідними редакторами.

Першим кроком є створення мнемосхеми, яка забезпечить візуальне відображення ключових етапів процесу приймання молока. Для цього у вкладці "Редактор Citect" виконується налаштування змінних, що слугують основою для відображення даних. Змінні визначають параметри, що будуть відображатися на екрані, такі як об'єм молока, температура, статус прийому тощо.

Процес налаштування змінних включає:

- Створення необхідних тегів, які пов'язують фізичні або віртуальні дані з відображенням на мнемосхемі.
- Задання властивостей змінних, таких як тип даних, діапазони значень і джерела отримання інформації.
- Тестування коректності роботи змінних, щоб забезпечити точність відображення даних у реальному часі.

Мнемосхема створюється з використанням графічних елементів, які відображають основні компоненти процесу, такі як трубопроводи, резервуари для молока, датчики та індикатори стану. Завдяки можливостям Citect Studio, вона стає інтерактивною, дозволяючи оператору відслідковувати стан системи, отримувати попередження про збої та контролювати ключові параметри.

Таблиця 4.2. Таблиця змінних

Ім'я змінного тега	Адреса	Мін. вихідне значення	Макс. вихідне значення	Мін. значення в одиницях виміру	Макс. значення в одиницях виміру	Тип даних
1	2	3	4	5	6	7
SB_Start	%I0.1.0	0	1	0	1	BOOL
SB_Stop	%I0.1.1	0	1	0	1	BOOL
TE_Tank	%IW0.3.0	0	10000	0	100	INT
LE_Tank	%IW0.3.1	0	10000	0	100	INT
FE_Tank	%IW0.3.2	0	10000	0	100	INT
QE_Bilok	%IW0.3.4	0	10000	0	100	INT
QE_Zhir	%IW0.3.5	0	10000	0	100	INT
QE_Voda	%IW0.3.6	0	10000	0	100	INT
VA_KM2	%Q0.2.0	0	1	0	1	BOOL
VA_KM3	%Q0.2.1	0	1	0	1	BOOL
NS_MS	%Q0.2.2	0	1	0	1	BOOL
VA_KM5	%Q0.2.3	0	1	0	1	BOOL
VA_KM6	%Q0.2.4	0	1	0	1	BOOL
VA_KM7	%Q0.2.5	0	1	0	1	BOOL
VA_KM8	%Q0.2.6	0	1	0	1	BOOL
VA_AN_KM1	%QW0.4.0	0	10000	0	100	INT
VA_AN_KM4	%QW0.4.1	0	10000	0	100	INT

На вкладі “Аларми” надається можливість створювати, та змінювати аларми

№	Тег аларма	Название аларма	Категория	Заданное значение	Переменный тег	Критически высокий	Задержка по критически высокому	Высокий
1	TE_Tank_R_WRN_DEA	Температура молока відхилення від заданого	2	TE1_SP	TE_Tank_R			
2	TE_Tank_R_WRN	Температура молока відхилилася	2		TE_Tank_R			12.0
3	TE_Tank_R_ALM	Температура молока аварія	1		TE_Tank_R	15.0	00:00:02	
4	QE_Zhir_R_WRN	Масова частка жиру відхилилася від норми	2		QE_Zhir_R			6.0
5	QE_Zhir_R_ALM	Масова частка жиру аварія	1		QE_Zhir_R	9.0	00:00:02	
6	QE_Bilok_R_WRN	Масова частка білка відхилилася від норми	2		QE_Bilok_R			3.8
7	QE_Bilok_R_ALM	Масова частка білка аварія	1		QE_Bilok_R	8.0	00:00:02	

Рис.4.5. Зображення списку аналогових алармів

Общие

Тег аларма: TE_Tank_R_WRN_DEA

Название аларма: Температура молока відхилення від задан

Имя кластера: [Dropdown]

Категория: 2

Заданное значение: TE1_SP

Отклонение: 2.0

Задержка отклонения: 00:00:05

Скорость: [Field]

Зона нечувствительности: [Field]

Формат: [Dropdown]

Справка: [Dropdown]

Комментарий: [Field]

Источник

Переменный тег: TE_Tank_R

Рис.4.6. Налаштування аларму

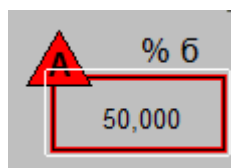


Рис.4.7. Відображення аварії масової частки білка

На вкладці “Тренди” надається можливість створення та налаштування трендів, для спостереження змінними на графіках

Имя тега	Тип	Выражение	Период выборки	Комментарий	Число файлов	Период	Время	Метод хранения
LE_Tank_R	TRN_PERIODIC	LE_Tank_R	00:00:05	рівень молока у ємності	10	24:00:00	00:00:00	Floating Point (8-byte samples)
TE_Tank_R	TRN_PERIODIC	TE_Tank_R	00:00:05	температура	10	24:00:00	00:00:00	Floating Point (8-byte samples)
LE_TANK_bez_R	TRN_PERIODIC	LE_TANK_bez_R	00:00:05	рівень у ємності під час промивання	10	24:00:00	00:00:00	Floating Point (8-byte samples)

Рис. 4.8. Створення та налаштування трендів

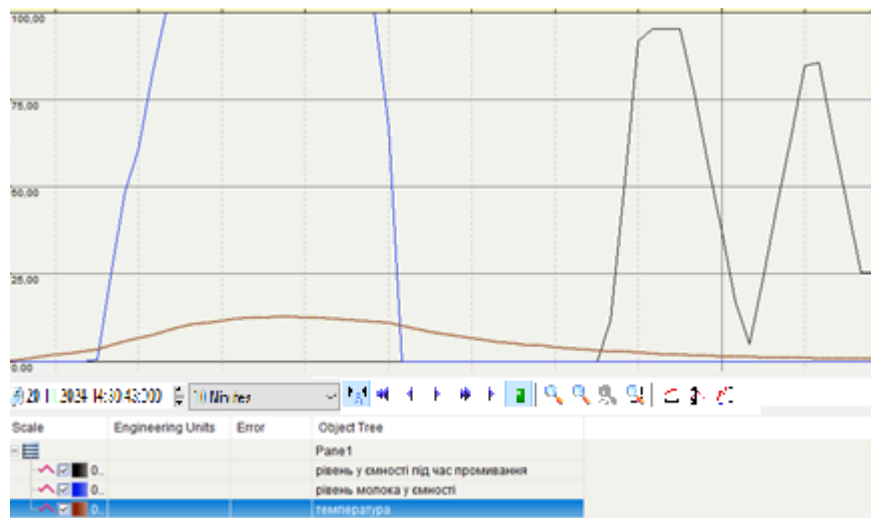


Рис. 4.9. Зображення графіків змінних у вікні трендів

Висновки

Під час розробки автоматизованої системи керування виробництвом молочних продуктів з підсистемою контролю та керування якістю продукції відділення прийомки молока були задіяні сучасні технічні засоби автоматизації.

Була реалізована автоматизація процесу прийомки молока ,де був задіяний промисловий логічний контролер від виробника Schneider Electric, M340.

Розроблена дисплейна мнемосхема даного процесу за допомогою програмного забезпечення Citect SCADA R2018.

Дана система дозволяє провести технологічний процес прийомки молока максимально оптимально, завдяки залученню новітніх технічних засобів. Завдяки такому контролю якості , будуть вироблятися гідні молочні продукти, та звичайно значно знизиться витрата на виробництві та збільшиться фактична прибутковість продукції.

Список використаних джерел

1. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / В.Г.Трегуб. – К.: Ліра-К, 2014.
2. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 / А.Л. Нестеров // СПб.:Издательство ДЕАН. – 2006. – 844 с.
3. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 2 / А.Л. Нестеров // СПб.:Издательство ДЕАН. – 2009. – 944 с.
4. Ельперін І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник / І.В. // К.: НУХТ. – 2003. – 320 с.
5. Машкін М. І., Париш Н. М. Технологія молока і молочних продуктів / Машкін М. І., Париш Н. М.: Навчальне видання. // К.: Вища освіта, 2006. — 351 с
6. Інформація та документація. Рефрактометр Vaisala K-PATENTS Process Refractometer PR-23-GP. Режим доступу:
[PR-23-GP-Process-Refractometer-B211886EN.pdf \(vaisala.com\)](https://www.vaisala.com/Products/Process-Refractometer/PR-23-GP-Process-Refractometer-B211886EN.pdf)
7. Інформація та документація. Витратомір Endress+Hauser Proline Promag H 100 :
<https://www.endress.com/en/field-instruments-overview/flow-measurement-product-overview/electromagnetic-flowmeter-promag-h100-5h1b?t.tabId=product-downloads>
8. Інформація та документація. Ультразвуковий рівнемір Pepperl+Fuchs F260. Режим доступу:
https://www.pepperl-fuchs.com/global/en/classid_186.htm?view=productdetails&prodid=56476_H
9. Інформація та документація. Електромагнітний клапан Schneider Electric Tesys D-LC1D09F. Режим доступу:
<https://www.se.com/ww/en/product/LC1D09F7/contactor-tesys-deca-3p3-no-ac3-ac3e-440v-9a-110v-ac-50-60hz-coil/>

10. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К. : Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.
11. 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.
12. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навчальний посібник / В.Г. Трегуб. — К. : Видавництво Ліра-К, 2014. — 344 с.
13. Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: навчальний посібник / В. Г. Трегуб.— К.: НУХТ, 2006 – 139 с.
14. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій [Текст]: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с.
15. 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.
16. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.1 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2004. – 184 с.
17. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.2 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2005. – 115 с.
18. Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, О.П. Лобок, А.П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2007.–160 с.
20. Ельперін І.В. Промислові контролери [Текст]: навчальний посібник / І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2003. – 320 с.
21. 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.

22. 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.
23. 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.
24. 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.
25. 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.
26. Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування) [Текст]: монографія / А.П. Ладанюк, Н.А. Заєць, Л.О. Власенко. - К.: Видавництво Ліра-К, 2016. – 312с.
27. Методи сучасної теорії управління [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Н.М. Луцька, В.В. Іващук.– К.: НУХТ, 2010.– 196 с.
28. Системний аналіз складних систем управління [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. - К.: НУХТ, 2013. – 274 с.
29. Системний аналіз складних систем управління. Практикум. [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2014. – 157 с. (№37.49 - 02.07.2014)
30. Методи сучасної теорії управління [Текст] : підручник / А.П. Ладанюк Н.М. Луцька, В.Д. Кишенько, Л.О. Власенко, В.В. Іващук. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 368 с.

31. Ладанюк А.П. Методологія наукових досліджень [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко, В.Д. Кишенько. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 352 с.

32. Пупена О. М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro [Текст]: навчальний посібник / О. М. Пупена, І. В. Ельперін. — Київ : Ліра-К, 2015. — 376 с.

33. 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.