

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 621.311:658.2

ПОГОДЖЕНО
Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження

проф., д.т.н. В.В. Каплун
вчене звання, науковий ступінь підпис

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
автоматики та роботехнічних систем
ім. акад. І.І. Мартиненка

проф., д.т.н. В.П. Лисенко
вчене звання, науковий ступінь підпис

” ” 2023 р.
число місяць рік

” ” 2023 р.
число місяць рік

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Дослідження та вдосконалення системи автоматичного керування температурним режимом пастеризатора молока на базі комплексу технічних засобів Schneider electric»

Спеціальність 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(код і назва)

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(назва)
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

д.т.н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис)

Болбот І.М.
(ПІБ)

Керівник магістерської роботи

д.т.н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис)

Шворов С.А.
(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Пчолар В.О.
(ПІБ)

КИЇВ – 2023

НУБІП І УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри автоматики та
роботехнічних систем
ім. акад. І.І. Мартиненка

НУБІП

д.т.н., професор В.П. Лисенко
науковий ступінь, вчене звання підпис ПБ | / / |
” ” 2023 року
число місяць рік

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Пчола Владислав Олександрович

(прізвище, ім'я, по-батькові)

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

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Дослідження та вдосконалення системи автоматичного керування температурним режимом пастеризатора молока на базі комплексу технічних засобів

Schneider electric»

затверджена наказом ректора НУБІП України від “ 01 ” 02 2023 р. № 175 “С”

Термін подання завершеної роботи на кафедру 2023.11.15

(рр, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської роботи:

- Результати науково-дослідницької роботи кафедри АКіТ.
- Публікації співробітників кафедри АКіТ.
- Результати навчально-дослідницької практики.
- Система ПЗР і ТО електрообладнання сільськогосподарських підприємств.
- Нормативні документи: ПУЕ, ПТЕЕС та ПБЕЕС, ДСТУ, ДБН тощо.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

- Аналіз технічного процесу пастеризації молока як об'єкта автоматизації.
- Опис системи автоматизації.
- Розробка системи автоматизації.
- Розробка питань електропостачання та енергозбереження.

д) Дослідницька частина. Розробка комплексу заходів для прогнозування якості молока на основі штучного інтелекту.

е) Економічна частина та охорона праці.

Перелік графічного матеріалу (за потреби)

Дата видачі завдання “ 04 ” лютого 2023 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Шворов С.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

Пчола В.О.
(підпис) (прізвище та ініціали студента)

НУБІП | УКРАЇНИ

ЗМІСТ

НУБІП України	4
ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ	6
НУБІП України	6
1.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації.....	6
1.2 Призначення та область застосування.....	14
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТА КОМП'ЮТЕРНЕ	16
МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ.....	16
НУБІП України	16
2.1 Постановка задачі дослідження.....	16
2.2 Розробка математичної моделі.....	Ошибка! Закладка не определена.
РОЗДІЛ 3. ВИБІР РЕГУЛЯТОРА ТА ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	22
3.1 Функціональна схема автоматизації.....	22
3.2 Проектне компонування мікропроцесорного контролера.....	24
3.3 Обґрунтування вибору технічних засобів.....	32
3.4. Дослідження системи автоматизації.....	39
РОЗДІЛ 4. СХЕМА ПІДКЛЮЧЕННЯ ДАТЧИКІВ ТА ВМ ДО ПЛК.....	48
4.1 Загальна схема підключення.....	48
4.2 Розширені схеми підключення для окремих контурів.....	54
РОЗДІЛ 5. СИСТЕМА ПРОГНОЗУВАННЯ ЯКОСТІ ПАСТЕРИЗАЦІЇ МОЛОКА НА	60
ОСНОВІ НЕЙРОМЕРЕЖІ.....	60
5.1 Підхід щодо прогнозування якості молока за допомогою штучного інтелекту	60
5.2 Програмне забезпечення системи прогнозування якості молока.....	68
РОЗДІЛ 6. РОЗРОБКА ЛЮДИНО-МАШИННОГО ІНТЕРФЕЙСУ ОПЕРАТОРА	78
ТЕХНОЛОГА.....	78
6.1 Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	80
НУБІП України	

6.2 Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора..... 83

РОЗІД 7. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА РОБОТИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ 86

7.1 Економічна частина 86

7.2 Охорона праці та техніка безпеки 92

ВИСНОВКИ..... 94

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА..... 95

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

Автоматизація виробництва завжди була ключовим елементом прискорення техніко-економічного розвитку промислового сектору. В наш час цей процес набув нових аспектів, спричинених швидким розвитком технічних засобів, зокрема мікропроцесорної техніки та персональних комп'ютерів. Їхні розширені можливості дозволяють використовувати найефективніші методи у сучасних складних системах управління. Мікропроцесорні пристрої та ПК, які взаємодіють через обчислювальні та керуючі мережі з використанням загальних баз даних, сприяють впровадженню комп'ютерних технологій в нетрадиційні сфери діяльності підприємства, що виявляється в інтеграції виробничих процесів та управління.

У сучасному промисловому комплексі основним напрямком автоматизації є розвиток комп'ютерних технологій управління. Системи автоматизації сьогодні ґрунтуються на функціональних можливостях мікропроцесорних систем керування, в яких ключову роль відіграють принципи інтеграції, розподілених систем управління та програмного забезпечення. Важливо зазначити, що у автоматизації виробництва основним об'єктом є не окремий технологічний процес чи агрегат, а складний технологічний комплекс з взаємопов'язаними підсистемами. Сучасні системи автоматизації, що базуються на мікропроцесорах та персональних комп'ютерах, мають значні функціональні можливості та високі технічні характеристики. Це забезпечує підвищену надійність, швидкодію та ефективність управління, більшу кількість входів і виходів, а також полегшує їх використання.

Основні переваги автоматизації включають:

- підвищення продуктивності праці та покращення умов праці;
- виконання робіт у важкодоступних або недоступних для людини об'єктах;
- підвищення точності та якості технологічних процесів та супутніх продуктів;

НУБІП України

сучасний розвиток промислового виробництва пастеризованого молока супроводжується все більшим використанням систем автоматичного управління процесом.

Термічна обробка відіграє велике значення для виробництва пастеризованого молока. Якість продукту значною мірою залежить від точного дотримання рекомендованих режимів термічної обробки. Це не лише зменшує кількість мікроорганізмів в продукті, але й впливає на його смак та аромат.

Автоматизоване керування лінією пастеризації молока дозволяє скоротити витрати молока під час збору, початку та закінчення розливу, а також поліпшити процедуру промивання обладнання. Застосування мікропроцесорної техніки значно покращує якість управління процесом і надає більше інформації щодо нього. Крім того, це зменшує навантаження на оператора, що призводить до зниження виробничих витрат.

Об'єктом дослідження є процес пастеризації молока.

Предметом дослідження є взаємозв'язки та закономірності температурних режимів роботи пастеризатора молока та їх вплив на ефективність виробництва молока.

Метою магістерської роботи є вдосконалення системи автоматичного керування температурним режимом пастеризатора молока на базі комплексу технічних засобів «Schneider electric».

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішуються наступні завдання:

1. Проаналізувати поточний стан сучасних технологій пастеризації молока;
2. Розробити математичні моделі керування температурою в пастеризаторі молока;
3. Розробити систему автоматизації контролю якості молока на основі використання ПІМ;
4. Запропонувати удосконалення системи автоматичного регулювання температури в пастеризаторі молока;
5. Розробити систему автоматичного контролю робочих параметрів пастеризатора молока.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації

Молоко є надзвичайно важливим продуктом у нашому харчуванні. Це природний продукт, що складається головним чином з води, жирів, білків, молочного цукру (лактози) і мінеральних сполук. Крім того, воно включає в себе ферменти, вітаміни та мікроелементи, які є невід'ємними для здоров'я.

Склад молока може бути різним, оскільки це природний продукт. Крім того, молоко використовується для виробництва різноманітних продуктів, таких як масло, вершки, сир, йогурт і так далі. В обробці молока важливе використання різних систем, особливо в закритих процесах лінії. На великих молокозаводах (рис. 1.1), обробка в значній мірі автоматизована, що потребує наявності вимірювальних пристроїв для моніторингу, регулювання та контролю процесів. Усі ці прилади повинні відповідати гігієнічним стандартам проектування та бути побудовані таким чином, щоб не впливати на якість харчових продуктів під час виробництва.



Рис. 1.1. Приклад схеми молокозаводу з різними потоковими лініями

Лінія пастеризації (рис. 1.2) є серцем будь-якого молокозаводу. Тут сире молоко піддається обробці для отримання свіжого молока для споживання або основного продукту для виробництва інших молочних продуктів. Процес пастеризації молока включає його нагрівання до 72-75 °С протягом 15-30 секунд з подальшим швидким охолодженням, що призводить до знищення хвороботворних (патогенних) мікроорганізмів у молоці.

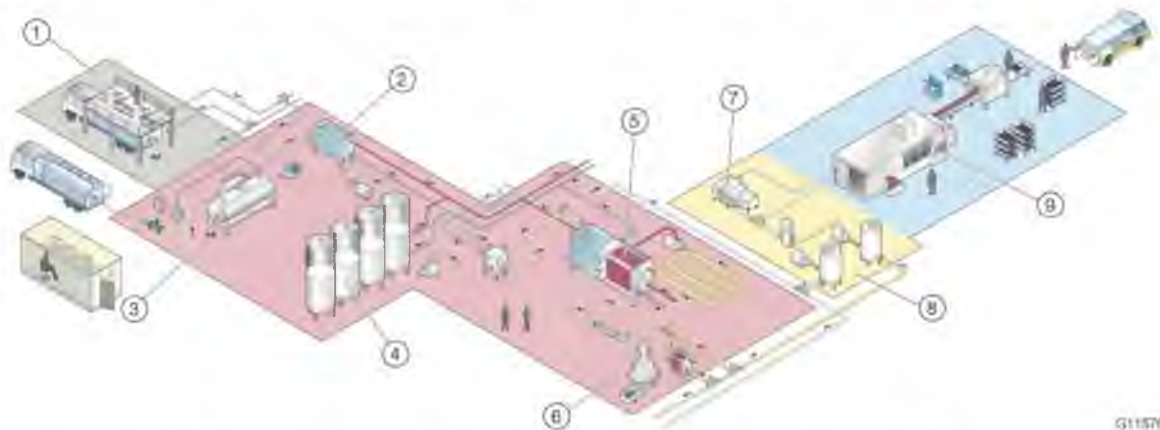


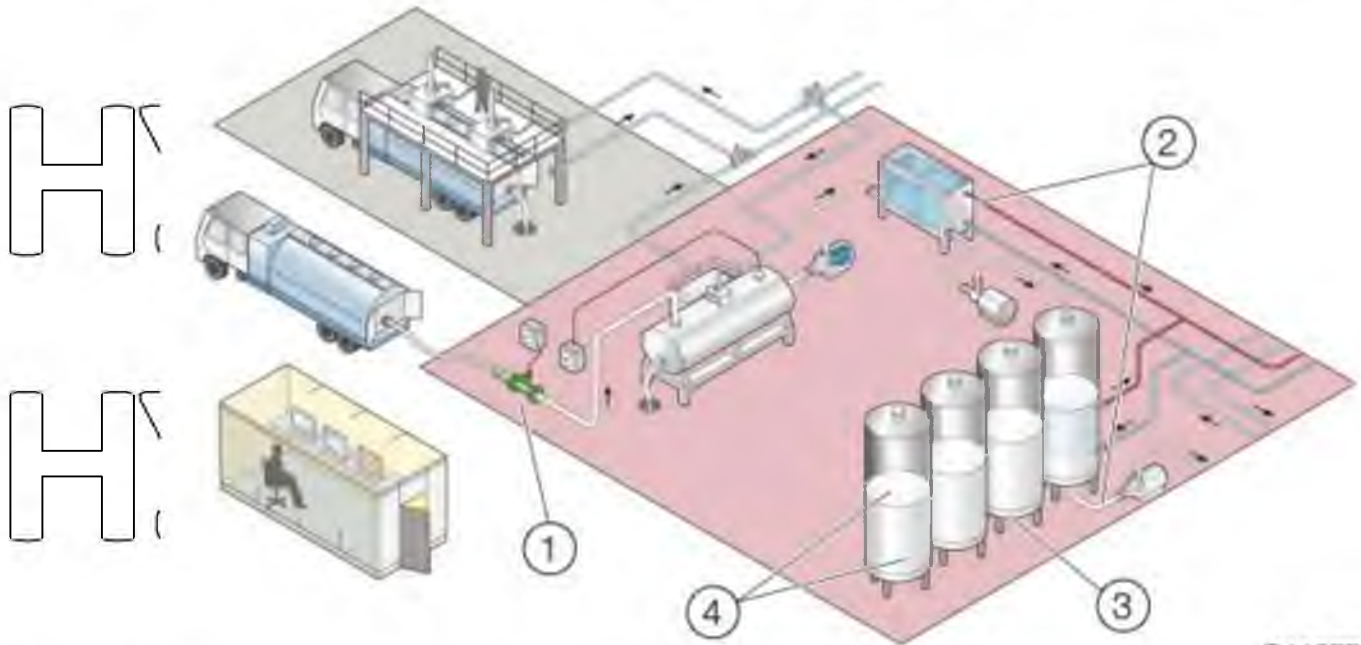
Рис. 1.2. Схема лінії пастеризації:

- 1 – збір молока; 2 – охолодження сирого молока; 3 – гарантія якості; 4 – зберігання; 5 – термічна обробка; 6 – сепарація; 7 – гомогенізація; 8 – стандартизація; 9 – наповнення

Сире молоко транспортується автоцистернами і піддається аналізу для визначення наявності мікробів чи інших домішок. Після цього молоко вивантажується через відповідні системи вимірювання об'єму, з можливістю тимчасового зберігання в буферних ємностях. Вимірювальна система може включати автомобільні ваги, вагові баки, що встановлені на камерах тиску, або системи вимірювання витрати, такі як електромагнітні або масові витратоміри. Для забезпечення точності вимірювань часто необхідна можливість офіційної перевірки.

Якщо температура молока в цистерні перевищує 5 °С, його охолоджують через теплообмінники (рис. 1.3) та тимчасово зберігають у багатошарових резервуарах. Для

уникнення збівання молока в цих резервуарах встановлено примусову циркуляцію з мішалками. Для управління механізмом мішалок на резервуарах встановлюються гідростатичні вимірювачі рівня.



G11577

Рис. 1.3. Вимірвальна технологія, що використовується для збору молока:

- 1 – вимірювання витрати; 2 – вимірювання температури; 3 – вимірювання тиску;
4 – контроль рівня.

Термічна обробка (пастеризація) молока необхідна для знищення мікробів, які можуть викликати хвороби. Зазвичай це досягається короткочасним нагріванням. Короткочасний обігрівач є важливою складовою технологічної лінії і відіграє особливу роль у забезпеченні якості продукту. Існують п'ять основних методів пастеризації молока.

Довга витримка або пастеризація в кубі: цей метод передбачає періодичну обробку при 63°C протягом 30 хвилин. Кубовий пастеризатор може бути класифікований за типом розпилення, залівний тип і високошвидкісний затоплений тип (рис. 1.4).

НУБІП України

НУ

НУ



1

1

НУБІП України

Рис. 1.4. Зображення системи термічної обробки

Загальні вимоги для успішного процесу періодичної пастеризації включають наступне:

НУБІП України

- швидке нагрівання: як правило, циркуляція теплоносія розпочинається відразу ж після початку наповнення ванни, скорочуючи час нагрівання;

- миттєве охолодження: деякі конструкції передбачають циркуляцію холодної води по зовнішньому боці внутрішніх ліній, щойно період витримки завершується. Це дозволяє частково охолоджувати продукт прямо в бані;

НУБІП України

- теплоносій повинен бути лише на кілька градусів тепліший за молоко, щоб уникнути утворення іслочних каменів на нагрівальних поверхнях і мінімізувати можливі пошкодження лінії крему чи смаку;

- Перемішування: перемішування молока до певної міри сприяє покращенню теплопередачі;

НУБІП України

перемішування легше проводити у випадку гарячої рідини, ніж у випадку холодної;

перемішування не повинно призводити до утворення піни і не повинно завдавати шкоду лінії крему;

- в'язкість рідини має суттєвий вплив на вибір типу мішалки.

Для менш в'язких матеріалів рекомендується використовувати високошвидкісну мішалку малого діаметра. Для матеріалів з високою в'язкістю варто використовувати лопатеві мішалки з великою поверхнею, працюючи на низькій швидкості.

Для кубових пастеризаторів можна використовувати електричний або пневматичний контроль, який можна з'єднати з таймером для автоматичного вимкнення нагрівання, коли досягнуто потрібну температуру молока, і для сигналізації звуковим сигналом, коли завершується необхідний час витримки. Крім того, протягом періоду витримки можна контролювати температуру води для нагріву LTLT пастеризація передбачає нагрівання молока до 62,5 градусів Цельсія (144,5 градусів Фаренгейта) та його утримання на цій температурі протягом 30 хвилин. Цей метод використовується у банках для молока, які застосовують метод пастеризації за Гольдером або аналогічний метод у кубі. Молоко нагрівається, утримується та охолоджується всередині внутрішнього резервуару. Простір між посудиною та зовнішнім кожухом утворює сорочку, через яку циркулює теплоносій або охолоджувач. Для нагрівання молока використовують гарячу воду або пар під низьким тиском, які циркулюють через сорочку, а молоко постійно перемішується для швидкого та рівномірного нагрівання. Процес нагріву може бути контрольований як вручну, так і автоматично. Молоко нагрівають принаймні до 62,7°C і утримують при цій температурі протягом принаймні 30 хвилин. Після цього його швидко охолоджують до 4°C. Охолоджувальне середовище циркулює в сорочці для охолодження молока, проте частіше нагріте молоко подається в поверхневий охолоджувач, де плівка молока стікає вниз по гофрованим металевим пластинам або серії з'єднаних трубок. Охолоджувальне середовище, таке як розсіл або охолоджена вода, циркулює з іншого боку пластин або через труби (рис. 1.5).

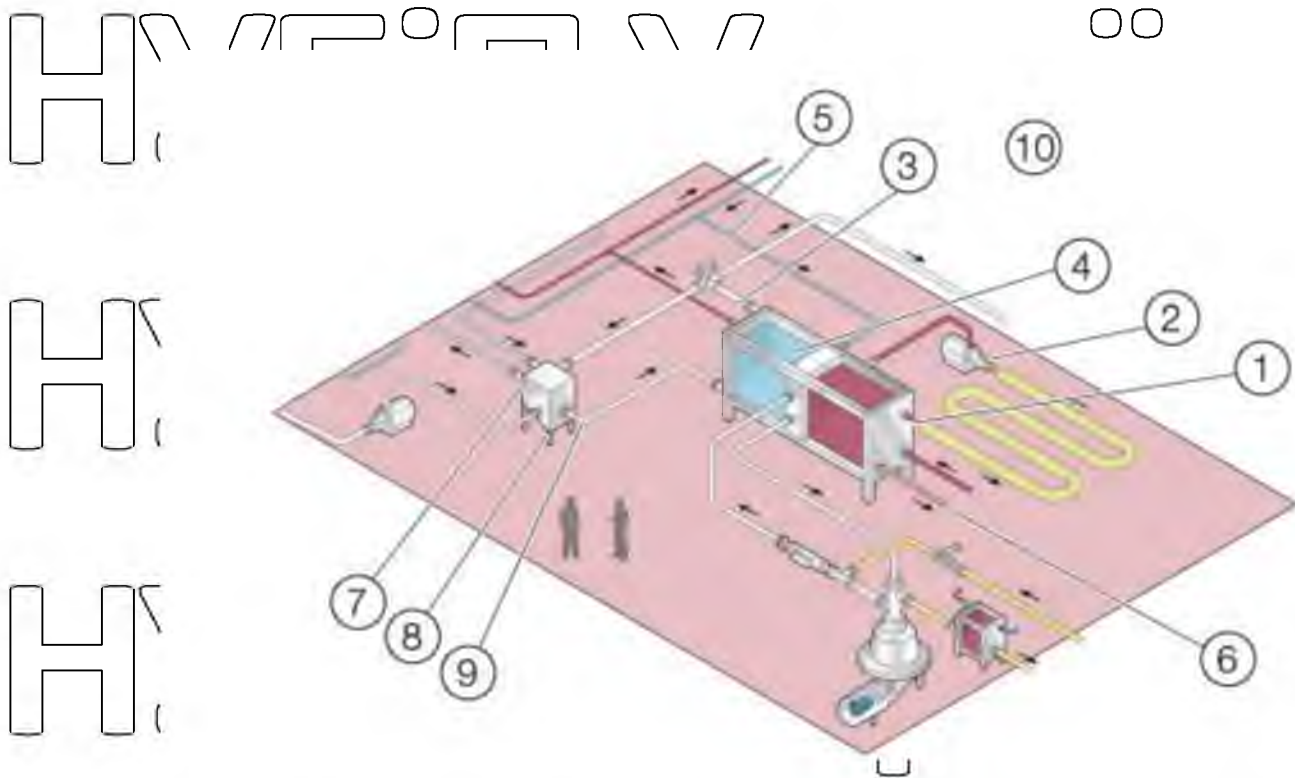


Рис. 1.5. Вимірювальна техніка, що використовується для термообробки:

1,2,3 – вимірювання температури; 4 – вимірювання тиску; 5,6 – регулюючий клапан в позиціонером; 7 – вимірювання рівня; 8 – контроль рівня; 9 – вимірювання витрати

Метод високотемпературної короткочасної (HTST) пастеризації був вперше розроблений компанією A.P.V. Co. у Сполученому Королівстві у 1922 році. Цей сучасний метод пастеризації молока широко використовується для обробки великих обсягів молока. Пастеризатор HTST забезпечує постійний потік молока, яке нагрівається до 72°C протягом 15 секунд, а потім швидко охолоджується до 5°C або нижче.

Процес пастеризації HTST та його основні компоненти показані на рис. 1.6.

Спочатку молоко з резервуару постійного рівня подається насосом підкачування в теплообмінник, де його нагрівається за допомогою пастеризованого молока до близько 60°C. Оскільки пастеризоване молоко використовується для нагрівання сирого молока і не потребує зовнішнього джерела нагріву, цей процес називається регенеративним нагрівачем.

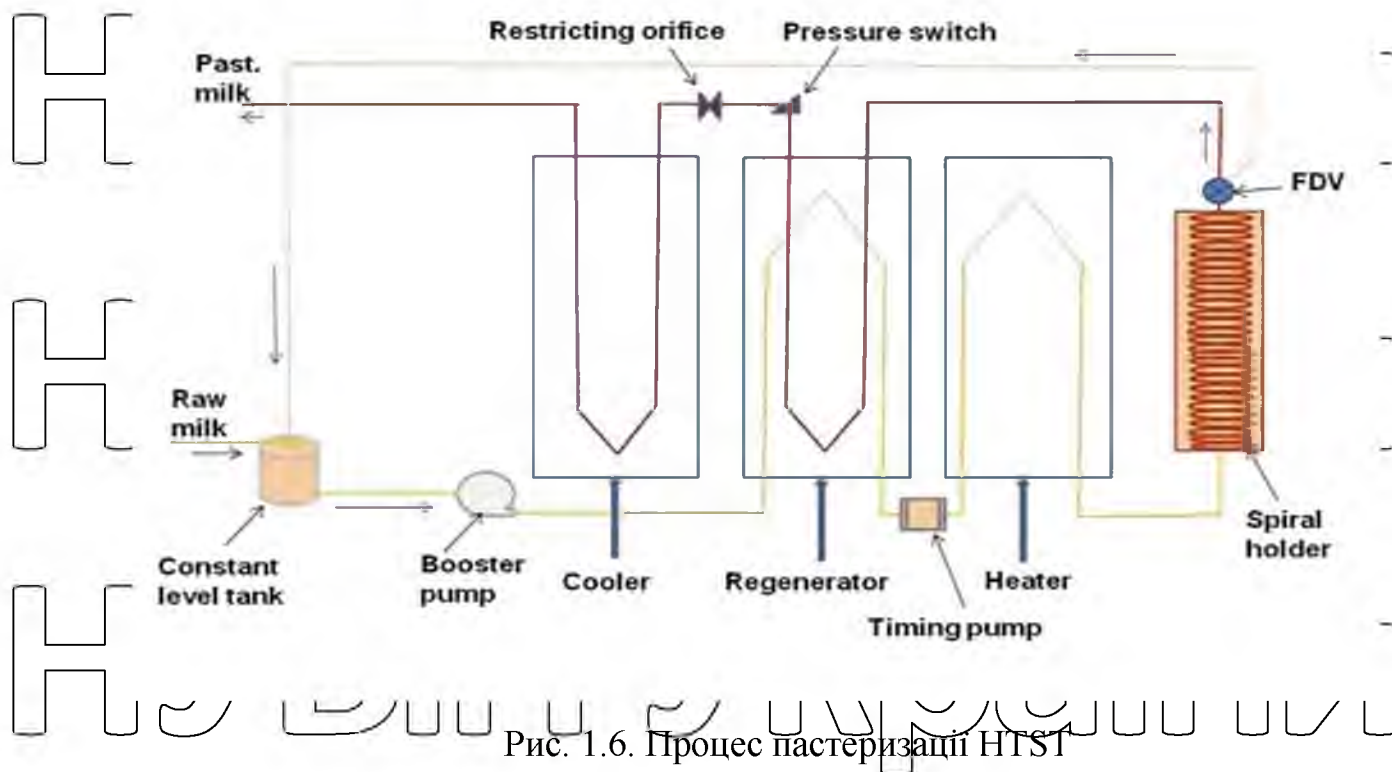


Рис. 1.6. Процес пастеризації HTST

Регенератор зменшує фактичну потребу в теплі для пастеризації і, отже, є дуже важливим для економічності системи. Потім молоко проходить через нагрівач, де його температура підвищується до фактичної температури пастеризації. Далі молоко подається до тримача, де його температура утримується протягом певного часу для завершення пастеризації. Після цього пастеризоване молоко повертається в регенератор, щоб надати деяку кількість тепла сирому молоку. Також воно одночасно охолоджується, щоб зменшити потребу в охолодженні. На завершальному етапі, пастеризоване молоко проходить через охолоджувач, де його температура знижується до близько 4-5°C.

Для пастеризації HTST особливо важливі такі засоби контролю:

- швидкість потоку;

- температура;

- тиск.

Ультрависокотемпературна (УВТ) пастеризація передбачає нагрівання молока до 88°C протягом 3 секунд. Обладнання майже таке ж, як у пристроїв HTST (рис. 1.7), і

елементи керування також схожі, але робоча температура вища. Тривач значно менший, оскільки час пастеризації коротший.

Переваги

- покращена текстура молока завдяки коротшому часу обробки;
- можливе більше знищення бактерій.

Якщо потрібно більше знищення бактерій або якщо це корисно для тіла та текстури морозива, УВТ-обробку можна застосовувати додатково до звичайної пастеризації.

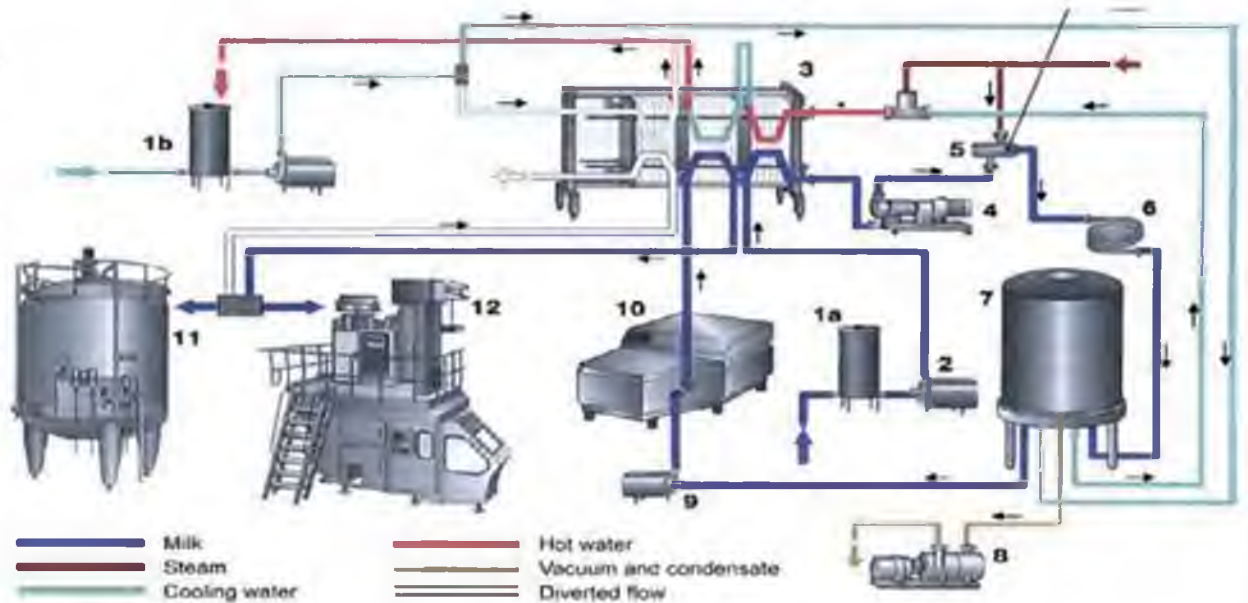


Рис. 1.7. Процес УНТ з нагріванням шляхом прямого впроєктування пари в поєднанні з пластинною HE

Ультрапастеризація (рис. 1.8) включає нагрівання молока паром високого тиску при температурі 180-197°C. Щоб забезпечити необхідний ефект пастеризації, молоко нагрівається до 150°C менше ніж за 1 секунду.

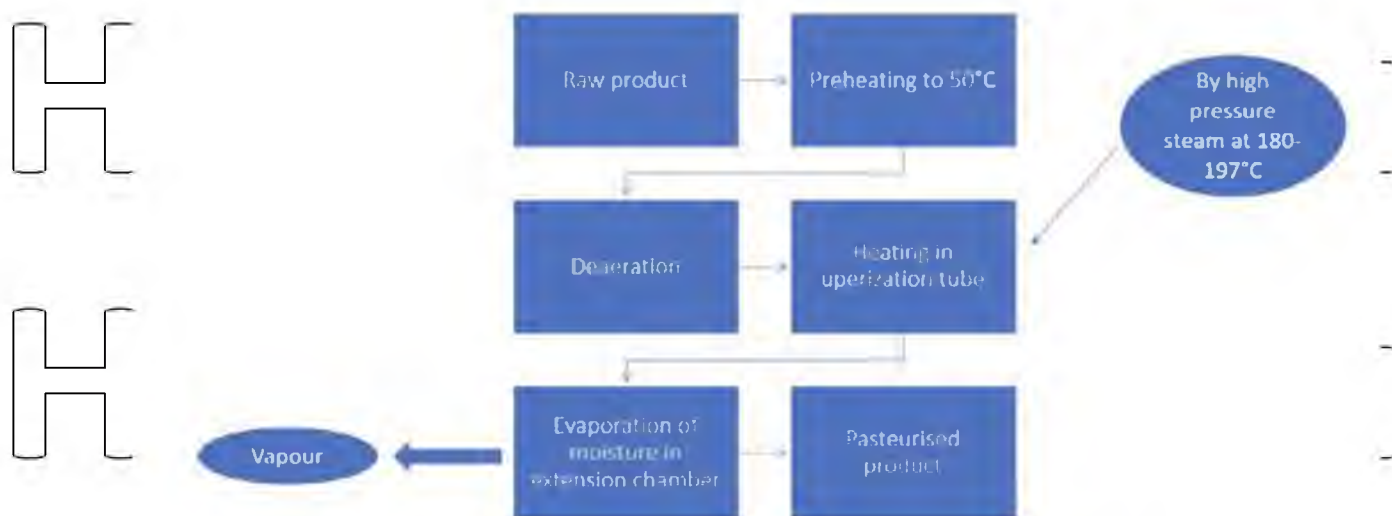


Рис. 1.8. Процес ультрапастеризації

1.2 Призначення та область застосування

Розроблювана система призначена для автоматизованого контролю температури в технологічному процесі пастеризації молока. Для досягнення цієї мети використовуються датчики температури, які необхідні для постійного моніторингу температури в пастеризаторі, оскільки вона повинна дотримуватися встановленого стандарту. Датчик підключається до системи регулювання, яку керує контролер.

Оператору залишається лише спостерігати за роботою системи та виправляти можливі неполадки, про які контролер повідомить.

З урахуванням постійного зростання попиту на молочну продукцію, підприємства виробляють все більші обсяги продукції, і для забезпечення її якості важливо використовувати автоматизовану систему управління.

Ця система може бути використана на молочних підприємствах для виробництва молока, а також, за необхідності, модернізована для виготовлення інших кисломолочних продуктів.

Впровадження комп'ютерних технологій в управління процесом дозволяє підняти техніко-економічні показники виробництва, збільшити виробництво високоякісних

продуктів, оптимізувати використання ресурсів та поліпшити обробку інформації для ефективного управління підприємством. Рівень автоматизації виробництва за участю комп'ютерних технологій сягає 90 - 95%.

Важливий вплив на якість продукту має людський фактор. Тому, для виготовлення великих обсягів високоякісної продукції, доцільно використовувати автоматизовану систему управління технологічним процесом. Ця система дозволяє керувати виробництвом за допомогою контролера та певних датчиків без прямого втручання людини.

Сучасні передові підприємства активно використовують автоматизовані системи керування технологічними процесами. Це сприяє збільшенню обсягів виробництва, підвищенню якості продукції та зменшенню впливу людського фактору на технологічний процес.

Останні роки спостерігається зростання молочної промисловості в Україні. Молочні продукти стають все більш важливою складовою раціону людей. Особливу користь приносять кисломолочні продукти, завдяки своїм корисним біфідобактеріям.

Метою магістерської роботи є вдосконалення системи автоматичного керування температурним режимом пастеризатора молока на базі комплексу технічних засобів «Schneider electric».

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити наступні завдання:

1. Проаналізувати поточний стан сучасних технологій пастеризації молока;
2. Розробити математичні моделі керування температурою в пастеризаторі молока;
3. Розробити систему автоматизації контролю якості молока на основі використання ПНМ;
4. Запропонувати удосконалення системи автоматичного регулювання температури в пастеризаторі молока;
5. Розробити систему автоматичного контролю робочих параметрів пастеризатора молока.

РОЗДІЛ 2.

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТА КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

2.1. Постановка задачі дослідження

Комп'ютерне моделювання є методом вирішення завдання аналізу або синтезу складних систем, що ґрунтується на використанні її комп'ютерної моделі. Основна мета комп'ютерного моделювання - отримання якісних та кількісних результатів на основі використання моделі. Якісні висновки, здійснені на основі такого дослідження, дозволяють розкрити раніше невідомі характеристики складної системи, такі як її структура, динаміка розвитку, стійкість та цілісність. Кількісні висновки, в основному, мають характер прогнозу майбутніх подій або пояснення минулих значень змінних, що описують систему.

У загальному випадку використання комп'ютерного моделювання для аналізу підсистеми регулювання технологічних параметрів з такими метою:

- визначення оптимальної структури та/або параметрів системи автоматичного регулювання (САР).
- проведення досліджень щодо характеристик САР, таких як стійкість, якість та енерговитрати;
- вивчення впливу умов нестационарності, нелінійності, невизначеності та інших факторів на роботу САР з технологічними об'єктами.

Необхідно створити імітаційну модель в середовищі Simulink MATLAB з використанням блоків бібліотеки Simulink, і отримати розгінні характеристики температури гарячої води і пастеризованого молока на виході секції пастеризації.

Визначити температуру гарячої води, необхідної для підтримання температури пастеризації молока 78 °С, а також постійну часу пастеризації даного ТОК, а також

дослідити, на скільки збільшиться температура гарячої води, якщо витрати молока на вході пастеризатора збільшаться на $0.5 \text{ м}^3/\text{год}$. Постійну часу об'єкту по параметру температури пастеризованого молока порахувати у випадку, коли значення середньої різниці температур Δt_p знаходимо як середньо логарифмічну, тобто по формулі:

$$\Delta t_p = \frac{0.5 \cdot V_m \cdot \rho_m \cdot C_m}{G_m \cdot C_m + 0.5 K_p / E_p} \quad (2.1)$$

2.2 Розроблення математичної моделі

Розглянемо структурну схему секції пастеризації (рис. 2.1)

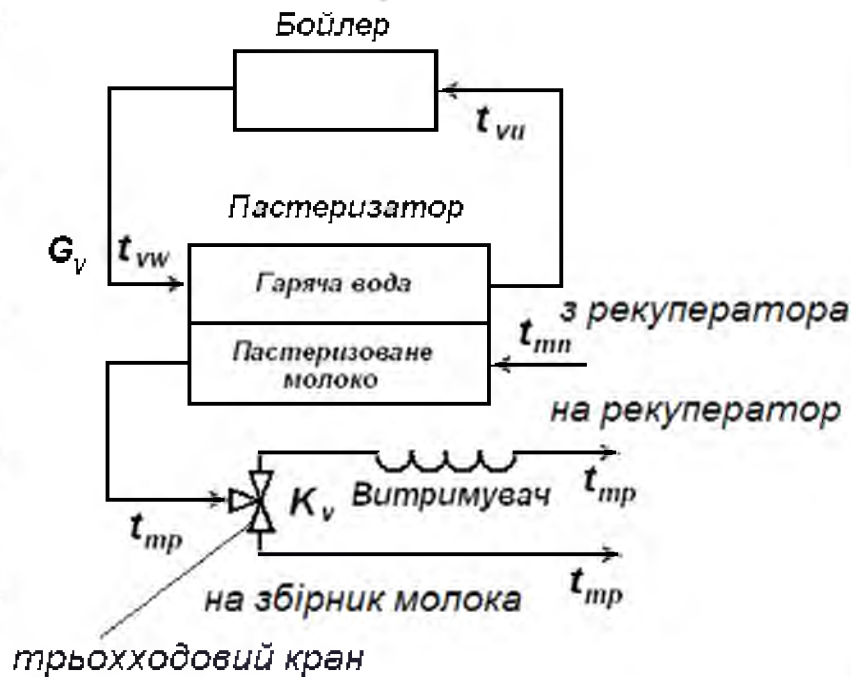


Рис. 2.1. Структурна схема секції пастеризації молока

Молоко підігріте в рекуператорі поступає в секцію пастеризації, де виконується нагрівання молока гарячою водою з бойлера до необхідної $74-78 \text{ }^\circ\text{C}$ температури. Після пастеризації молоко проходить через витримувач і поступає як теплоносії в секцію рекуперації, де підігрівається холодне молоко. Для крайнього регулювання процесу пастеризації використовується трьохходовий кран, який дозволяє направити частину гарячого молока на підігрів молока, що поступає з виробництва. Основним регулюючим

параметром є температура молока: t_{mn} – на вході секції, t_{mp} – підігрітого на виході рекуператора і пастеризованого молока, t_{vw} , t_{vu} – температура гарячої води на виході і вході в бейлер °С.

Спрощена математична модель пастеризації молока може бути представлене системою диференційних рівнянь зміни температури молока і води на виході продуктів із пастеризатора в часі:

$$0.5V_m \cdot \rho_m \cdot C_m \frac{dt_{mp}}{d\tau} = G_m \cdot C_m (t_{mn} - t_{mp}) + K_p \cdot F_p \Delta t_p, \quad (2.2)$$

$$0.5V_v \cdot \rho_v \cdot C_v \frac{dt_{vu}}{d\tau} = G_v \cdot C_v (t_{vw} - t_{vu}) - K_p \cdot F_p \Delta t_p, \quad (2.3)$$

де V_m , V_v – витрати молока і води в пастеризаторі, м³/с; ρ_m , ρ_v – густина молока і води, кг/м³; C_v , C_m – теплоємності води і молока, Дж/кг град; G_v , G_m – витрати води і молока, кг/с; K_p – коефіцієнт теплопередачі від гарячої води до молока, Вт/м²град; F_p – поверхня теплопередачі пастеризатора, м²; Δt_p – середня різниця температур між температурою гарячої води і пастеризованого молока, град; t_{vw} , t_{vu} , t_{mn} , t_{mp} – температури води на вході і виході і температури молока на вході і виході із пастеризатора, град.

Середню різницю температур між температурою гарячої води і пастеризованого молока рахуємо, як середньологарифмічну:

$$\Delta t_p = \frac{\Delta t_{pb} - \Delta t_{pm}}{2,31 \lg \frac{\Delta t_{pb}}{\Delta t_{pm}}}, \quad (2.4)$$

де велика і мала різниця температур пастеризатора рахується по формулах: $\Delta t_{pb} = t_{vw} - t_{mn}$; $\Delta t_{pm} = t_{vu} - t_{mp}$.

В секції пастеризації пастеризатора ОП2Ф-1 проводиться пастеризація молока. Секція пастеризації це протитечійний теплообмінник, який має об'єм для води $V_v = 0,15$ м³ і такий же для молока $V_m = 0,15$ м³; поверхня його теплопередачі дорівнює $F_p = 2,24$ м²; густина води і нормального молока складає $\rho_v = 998$ кг/м³ і $\rho_m = 1031$ кг/м³, а

теплоємність $C_p = 4100$ Дж/кг град і $C_{ml} = 6000$ Дж/кг град. Температури гарячої води і молока на вході секції пастеризації, їх витрати а також коефіцієнт теплопередачі є постійними.

По рівняннях (2.2-2.3) аналітичної моделі побудована імітаційна модель в середовищі Simulink MATLAB, що показано на рис. 2.2, 2.3 і отримуємо розгінні характеристики температури гарячої води і пастеризованого молока на виході секції, рис. 2.4.

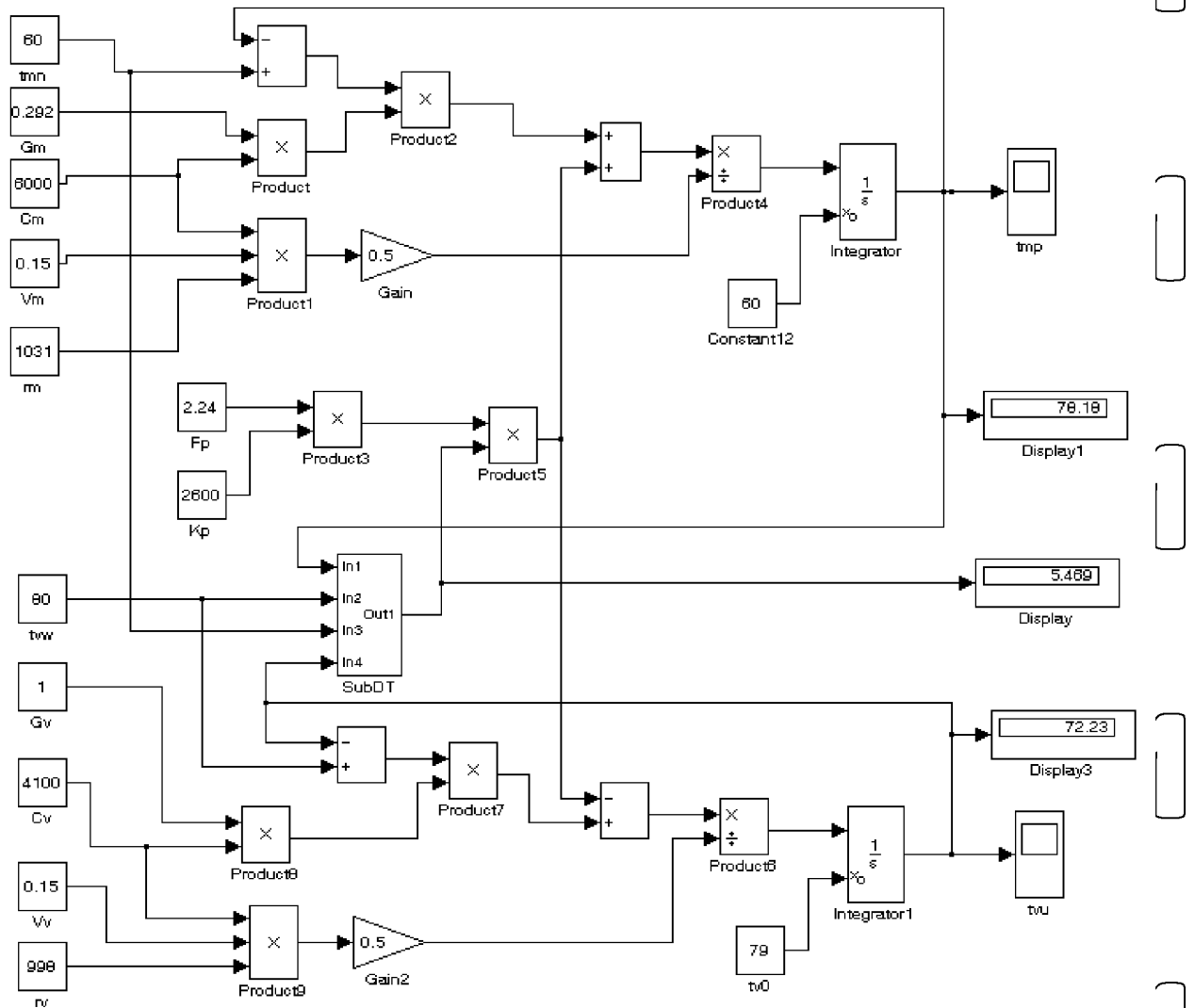


Рис. 2.2. Імітаційна модель пастеризації молока в символах Simulink

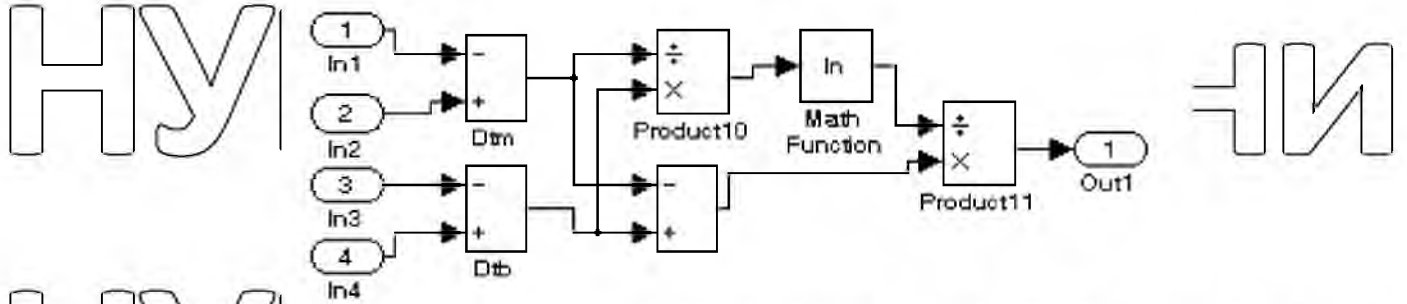


Рис. 2.3. Імітаційна схема блоку subDT (формули 2.2, 2.3) в символах Simulink

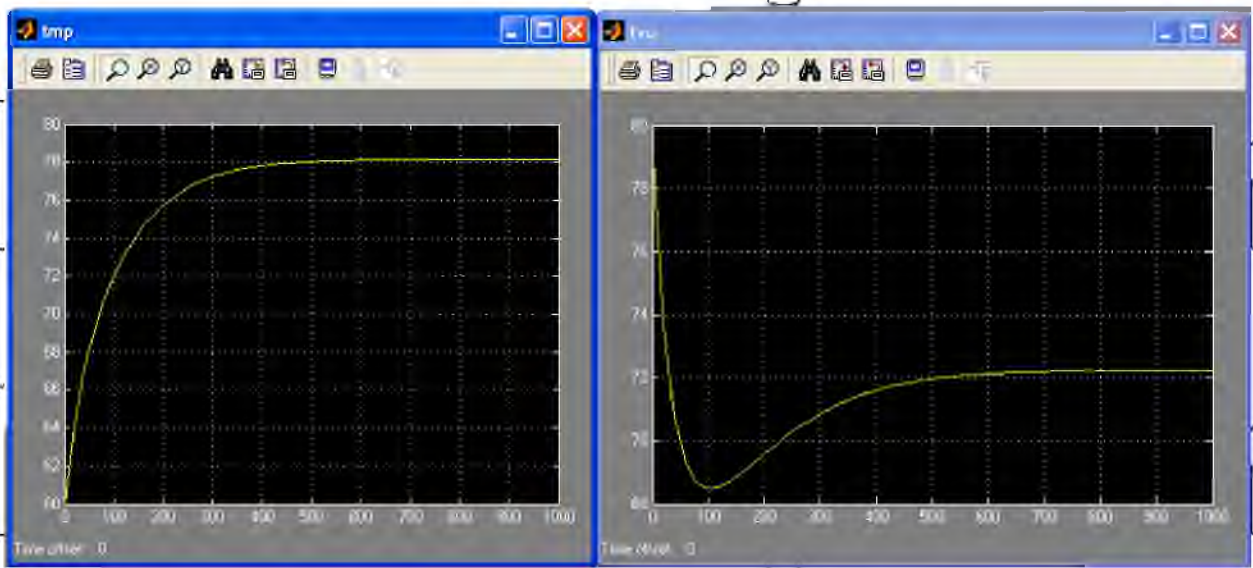


Рис.2.4. Розгінні криві t_w – зміни температури гарячої води і t_m – температури пастеризованого молока.

Щоб отримати температуру пастеризації 78°C температура гарячої води для даної умови повинна дорівнювати на вході 80°C , а на виході секції пастеризації $72,2^\circ\text{C}$.

Постійна часу об'єкту по каналу регулювання температури пастеризованого молока складе $99,5$ с.

Тобто:

$$T := \frac{0.5 \cdot 0.15 \cdot 1031 \cdot 6000}{0.292 \cdot 6000 + 0.5 \cdot 2600 \cdot 2.24} \quad T = 99.475$$

Коефіцієнт передачі: $K_0 = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = (80 - 78) : (1,1 - 1) = 20$.

Якщо витрати молока на вході пастеризатора збільшаться на 0,5 м³/год. і будуть рівними $G_m = 0,435$ кг/с для підтримання температури пастеризації молока 78 °С температура гарячої води повинна збільшитись до 83,2 °С

По каналу регулювання температури молока пастеризатор являє собою інерційну ланку першого порядку і ланкою чистого запізнення:

$$W(s) = \frac{K_0}{T_0 s + 1} e^{-s \tau_0}$$

Визначимо передаточну функцію об'єкту керування:

$$W_{ov}(s) = \frac{20}{99.5 * s + 1} e^{-7*s}$$

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 3.

ВИБІР РЕГУЛЯТОРА ТА ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1. Функціональна схема автоматизації

Функціональна схема автоматизації включає блок пастеризації та охолодження секції 1 пластинчастого пастеризатора молока, який містить наступні компоненти: пластинчастий теплообмінник, вирівнюючий бак з поплавковим регулятором рівня молока у резервуарі, відцентровий насос, сепаратор молока, тримач, блок підготовки теплоносія, пульт управління, а також регулювальні пристрої.

Пластинчастий теплообмінник складається з секцій, де здійснюються наступні процеси: пастеризація (прогрівання продукту до температури пастеризації), охолодження (за допомогою води, розсолу або крижаної води) та відновлення теплообміну між гарячими і холодними продуктами.

На двох стійках (передній і задній) приладу закріплені два скрижні, які виступають в якості опори для теплообмінних пластин. Кутові отвори пластин оточені прокладками. Прокладка розміщена вздовж периферії пластини.

Коли блок зібраний і пластини стиснуті, утворюються дві ізольовані герметичні системи каналів. Гаряче середовище циркулює в одному каналі, а холодне - в іншому. Зібрані пластини з'єднуються між собою в секції. У секціях пластини групуються в пакети, і продукт рухається паралельно в каналах. Розширювальний бак оснащений вхідним і вихідним патрубками для продукту. У середині бака знаходиться регулюючий клапан, який підтримує постійний рівень продукту в баку.

Відцентровий насос забирає молоко з бака і подає його на пластинчастий теплообмінник. Сепаратор-очишувач відокремлює нагріте в апараті молоко від механічних домішок.

Процес пастеризації питного молока, кисломолочних продуктів, вершків для

споживання та морозива відбувається у різних установках для пастеризації та охолодження. Сире молоко надходить до вирівнювального баку, де за допомогою поплавкового регулятора підтримується постійний рівень продукту. Відцентровий насос відведе продукт з резервуара і подасть його до секції рекуперації теплообмінника, де молоко нагрівається до 40-45 °С, встановлений регулятор потоку відцентрового насоса, що забезпечує постійний потік молока, що входить у теплообмінник.

Після нагрівання молоко потрапляє до сепаратора-очищувача, де його очищають від механічних домішок, а потім подається до другої секції пастеризації, де його нагрівають водою до 76-78 °С. Молоко утримують при температурі пастеризації та направляють для охолодження у охолоджувальну секцію. Охолоджене до 4-6 °С молоко проходить через поворотний клапан, який направляє потік молока або в ємність для зберігання (при дотриманні режимів переробки), або при багаторазовій пастеризації - у вирівнювальний резервуар (при порушенні режимів пастеризації).

Вимірювання та регулювання температури відбувається в пастеризаторі (зона охолодження та пастеризації). Температура вимірюється за допомогою термометрів опору Pt100, сигнали від датчиків передаються на вторинні перетворювачі TR10-C (1б, 3б). Потім сигнали передаються з перетворювачів на модуль аналогових входів МПК, де вони обробляються в програмі. Якщо виникає невідповідність встановленому значенню, то на вихід МПК подаються контрольні сигнали 4-20 мА. Ці сигнали подаються на електропневматичні перетворювачі Fisher i2P-100 (1в, 3в), де 4-20 мА перетворюються в пропорційні уніфіковані пневматичні сигнали 20-100 кПа. Ці сигнали в свою чергу подаються на пневматичні клапани Fisher 2052 (1г, 3г), регулюючи подачу гарячої та холодної води до пастеризатора.

Вимірювання здійснюється за допомогою термометрів опору Pt100, а сигнал від датчика передається на вторинний перетворювач TR10-C (2б). Після цього сигнал конвертується в аналоговий вхідний модуль МПК, де він обробляється і використовується як додаткова інформація для системи автоматизації.

Схема вимірювання та контролю рівня включає в себе вимірювання та регулювання рівня у резервуарі для всмоктування молока та резервуарі для вирівнювання. Рівень виміряний за допомогою рівнемірів радарного типу GRLM-70 (4б, 5б), сигнал від перетворювачів вторинного рівня передається в модуль аналогових входів МПК, де сигнали обробляються в програмі. При виявленні невідповідності із заданим значенням, вихідні сигнали керування МПК 4-20 мА подаються на перетворювачі частоти SINAMICS G120 (4в, 5в), вони керують двигунами насосів М1, М2 і накачують молоко в бак та вирівнювальний бак.

3.2. Проектне компонування мікропроцесорного контролера

При виборі типу регулятора рекомендується орієнтуватися на величину відношення запізнення до постійної часу об'єкта $\frac{\tau_{oy}}{T_{oy}}$

- Якщо $\frac{\tau_{oy}}{T_{oy}} < 0,2$, перевагу віддають позиційному (релейному) алгоритму керування, але можливе використання і неперервного алгоритму. Рішення приймається в залежності від технологічних вимог до процесу управління.

- Якщо $0,2 < \frac{\tau_{oy}}{T_{oy}} < 1,0$, перевагу віддають неперервному або цифровому алгоритму керування (П-, ПІ- або ПІД-закон керування).

- Якщо $\frac{\tau_{oy}}{T_{oy}} > 1,0$, вибирають спеціальний цифровий регулятор з екстраполятором, який компенсує запізнювання в контурі керування.

Отже, $(\tau_{oy} / T_{oy}) = 20/99,5 = 0,2$.

У якості мікропроцесорного контролера обрано Modicon M580 (рис. 3.1):



Рис. 3.1. Зовнішній вигляд мікропроцесорного контролера Modicon M580

Еthernet-контролери автоматизації Modicon M580 (ePAC - Ethernet programmable automation controllers), як показано на Рис. 3.1, гарантують прозорість, гнучкість, надійність та стійкість в роботі. Вони володіють Ethernet-магістраллю (Ethernet backbone), що сприяє оптимізації можливостей для встановлення з'єднань та зв'язку. Ці пристрої сумісні зі стандартними модулями введення/виведення X80, які можна легко інтегрувати в їх архітектуру. Крім того, вони володіють потужними процесорами, що гарантують високу ефективність обчислень для складних мережевих додатків зв'язку, відображення та управління.

Кібербезпека.

- Система кібербезпеки, що має сертифікат Achilles рівня 2 (Achilles Level 2), включає розширені вбудовані функції забезпечення кібербезпеки.

- Вбудовані функції забезпечення безпеки відповідають вимогам стандарту IEC 62443.

- Апаратна платформа M580 має такі можливості:

- Блокування невикористовуваних послуг.
- Управління віддаленим доступом до ПЛК.

- Захищені передача даних між мережею управління і ПЛК/пристроями завдяки

реалізації стандартного протоколу IPSEC.

- Програмне забезпечення для програмування M580, яке має перевірку цілісності виконуваних файлів - EcoStruxure Control Expert.

- Відстеження подій безпеки включає реалізацію SYSLOG-клієнта для ПЛК та EcoStruxure Control Expert.

Передові технології включають:

- Використання високопродуктивного двоядерного процесора типу ARM®, що забезпечує ефективну обробку даних.

- Швидкий обмін даними та ефективне виконання програм та прикладних завдань.

- Впровадження інноваційних конструктивних рішень для механічних та електронних компонентів, що забезпечує високий рівень стійкості до електромагнітних перешкод та інших зовнішніх впливів, що перевершують вимоги стандартів IEC.

- Можливість працювати в розширеному діапазоні температур від -25 до +70 ° C / від -13 до +158 ° F, що підвищує надійність у різних умовах експлуатації.

Висока точність досягається завдяки:

- Використанню власної детермінованої мережі Ethernet.

- Можливості введення/виведення з дозволом 1 мс за допомогою спеціальної функції установки тимчасових міток в джерелі, що використовує спеціальні модулі для встановлення міток часу через OPC-сервер.

- Функціонал програм включає в себе такі можливості:

- Запис послідовності подій (SER - sequence of events recording).

- Автоматизацію електричних підстанцій.

- Генерацію передісторії спрацювання захисних реле.

- Ведення журналів аварійних сигналів/подій.

- Установку міток часу в журналах даних моніторингу споживаної потужності.

- Установку міток часу для внутрішніх даних для забезпечення гнучкості проектування.

Гнучкість проектування включає:

- Застосування гнучкої топології, що дозволяє легко інтегрувати пристрої.
- Можливість комбінування віддаленого, розподіленого обладнання та інших пристроїв в одній мережі Ethernet польового рівня з повною інтеграцією програмного забезпечення.

- Прозорий доступ до даних через магістраль Ethernet.
- Проста інтеграція людино-машинного інтерфейсу (ЛМІ) через третій порт в головному модулі віддаленого вводу/виводу.

- Сумісність з різними популярними польовими шинами і мережами, такими як AS-Interface, Modbus, Profibus і HART.

Щодо простої діагностики:

- Використання Ethernet для передачі інформації до будь-якої точки системи.
- Забезпечення простої, віддаленої та мобільної діагностики (через смартфон, планшет і т.п.).

- Вбудований веб-сервер для отримання доступу через Інтернет.
- Можливість управління екранами диспетчерського контролю в ЛМІ та доступ до екранів ЛМІ.

Конфігурування МПК Modicon M580:

Для управління об'єктом потрібно сконфігурувати МПК (табл. 3.1-3.2):

Таблиця 3.1.

Конфігурування МПК

Вимоги	Кількість або наявність
Живлення ПЛК (24 VDC або 24 VAC)	24
Кількість аналогових входів 4-20 mA	7

Кількість аналогових виходів 4-20 mA	11
Кількість дискретних виходів 0-30 В	12

Обрано модуль процесора BME P58 2020 з урахуванням кількості каналів вводу-виводу, обсягу пам'яті для користувацької програми та наявності комунікацій.

Також обрані модулі вводу/виводу:

- 8 входів/4 виходів 4-20 mA - BMX AMI 0800.

- 8 виходів/4 входи 4-20 mA - BMX AMO 0802.

- 16 входів/9 виходів 0-30V - BMX DDO 0802.

Таблиця 3.2.

Вибір аксесуарів для модулів вводу/виводу

Модулі вводу/виводу		Характеристики
Найменування	Кількість	
1	2	3
BMX XBP 0800 Шасі	1	Шасі для встановлення блоку живлення, процесора та модулів розширення
BMX CPS 2000 Блок живлення	1	Напруга живлення 100... 240 В змінного струму Загальна корисна потужність (PPS) 20 Вт Вихідна потужність шасі 3V3_BAC 8,3 Вт (2,5 А) Вихідна потужність 24V_BAC шасі 16,5 Вт (0,7 А) Максимальна загальна потужність на виходах 3V3_BAC та 24V_BAC (P3V3_24V) 16,5 Вт Загальне

		корисне споживання енергії для зовнішніх датчиків (0,45 А)
ВМЕ Р58 2020	1	Макс. номер шасі: 2 дискретний вхід + вихід. 512 аналоговий вхід + вихід 128 підрахунок каналів 20
Центральний процесор		Оперативна пам'ять: загальний розмір 2048 КБ Макс. кількість об'єктів, локалізовані внутрішні біти% Мі 16250 локалізований інтегровані Слова% MWі та 32464
ВМХ АМІ 0800	1	Діапазон сигналу + 10 В, 0... 10 В, 0... 5 В, ... 20 мА, 4... 20 мА
Модуль аналогових входів		Характеристика каналу 16-бітна, ізоляція між каналами, час опитування модуля - 5 мс Підключення 20-контактної роз'ємної розетки
ВМХ АМО 0802	2	Діапазон сигналу ±10 В, 0... 20 мА, 4... 20 мА
Модуль аналогових виходів		Характеристики каналів 16-бітні, ізоляція між каналами Підключення 20-конт. з'ємна кол.
ВМХ ДДО 1602	1	Діапазон сигналу 9-30 В
Модуль дискретних виходів		Характеристики каналів 16-бітні, ізоляція між каналами Підключення 20-конт. з'ємна кол.
ВМХ ФТВ 2010	4	20 контактна з'ємна клемна колодка з гвинтовими зажимами
ВМХ АМІ 810	1	28-конт. з'ємна кол. з'ємна клемна колодка ВМХ ФТВ 2820

Загальна кількість модулів з процесором: 1 CPU + 1 AI + 2 AO + 1 DO + 1БЖ = 6.
Тож мені потрібно лише одне шасі на 8 місць (BMX XBP 0800).

Сигнал з виходу модуля BMX AMO 0802 (рис. 3.2) подається на клемний блок.

Модуль BMX AMO 0802 конвертує цифровий сигнал у формат аналогового струму, який

варіюється від 4 до 20 мА. Цей сигнал подається до електропневматичних перетворювачів, де він перетворюється у пневматичний сигнал та використовується для керування пневматичними клапанами.



Рис. 3.2 Модуль аналогових виходів BMX AMO 0802

Технічні характеристики:

Придушення несиметричної перешкоди між каналами - 80 дБ.

Похибка вимірювання:

- $\leq 0,1\%$ повної шкали 25°C ;
- $\leq 0,25\%$ повної шкали $0 \dots 60^{\circ}\text{C}$.

Активний опір навантаження:

- $\leq 350 \text{ Ом}$ $0 \dots 20 \text{ mA}$;

350 Ом 4... 20 mA
 Тип помилки:
 Розімкнутий ланцюг 4 ... 20 mA;

- Коротке замикання 0 ... 20 mA.

3 аналогових входів
 Струм 4... 20 mA;
 Струм 0 ... 20 mA.

У цьому проекті використовуються датчики та перетворювачі, які надсилають уніфікований аналоговий струмовий сигнал від 4 до 20 mA. Зовнішній аналоговий сигнал 4-20 mA послідовно проходить через клемний блок і надходить до аналого-цифрового перетворювача BMX AMI 0800.

Модуль BMX DDO 1602 (рис.3.3) здійснює конвертацію сигналу з цифрового у дискретний, який потім надходить на клемні джерела живлення.



Рис. 3.3. Модуль дискретних виходів BMX DDO 1602

Технічні характеристики:

- Сумісність з виходом IEC 61131-2 тип 3 вхід DC;
- Не вхідний сигнал IEC 61131-2 DC;
- Дискретна вихідна напруга 24 В 19 ... 30 В постійного струму;
- Дискретний вихідний струм 0,5 А;
- [Ures] залишкової напруги 1,2 В при стані 1;
- Опір ізоляції > 10 МОм 500 В постійного струму;
- Паралельні виходи Так: 2 максимум
- Струм на канал 0.625 А;
- Струм на модуль <= 10 А;
- Струм витoku <= 0,5 мА при стані 0;
- Час відгуку на виході 1,2 мс.
- Розсіювання потужності в W <= 4 Вт.

3.3 Обґрунтування вибору технічних засобів

У нашому дипломному проєкті для вимірювання температури були використані перетворювачі температури TR10-C (рис. 3.4).



Рис. 3.4. Зовнішній вигляд датчика температури TR10-C

Датчик RTD моделі TR10-C призначений для встановлення в основному в емкостях та трубопроводах. Він включає платинові чутливі елементи Pt100 і Pt1000, які призначені для вимірювання температур в різних галузях промисловості. WIKA пропонує різні варіанти моделі TR10-C, які дозволяють вирішувати безліч технологічних завдань у виробничих процесах. Крім того, цей прилад підходить для безперервного вимірювання температур.

Датчик RTD моделі TR10-C підходить для вимірювання температур у рідких і газоподібних середовищах за умов помірного механічного навантаження і в неагресивних хімічних середовищах. Гільза моделі TW35 зварена, виготовлена з нержавіючої сталі і виведена безпосередньо в сполучній головці.

Розташування точки приєднання до процесу визначається необхідною довжиною занурення в сам процес. При замовленні рекомендується обирати оптимальні стандартні довжини занурення. Це спрощує терміни поставки та забезпечує зручне зберігання запасних частин на складі.

Датчик RTD моделі TR10-C відзначається високою точністю вимірювання та стабільністю. Він доступний у класах точності AA, A та B.

Змінна вимірювальна вставка може бути видалена без повного виймання зонда з процесу. Це дає можливість проводити огляд, заміну, перевірку вимірювального ланцюга та виконувати необхідне обслуговування без зупинки процесу.

Вимірювальна вставка володіє вібростійкою конструкцією, що складається з мінеральноізовованого дроту (MI-проводу) та чутливого елемента. Вона має підпружинену конструкцію, яка забезпечує надійний контакт з дном гільзи. Оболонка вимірювальної вставки виготовлена з нержавіючої сталі, і можуть використовуватися інші матеріали за запитом.

Довжина занурення, тип приєднання до процесу, дизайн захисних гільз, сполучних головок, тип і кількість сенсорів, похибка та метод з'єднання можуть бути вибрані в залежності від конкретного застосування.

Датчик має широкий діапазон робочих температур. Згідно з оновленим свідоцтвом про затвердження типу засобів вимірювань має розширений міжсвірочний інтервал: 5 років для термоперетворювачів опору класу А, В з діапазоном вимірювань температур - 50 ... + 300 ° С, 4 роки для термоперетворювачів опору класів А, В з діапазоном вимірювань поза діапазоном температур -50 ... + 300 ° С.

Щодо частотних перетворювачів, для керування двигунами у системі автоматизації використовуються частотні перетворювачі SINAMICS G120 (рис. 3.5).



Рис. 3.5. Зовнішній вигляд частотного перетворювача SINAMICS G120

Перетворювач частоти Sinamics G120C характеризується компактними розмірами та моноблочною конструкцією, доступними потужностями від 0,55 до 18,5 кВт. Ці перетворювачі особливо популярні серед виробників обладнання, які важливо враховують компактність приводів та їх розширені можливості. Наразі, клієнтам пропонуються три стандартні розміри перетворювачів G120C.

Електричний привід Siemens G120C підтримує основні інтерфейси для обміну даними. За допомогою панелей оператора BOP та IOP або за допомогою карти пам'яті MMC можна швидко копіювати налаштування. Для налаштування параметрів приводу

за допомогою ПК використовують програми Sizer і Starter, з'єднання з ПК здійснюється через USB. При встановленні кількох перетворювачів, їх можна розташувати стінка до стінки. Привід частоти підтримує векторне управління без використання датчика ОС та може автоматично зменшити витрати енергії за допомогою ECO U/f.

Перетворювачі Siemens Sinamics G120C можуть бути застосовані в різних областях, включаючи стрічкові конвеєри, змішувачі, екструдери, насоси, вентилятори, компресори та вантажно-розвантажувальні пристрої.

Основні переваги перетворювачів Siemens Sinamics G120C включають:

- Компактний дизайн;
- Можливість установки поруч;
- Маленька площа займання;
- Роз'ємні клемми;
- Функція "клонування" через BOP-2 або SD-карту;
- Висока питома потужність та невеликий об'єм;
- Проста установка в обмеженому просторі, включаючи використання в невеликих електричних шафах, розташованих неподалік від обладнання;
- Проста та швидка параметризація програмного забезпечення;
- Зручне управління при введенні в експлуатацію та під час поточної роботи;
- оптимальний набір параметрів;
- оптимізований процес введення в експлуатацію;
- можливість використання панелей операторів BOP-2 або TOP; - вбудований USB-роз'єм;
- висока надійність, просте ТО;
- лічильник годин роботи на "Драйв вкл." та "Двигун увімкнено"; - швидкий механічний монтаж;
- вбудовані комунікаційні інтерфейси (DP, CAN, USS, Modbus RTU);
- експлуатація до температури навколишнього середовища 60°C;

- інтуїтивне послідовне введення в експлуатацію;
- енергоефективне векторне управління без датчика;
- автоматичне зменшення витрати за допомогою U / f ECO;
- вбудований калькулятор енергозбереження;

Технічні параметри:

- Діапазон потужностей: 0,55 -132 кВт / 0,75 - 150 к.с;
- Напруга / частота: 3 АС 380 - 480 В -20% + 10%, 47/63 Гц +/- 5%;
- Допустиме перевантаження: Для ILO_{out} (LO¹): 150% на 3 з плюс 110% на 57 з при навантажувальні циклі в 300 з. Для IHO_{out} (HO²): 200% на 3 з плюс 150% на 57 з при навантажувальні циклі в 300 с3;
- Ступінь захисту: IP20 / UL, відкритого типу;
- Зв'язок: FSAA до FSC: PROFINET, PROFIBUS, EtherNet / IP, USS / Modbus RTU. Від FSD до FSF: PROFINET;

- Температура навколишнього середовища: -10 ° до 40 °С без погіршення параметрів / до 60 °С з погіршенням параметрів;
- Входи / виходи-сигналів: 6 DI / 2 DO / 1 AI / 1 AO;
- Функції: Постійне значення постійної швидкості, ПІД-регулятор, управління стояночним гальмом двигуна, вільні функціональні блоки;
- Гальмування: Вбудований гальмівний вимикач;
- Безпека SIL 2 згідно EN 61508, PL d відповідно до EN ISO 13849, клас 3 згідно EN 60204;
- Режими управління: Vector, U / f, U / f ECO.

Електро-пневматичний перетворювач:

Для керування пневматичними клапанами у кваліфікаційній роботі використовують електропневматичні перетворювачі Fisher i2P-100 (рис. 3.6).

НУБІП УКРАЇНИ



Рис. 3.6. Електропневматичний перетворювач Fisher i2P100

Електропневматичний пристрій Fisher i2P-100 є пристроєм, який перетворює вхідний сигнал, поданий у міліамперах, у пропорційний вихідний тиск. Обидва поточні діапазони, як вхідного, так і вихідного тиску, можна налаштувати користувачем у польових умовах. Модуль перетворювача використовує невеликі деталі мінімальної маси, які симетрично збалансовані навколо точки обертання в центрі маси. Це збалансоване розташування призводить до високої продуктивності пристрою, що зменшує чутливість до вібрацій. Цілісний пневматичний реле забезпечує необхідну потужність для приводу пневматичного регулюючого клапана або приводу збірки без додаткових підсилювачів чи позиціонерів.

Крім того, перетворювач забезпечує стабільність та точність операції. Зменшена чутливість до вібрацій у поєднанні з високою ємністю першого порядку характеристики відставання роблять датчик i2P-100 підходящим для безпосереднього монтажу на регулюючий клапан або комбінований привід.

Особливості:

НУБІП України

i2P-100 схвалений для використання з природним газом;

Низьке споживання пневматичної подачі, що призводить до зменшення експлуатаційних витрат.

- Однозапечатаний пристрій, протестований відповідно до стандарту ANSI / ISA 12.27.01 як герметичний пристрій.

- Висока вихідна здатність та діапазон, що може бути налаштований користувачем в полі для діапазону потужності від 0,14 до 2,3 бар (2 до 33 фунтів на квадратний дюйм)

- Розділений діапазон, що вибирається користувачем і може бути налаштований у полі двостороннього діленого діапазону, використовуючи будь-яку половину стандартного вхідного сигналу.

Технічні характеристики включають:

- Вхідний сигнал: 4-20 мА.
- Вихідний сигнал: від 0,2 до 1,0 бар (3 до 15 фунтів на квадратний дюйм), 0,4-2,0 бар (6-30 фунтів на квадратний дюйм) або 0,14-2,3 бар (Від 2 до 33 фунтів на квадратний дюйм).

- Точність: $\pm 1,0\%$ від повномасштабного діапазону виходу; включає поєднані ефекти гістерезису та лінійності.

- Незалежна лінійність: $\pm 0,5\%$ від повної шкали виходу.

- Гістерезис: 0,4% від повномасштабного діапазону виходу.

- Частотна характеристика: Посилення послаблюється на 3 дБ при 3 Гц з вихідним сигналом перетворювача.

- Вплив температури: 0,14% на градус Цельсія (0,075 за градус Фаренгейта).

- Вплив тиску на подачу: 0,2% від повномасштабного діапазону виходу за зміну тиску подачі на фунт / кв. дюйм.

- Ефект вібрації: менше 1% від повномасштабного діапазону виходу при тестуванні на ISA S75.13.

- Викиди - клас А.

Рейтинг обладнання ISM: Група 1, клас А.

НУБІП України

3.4. Дослідження системи автоматизації

Для проведення дослідження системи автоматизації необхідно:

- виведення передаточних функцій для кожного каналу впливу на об'єкт. Вони будуть взяті з каталогу об'єктів автоматизації;

- складання блок-схеми об'єкта, яка включатиме передаточні функції, їх параметри та зв'язки між ними;

- при необхідності можливі структурні перетворення, щоб спростити структуру схеми;

- здійснити запис системи рівнянь у вигляді операторів, враховуючи нульові початкові умови та підстановку числових значень коефіцієнтів та сталих часу.

Запишемо систему рівнянь в операторному вигляді, враховуючи нульові початкові умови та підстановивши числові значення коефіцієнтів та сталих часу.

Система набуває вигляду:

НУБІП України

$$(20p+1) \cdot \Delta X_1(p) = 0,5 \cdot \Delta U_1(p) + 0,2 \cdot Z_1(p) + 0,1 \cdot \Delta X_2(p);$$

$$(30p+1) \cdot \Delta X_2(p) = 0,8 \cdot \Delta X_1(p);$$

НУБІП України

$$(20p+1) \cdot \Delta X_3(p) = 0,3 \cdot \Delta U_3(p) + 0,1 \cdot Z_3(p) + 0,1 \cdot \Delta X_2(p);$$

Визначимо передаточні функції:

НУБІП України

НУБІП України

$$\begin{aligned}
 W_{1U}(p) &= \frac{\Delta X_1(p)}{\Delta U_1(p)} = \frac{0,5}{20p+1}; W_{1Z}(p) = \frac{\Delta X_1(p)}{\Delta Z_1(p)} = \frac{0,2}{20p+1}; W_{21}(p) = \frac{\Delta X_1(p)}{\Delta X_2(p)} = \frac{0,1}{20p+1}; \\
 W_{2U}(p) &= \frac{\Delta X_2(p)}{\Delta U_2(p)} = \frac{0,8}{30p+1}; \\
 W_{3U}(p) &= \frac{\Delta X_3(p)}{\Delta U_3(p)} = \frac{0,3}{20p+1}; W_{23}(p) = \frac{\Delta X_3(p)}{\Delta X_2(p)} = \frac{0,1}{20p+1}; W_{3Z}(p) = \frac{\Delta X_3(p)}{\Delta Z_3(p)} = \frac{0,1}{20p+1},
 \end{aligned}$$

Складаємо структурну схему САР (рис. 3.7):

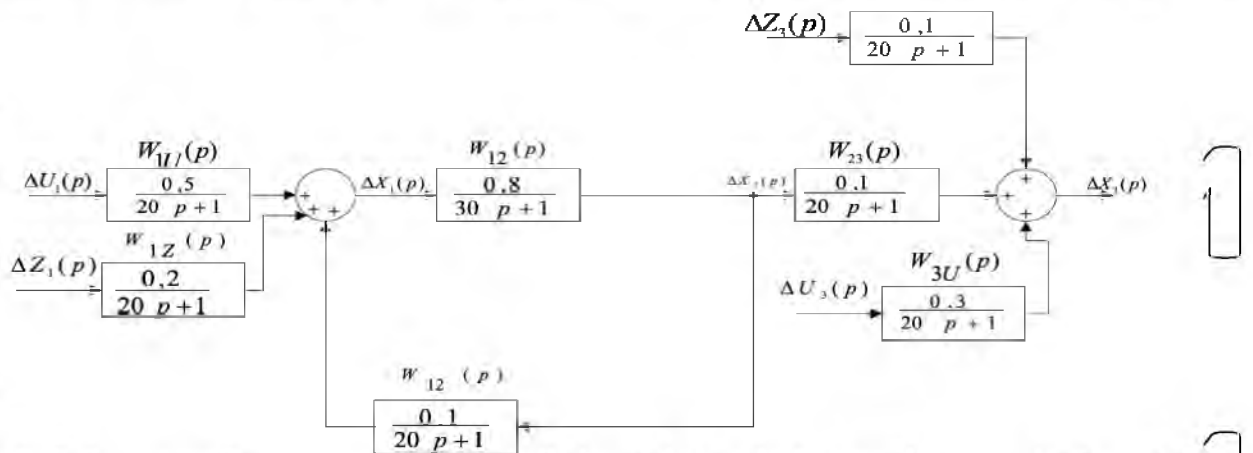


Рис. 3.7. Структурна схема САР

Проведемо аналіз стійкості системи. У розробленій системі автоматичного регулювання (САР) особливу увагу слід приділити перевірці на її стійкість. В роботі це виконується за допомогою критерію Михайлова.

Згідно критерію Михайлова, для того щоб система була стійкою, необхідно, щоб повний приріст аргументу $\mu(\omega)$ при зміні частоти ω . Характеристичний поліном системи, має вигляд:

$$K W_{зам}(p) = \frac{W_p(p)W_{U1}(p)}{1 + W_p(p)W_{U1}(p)} = \frac{\frac{20,23 \cdot 0,0434}{13043,4p^3 + 1739,1p^2 + 74,3p + 1}}{1 + \frac{20,23 \cdot 0,0434}{13043,4p^3 + 1739,1p^2 + 74,3p + 1}}$$

$$= \frac{0,87}{13043,4p^3 + 1739,1p^2 + 74,3p + 1,87}$$

$$D(p) = 13043,4p^3 + 1739,1p^2 + 74,3p + 1,87 = 0.$$

Підставимо замість $p - (j\omega)$. Отримаємо:

$$D(p) = -13043,4j\omega^3 - 1739,1\omega^2 + 74,3j\omega + 1,87$$

Для того, щоб побудувати годограф Михайлова, виділимо дійсну та уявну частини характеристичного поліному $D(p)$:

Дійсна:

$$X(\omega) = -1739,1\omega^2 + 1,87;$$

Уявна:

$$Y(\omega) = -13043,4j\omega^3 + 74,3j\omega;$$

Та побудуємо їх залежність за допомогою Excel (ω підставляємо в рівняння дійсної та уявної частини, звідки отримуємо координати годографа).

Таблиця 3.3

Дані для побудови годографа Михайлова

w	X(w)	Y(w)
0,00	1,87	0,00
0,01	1,70	0,73
0,02	1,17	1,38

0,03	0,30	1,88
0,04	-0,91	2,14
0,05	-2,48	2,08
0,06	-4,39	1,64
0,07	-6,65	0,73
0,08	-9,26	-0,73
0,10	-15,52	-5,61

За отриманими даними будемо годограф Михайлова (рис. 3.8) за допомогою програмного середовища Excel.

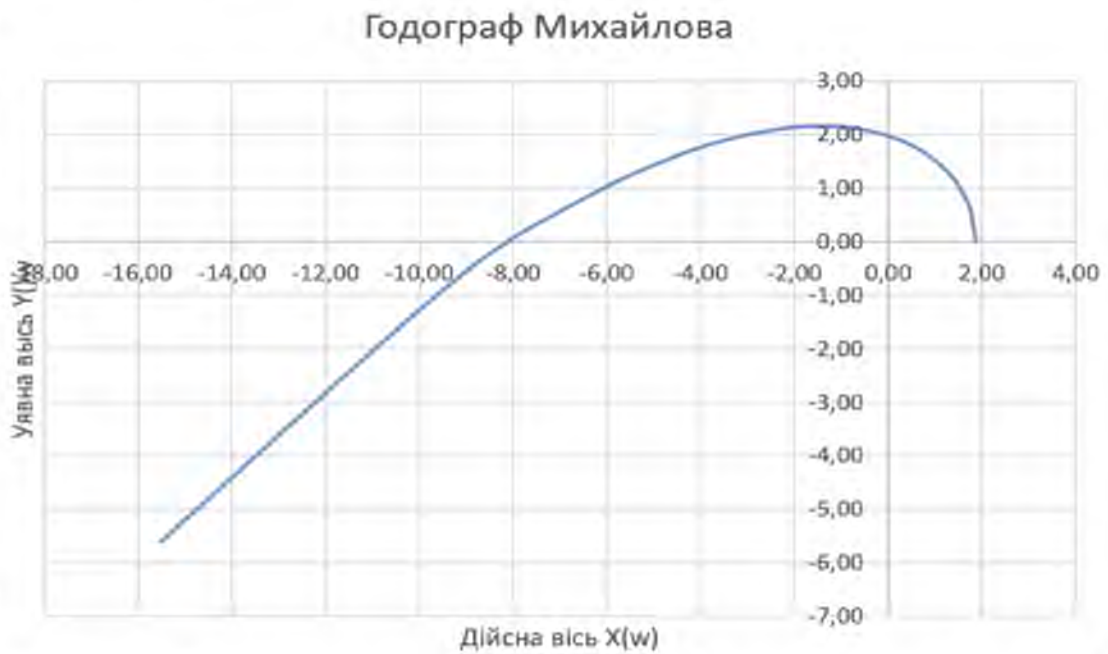


Рис. 3.8. Графік залежності $Y(j\omega)$ від $X(j\omega)$

Оскільки характеристичний поліном нашої системи є поліномом третього порядку ($n=3$) і годограф Михайлова проходить три чверті комплексної площини, та має плавний, без сачків, графік, то система є стійною.

Запас стійкості системи:

Запас стійкості представляє собою кількісну оцінку розриву між значеннями параметрів системи або її характеристиками від зони, яка вважається небезпечною з точки зору стабільності. Границя стійкості, з точки зору параметрів, визначає відстань до граничної кривої, що визначає область значень параметрів, які лежать поза межами зони стійкості.

Для визначення межі стійкості ми використовуємо програмне середовище MatLab та будемо амплітудно-фазову частотну характеристику (амплітудно-фазова характеристика, АФХ) - годограф функції передачі частоти. Годограф комплексної функції побудований на комплексній площині. Будь-яке значення аргументу на комплексній площині відповідає точці. Сукупність точок, що відповідає плавній зміні аргументу від $-\infty$ до ∞ , утворює криву, яка називається годографом.

Складаємо структурну схему САР (рис. 3.9) з використанням Simulink:

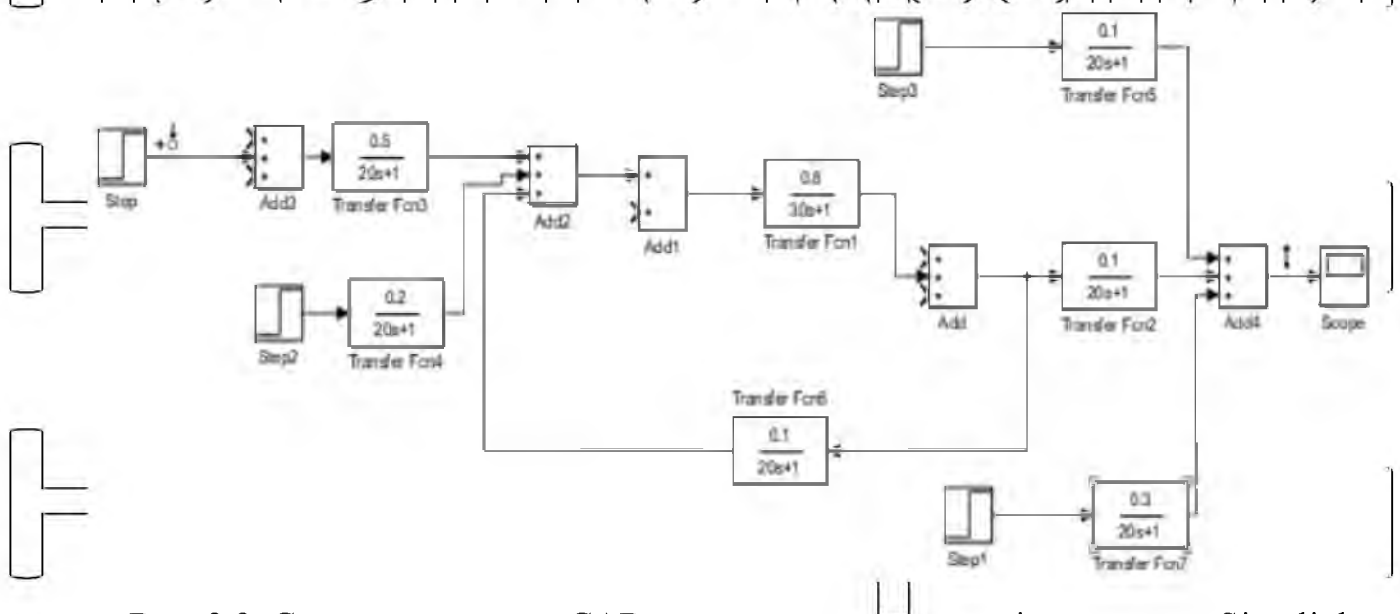


Рис. 3.9. Структурна схема САР створена з допомогою інструменту Simulink

Будуємо амплітудно-фазову частотну характеристику (рис. 3.10):

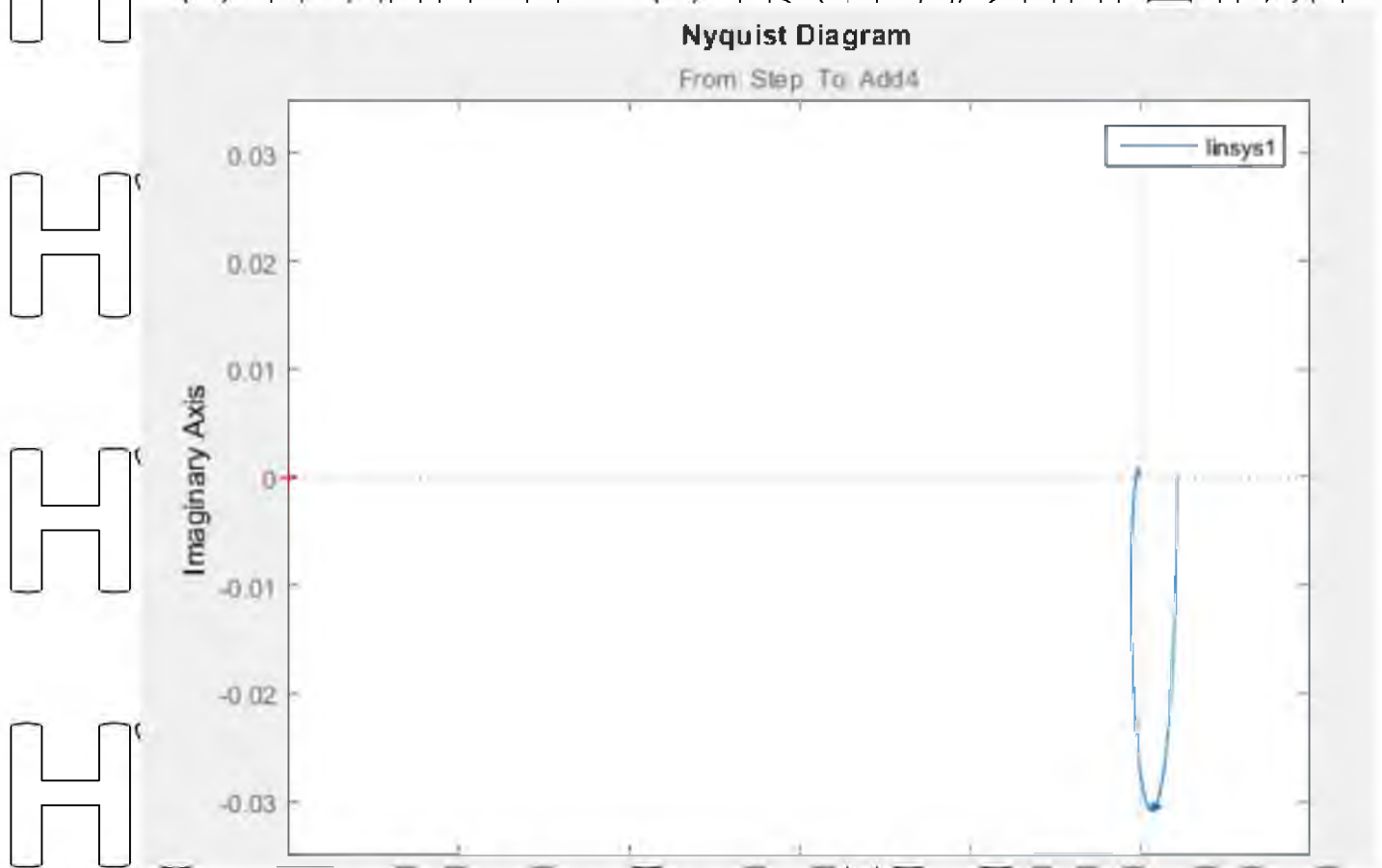


Рис. 3.10. Амплітудно-фазова частотна характеристика

На основі отриманих характеристик (годографа) визначається запас стійкості за модулем. Він вказує на віддалення годографа Амплітудно-Фазової Характеристики (АФЧХ) від відкритої системи автоматичного управління (САУ) з критичної точки в напрямку справжньої осі. Запас стійкості за модулем визначається відстанню "h" від критичної точки до точки перетину осі абсцис годографа.

Запас стійкості критичної точки вздовж дуги кола одиничного радіуса також важливий. Він визначається кутом між негативним напрямком реальної піввісі та променем, проведеним від початку координат до точки перетину годографа з одиничним колом (рис. 3.11).

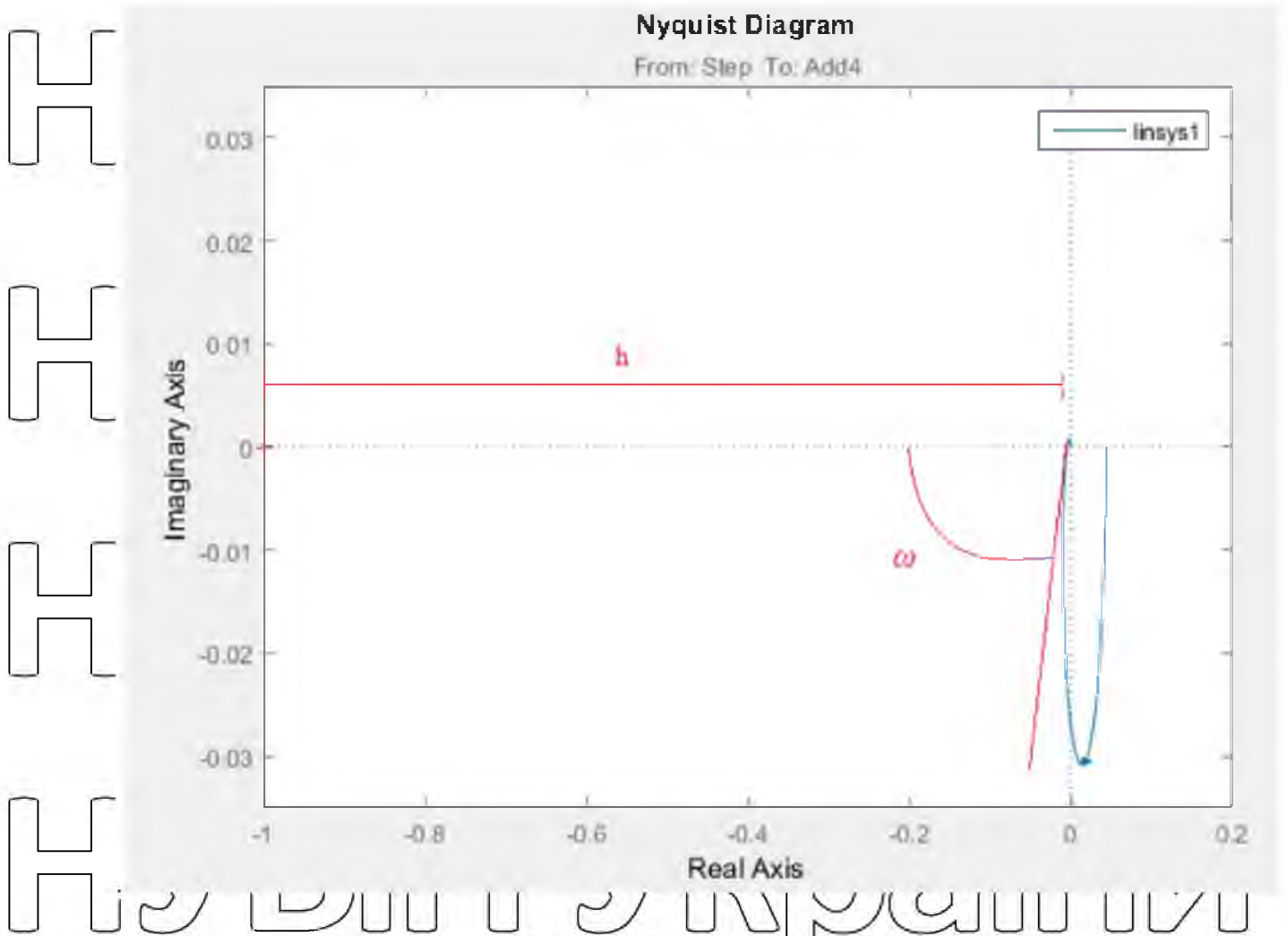
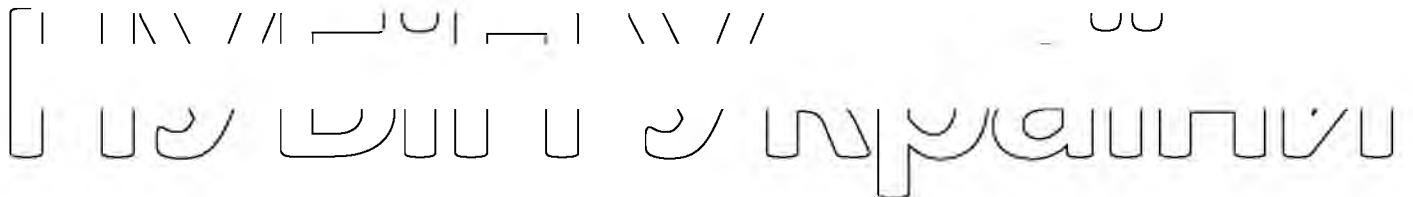


Рис. 3.11. Діаграма Найквіста

Звідки отримуємо: Запас стійкості по модулю (амплітуді) – $h = 0,99$;

Запас стійкості по фазі – $\omega = 81$.

На рис. 3.12-3.13 наведено перехідний процес розімкненої системи без налаштування регулятора та з налаштуванням регулятора.



НУБІП України

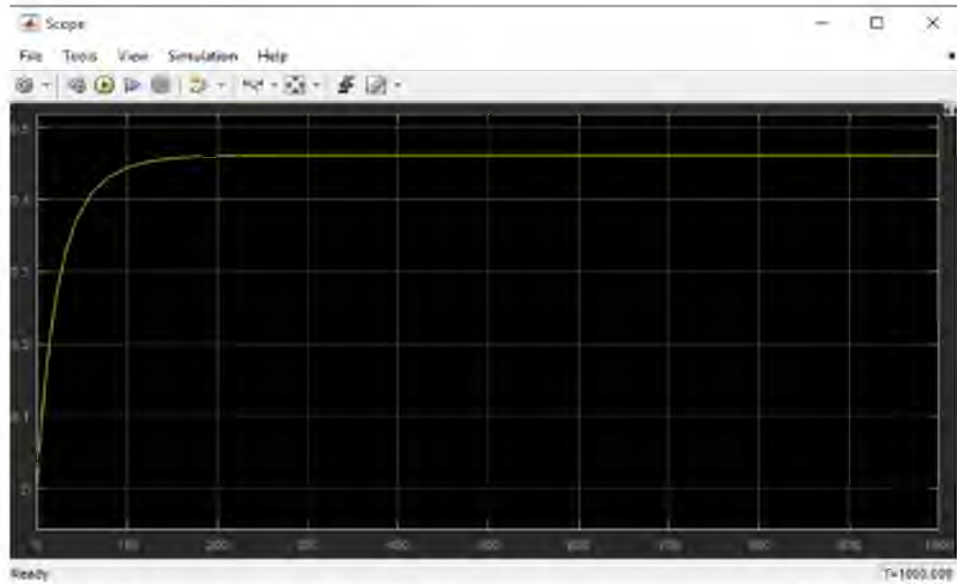


Рис. 3.12. Перехідний процес розімкненої системи без налаштування регулятора

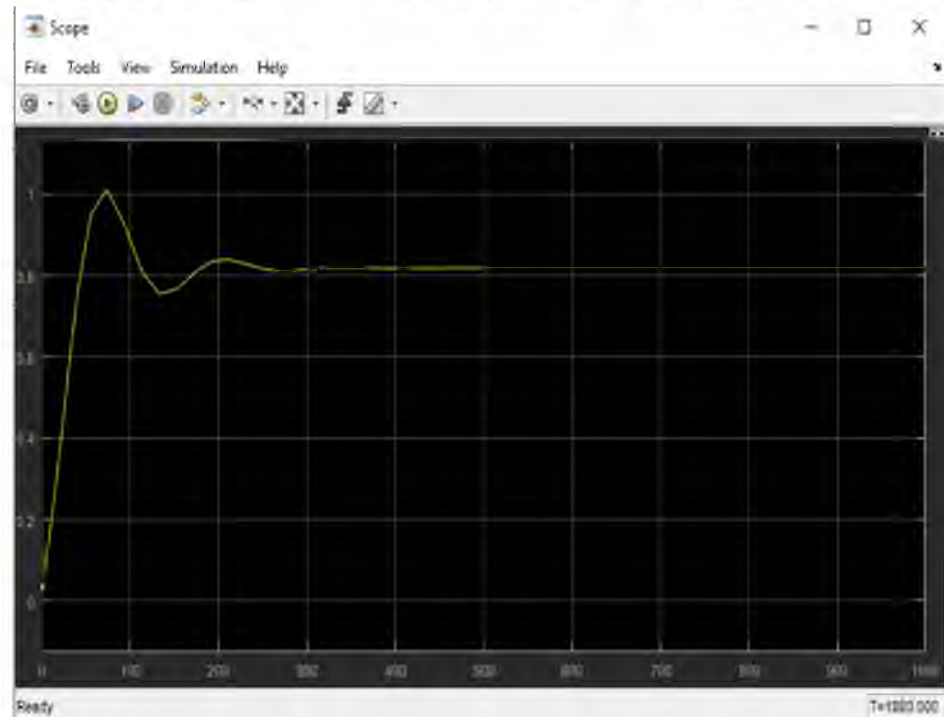


Рис. 3.13. Перехідний процес замкнутої системи з П-регулятором ($K_p=50,9$)

Таким чином, складена структурна схема автоматизованої системи регулювання (АСР) для процесу пастеризації молока. При дослідженні коефіцієнта питомого поглиблення на стабільність за частотним критерієм стійкості Михайлова були

використані ресурси програмної оболонки Excel, що значно прискорило процес та підвищило точність аналізу системи автоматичного управління на стійкість. Система проявила стійкість. Для визначення запасу стійкості було використано програмне середовище MatLab, за допомогою якого була побудована Амплітудно-Фазова Характеристика (АФЧХ), яка вказала на запас стійкості за модулем (амплітудою) - $h = 0,99$ та запас стійкості за фазою - $\omega = 81$.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 4.

СХЕМА ПІДКЛЮЧЕННЯ ДАТЧИКІВ ТА ВМДО ПІДК

НУБІП України

4.1. Загальна схема підключення

Загальна схема підключення наведена на рис. 4.1:

НУБІП України

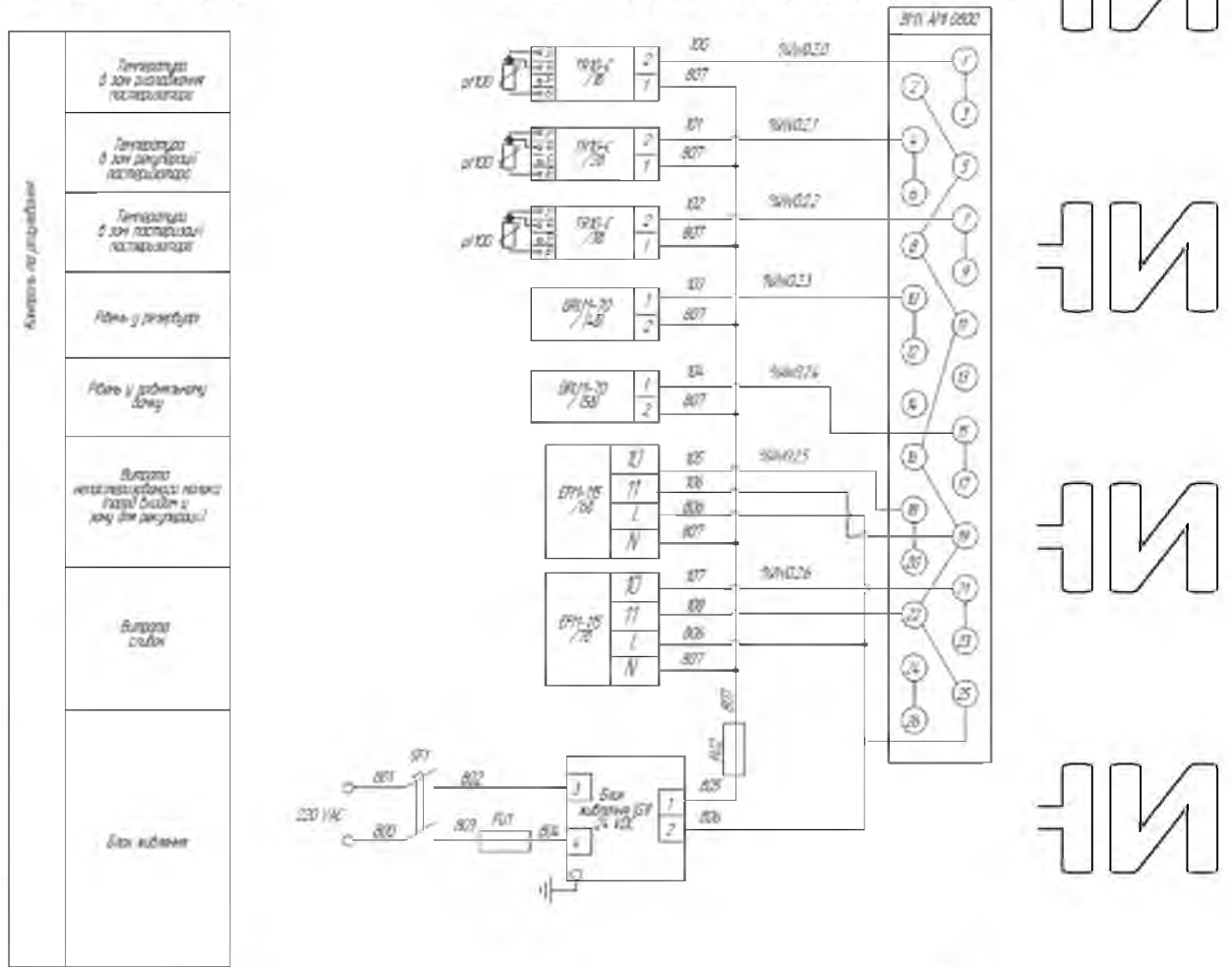


Рис. 4.1 Підключення датчиків до модуля аналогових входів

НУБІП України

Схема підключення частотних перетворювачів до другого модуля аналогових виходів наведена на рис. 4.2.

НУБІП України

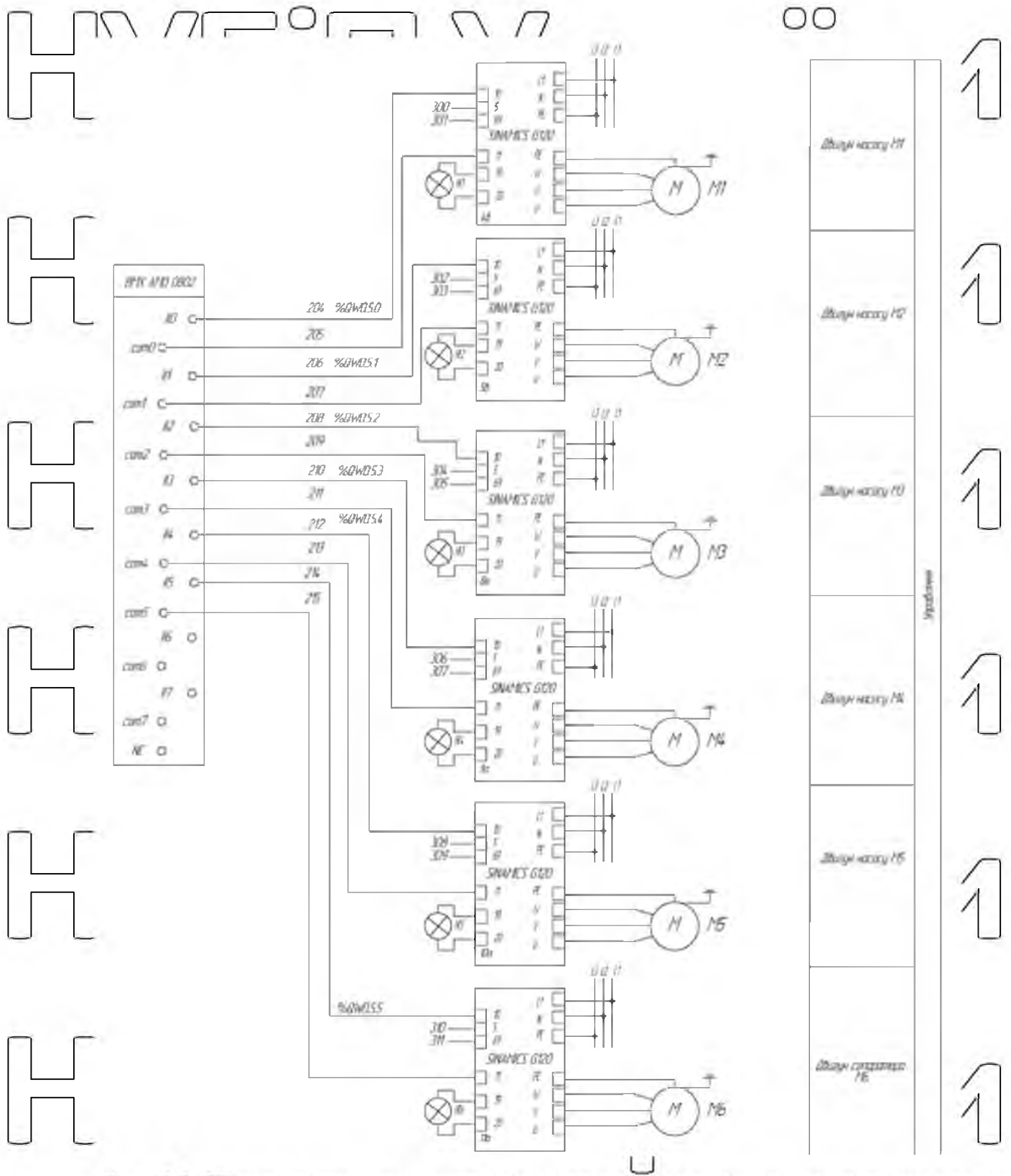


Рис. 4.2. Підключення частотних перетворювачів до другого модуля аналогових

На Рис. 4.3 наведена схема підключення датчиків до першого модуля аналогових

виходів

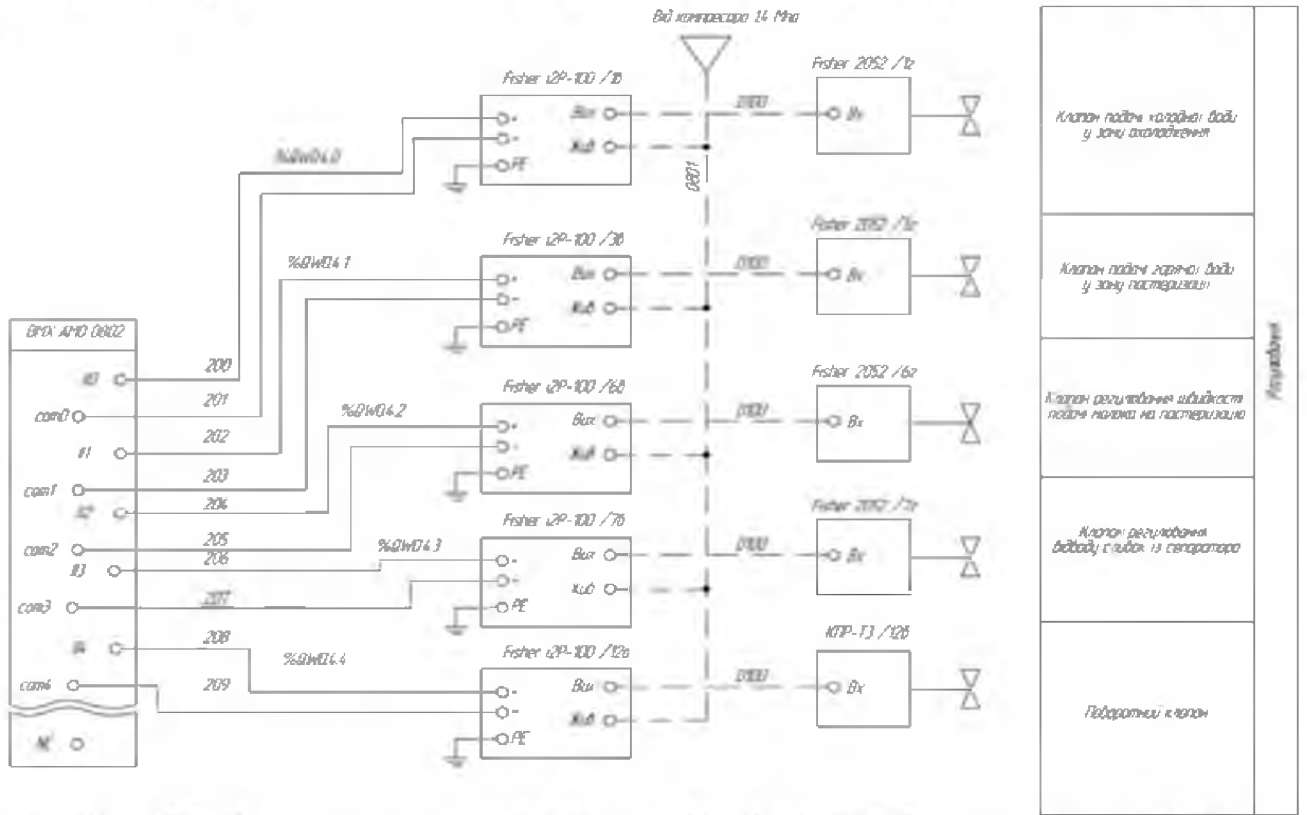


Рис. 4.3. Підключення датчиків до першого модуля аналогових виходів

На рис. 4.4 наведена загальна схема підключення частотних перетворювачів до модуля дискретних виходів

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

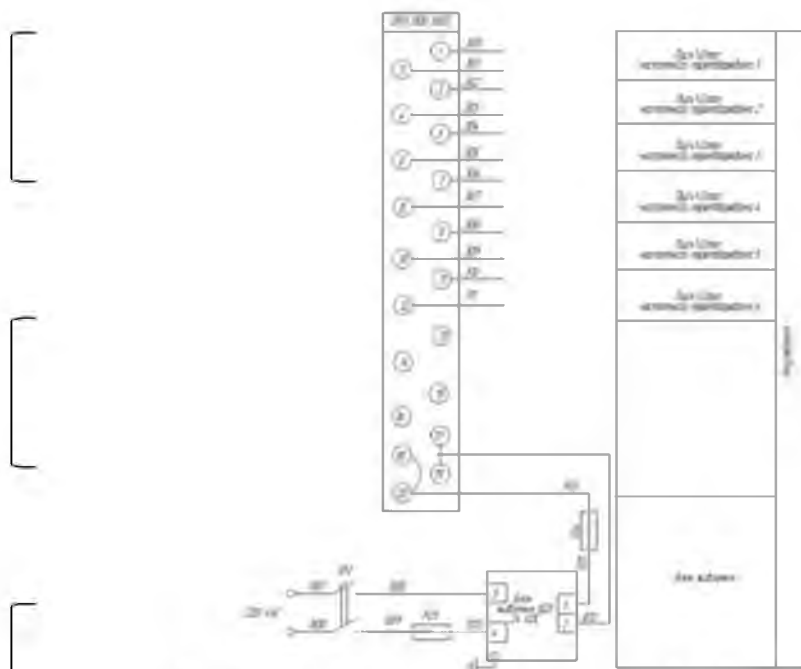


Рис. 4.4. Підключення частотних перетворювачів до модуля дискретних виходів

Вторинний пристрій для конвертації температури (16) з'єднаний з аналоговим модулем входів ВМХ АМІ 0800 через клеми 1 і 2. Після отримання даних від датчика температури аналоговим входом модуля ВМХ АМІ 0800, інформація передається на контролер ВМЕ Р58 2020. Залежно від отриманих даних та виконуваної програми, вихідний сигнал управління обробляється, реєструється та генерується, після чого передається на перший модуль аналогового виводу ВМХ АМО 0802. До нього підключений електропневматичний пристрій для конвертації (1в) через клеми СО і СОМ0. Цей пристрій керує пневматичним клапаном (1г), який регулює подачу холодної води в зону охолодження блоку пастеризації.

Вторинний пристрій для перетворення температури ТТ (26) підключений до модуля аналогових входів ВМХ АМІ 0800 за допомогою 4 і 5 клем. Після отримання аналоговим входом модуля ВМХ АМІ 0800 даних від датчика температури, інформація передається на контролер ВМЕ Р58 2020. В залежності від отриманих даних та виконуваної програми, вона піддається обробці, реєстрації та використовується як додаткова інформація для системи автоматизації.

Вторинний пристрій для перетворення температури ТТ (3б) підключений до аналогового модуля вводу ВМХ АМІ 0800 через клемми 7 і 8. Після отримання аналоговим входом модуля ВМХ АМІ 0800 інформації від датчика температури, дані передаються на ВМЕ контролер Р58 2020. Залежно від отриманої інформації та програми, що виконується, вихідний сигнал управління обробляється, реєструється, генерується та подається на перший модуль аналогового виводу ВМХ АМО 0802. До цього модуля підключений електропневматичний пристрій для перетворення (3в) через клемми ІІ2 і СОМ2. Цей пристрій керує пневматичним клапаном (3г), який регулює подачу теплоносія в зону пастеризації блоку пастеризації.

Датчик рівня LT (4б) приєднаний до аналогового модуля вводу ВМХ АМІ 0800 за допомогою клем 10 і 11. Після отримання даних аналоговим входом модуля ВМХ АМІ 0800 від датчика рівня, інформація передається на контролер ВМЕ Р58 2020. Залежно від отриманої інформації та програми, вихідний сигнал управління обробляється, реєструється, генерується та передається на другий аналоговий модуль виводу ВМХ АМО 0802. На його клеммах ІІ0 і СОМ0 та на терміналах 1 і 2 модуля дискретних виходів ВМХ DDO 1602 підключений пристрій для перетворення частоти (4в), який керує двигуном насоса М1.

Датчик рівня LT (5б) приєднаний до аналогового модуля вводу ВМХ АМІ 0800 за допомогою клем 15 і 16. Після отримання даних аналоговим входом модуля ВМХ АМІ 0800 від датчика рівня, інформація передається на контролер ВМЕ Р58 2020. Залежно від отриманої інформації та програми, вихідний сигнал управління обробляється, реєструється, генерується та передається на другий аналоговий модуль виводу ВМХ АМО 0802. На його клеммах ІІ1 та СОМ1, а також на терміналах 3 і 4 модуля дискретних виходів ВМХ DDO 1602 підключений пристрій для перетворення частоти (5в), який керує двигуном насоса М2.

Датчик витрати FT (6б) приєднаний до другого аналогового модуля входів ВМХ АМІ 0800 за допомогою клем 18 і 19. Після отримання даних аналоговим входом модуля

ВМХ АМІ 0800 від датчика витрати, інформація передається на контролер ВМХ Р34 2010. Залежно від отриманої інформації та програми, вихідний сигнал управління обробляється, реєструється, генерується та передається на перший аналоговий модуль виводу ВМХ АМО 0802. До нього підключений електропневматичний пристрій для перетворення (6в) через клеми П2 та СОМ2. Цей пристрій керує пневматичним клапаном (6г), який регулює подачу молока до блоку пастеризації.

Датчик витрати FT (7б) приєднаний до другого аналогового модуля виходів ВМХ АМІ 0800 за допомогою клем 21 і 22. Після отримання даних аналоговим входом модуля ВМХ АМІ 0800 від датчика витрати, інформація передається до контролера ВМХ Р34 2010. Залежно від отриманої інформації та програми, вихідний сигнал управління обробляється, реєструється, генерується та передається на перший аналоговий модуль виводу ВМХ АМО 0802. До нього підключений електропневматичний пристрій для перетворення (7в) через клеми П3 і СОМ3. Цей пристрій керує пневматичним клапаном (7г), який регулює видалення вершків для подальшої обробки.

Перетворювач частоти (9а) приєднаний до другого аналогового модуля виходів ВМХ АМО 0802 за допомогою клем П2 і СОМ2, а також до модуля цифрових виходів ВМХ DDO 1602 за допомогою терміналів 9 і 10. Він управляє двигуном насоса (М3).

Перетворювач частоти (8а) приєднаний до другого аналогового модуля виходів ВМХ АМО 0802 за допомогою клем П3 і СОМ3, а також до модуля цифрових виходів ВМХ DDO 1602 за допомогою терміналів 11 і 12. Він управляє двигуном насоса (М4).

Перетворювач частоти (10а) приєднаний до другого аналогового модуля виходів ВМХ АМО 0802 за допомогою клем П4 і СОМ4, а також до модуля цифрових виходів ВМХ DDO 1602 за допомогою терміналів 13 і 14. Він управляє двигуном насоса (М5).

Перетворювач частоти (11а) приєднаний до другого аналогового модуля виходів ВМХ АМО 0802 за допомогою клем П5 і СОМ5, а також до модуля дискретних виходів ВМХ DDO 1602 за допомогою терміналів 15 і 16. Він управляє двигуном сепаратора (М6).

Дискретний клапан (126) керується електропневматичним перетворювачем (12а), який приєднаний до першого аналогового модуля виходів на ВМХ АМО 0802 через клеми I4 і COM4.

4.3 Розширені схеми підключення для окремих контурів

Розширений контур контролю та регулювання температури наведено на рис. 4.5:

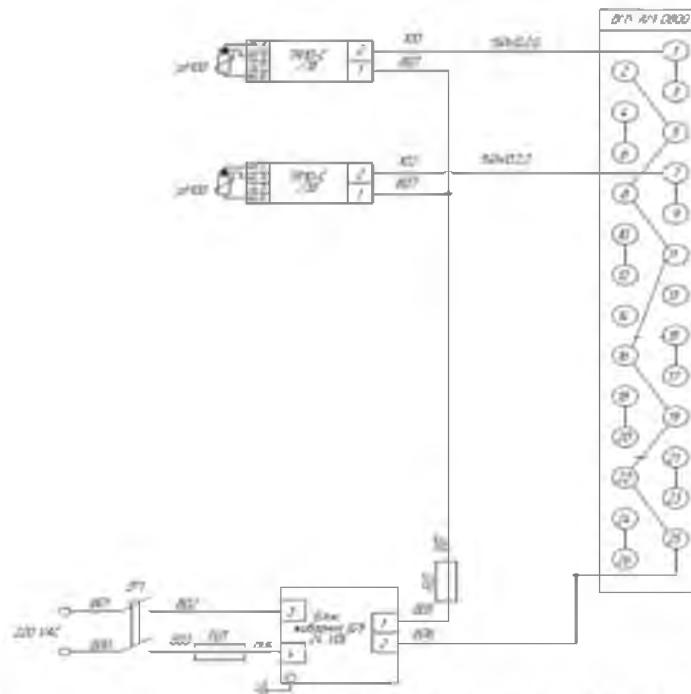


Рис. 4.5. Підключення датчиків температури до модуля аналогових входів.

На рис. 4.6 наведена схема підключення ЕП до модуля аналогових виходів, на рис.

4.7 – графічне зображення підключення засобів автоматизації контуру контролю та регулювання температури.

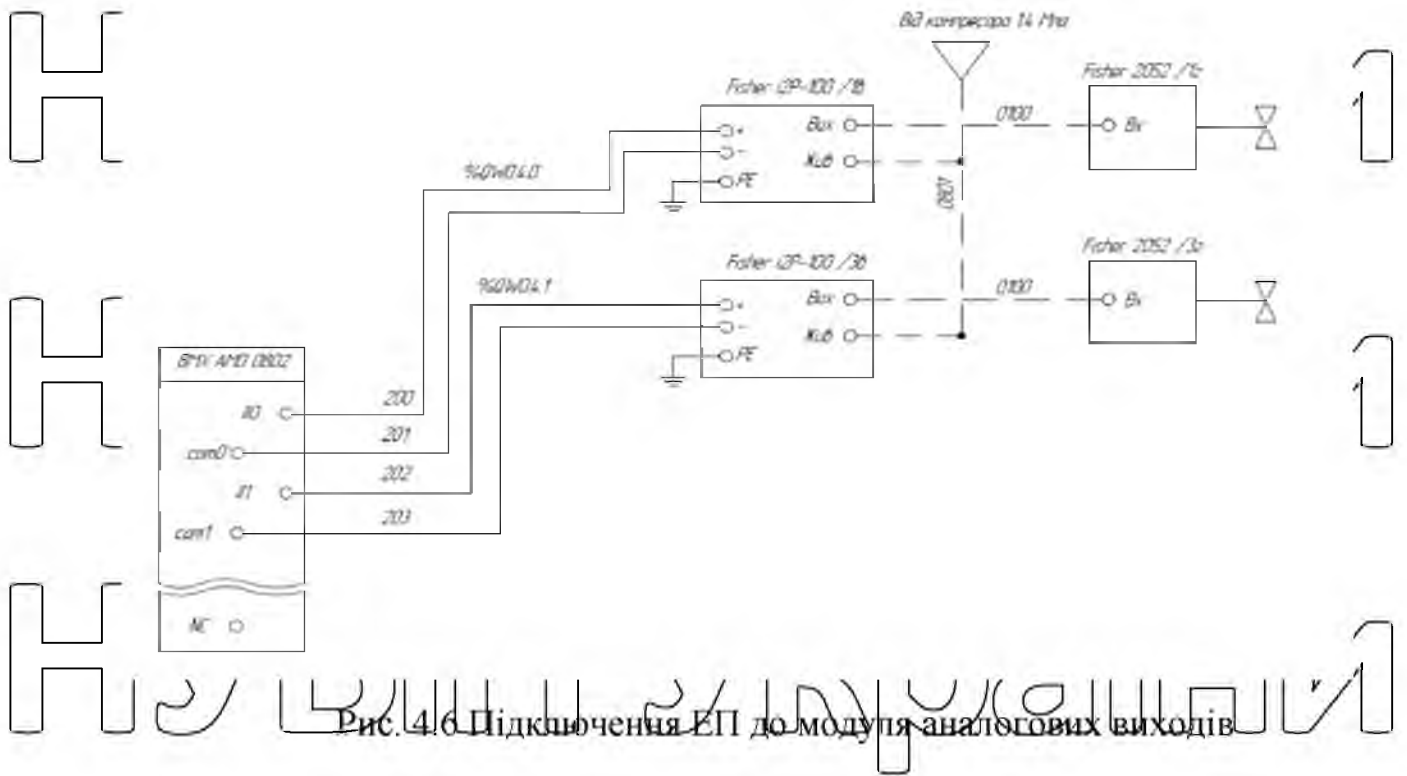


Рис. 4.6 Підключення ЕП до модуля аналогових виходів

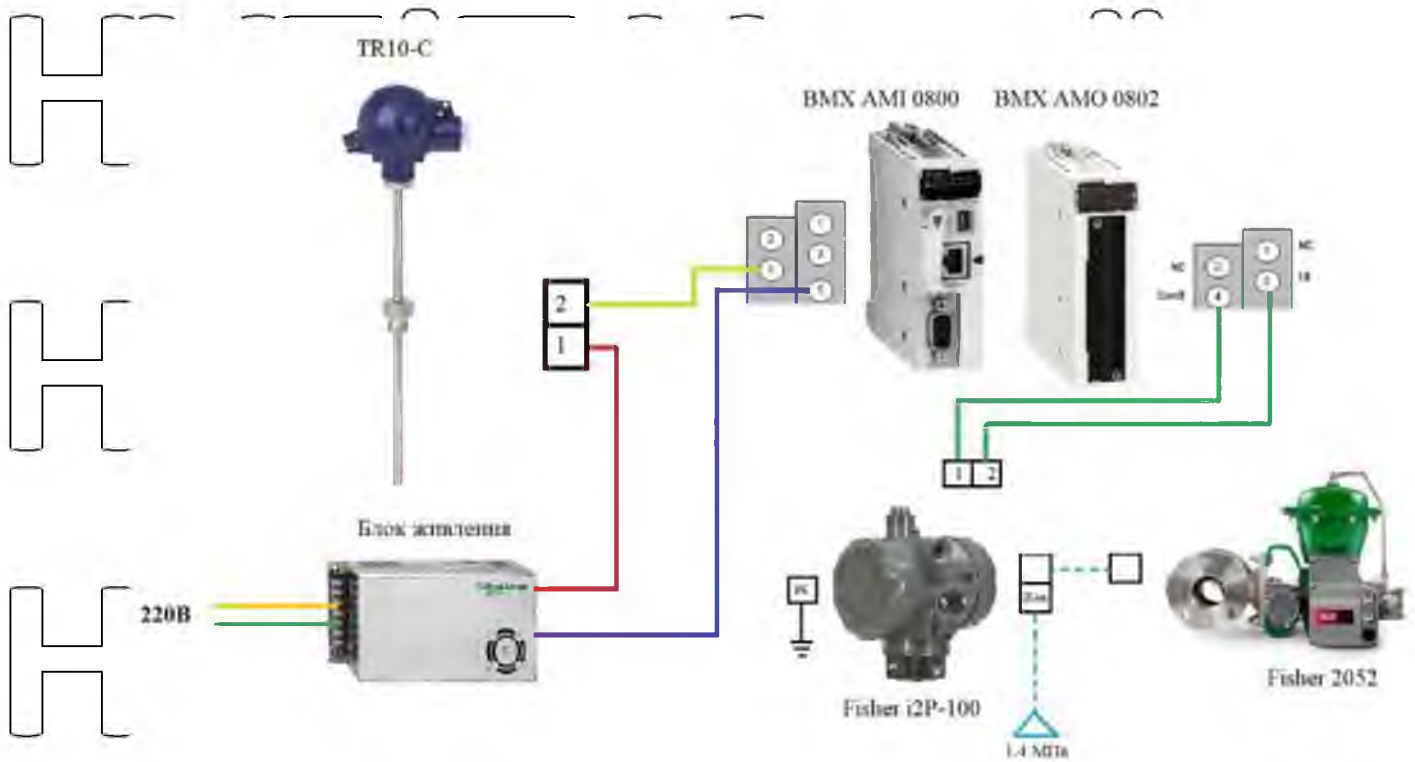


Рис. 4.7. Графічне зображення підключення засобів автоматизації контуру контролю та регулювання температури

Перетворювач температури ТТ (1б) приєднаний до модуля аналогових входів ВМХ АМІ 0800 за допомогою клем 1 і 2. Після отримання аналогового сигналу від датчика температури, модуль ВМХ АМІ 0800 передає цю інформацію на контролер ВМЕ Р58 2020. Залежно від отриманої інформації та програми, яка написана, контролер обробляє сигнал управління, реєструє його та генерує передачу на перший модуль аналогового виводу ВМХ АМО 0802. Там електропневматичний перетворювач (1в) приєднаний до клем П0 і СОМ0. Цей перетворювач керує пневматичним клапаном (1г), який регулює подачу холодної води до зони охолодження блоку пастеризації.

Вторинний перетворювач температури ТТ (3б) підключений до модуля аналогового входу ВМХ АМІ 0800 за допомогою клем 7 і 8. Після отримання аналогового сигналу від датчика температури, модуль ВМХ АМІ 0800 передає цю інформацію на контролер ВМЕ Р58 2020. Залежно від отриманої інформації та програми, яка написана, контролер обробляє сигнал управління, реєструє його та генерує передачу на перший модуль аналогового виводу ВМХ АМО 0802. Там електропневматичний перетворювач (3в) приєднаний до клем П2 і СОМ2. Цей перетворювач керує пневматичним клапаном (3г), який регулює подачу теплоносія до зони пастеризації блоку пастеризації.

Розширений контур контролю та регулювання рівня наведено на рис. 4.8.

НУБІП України

НУБ

НУБ

НУБ

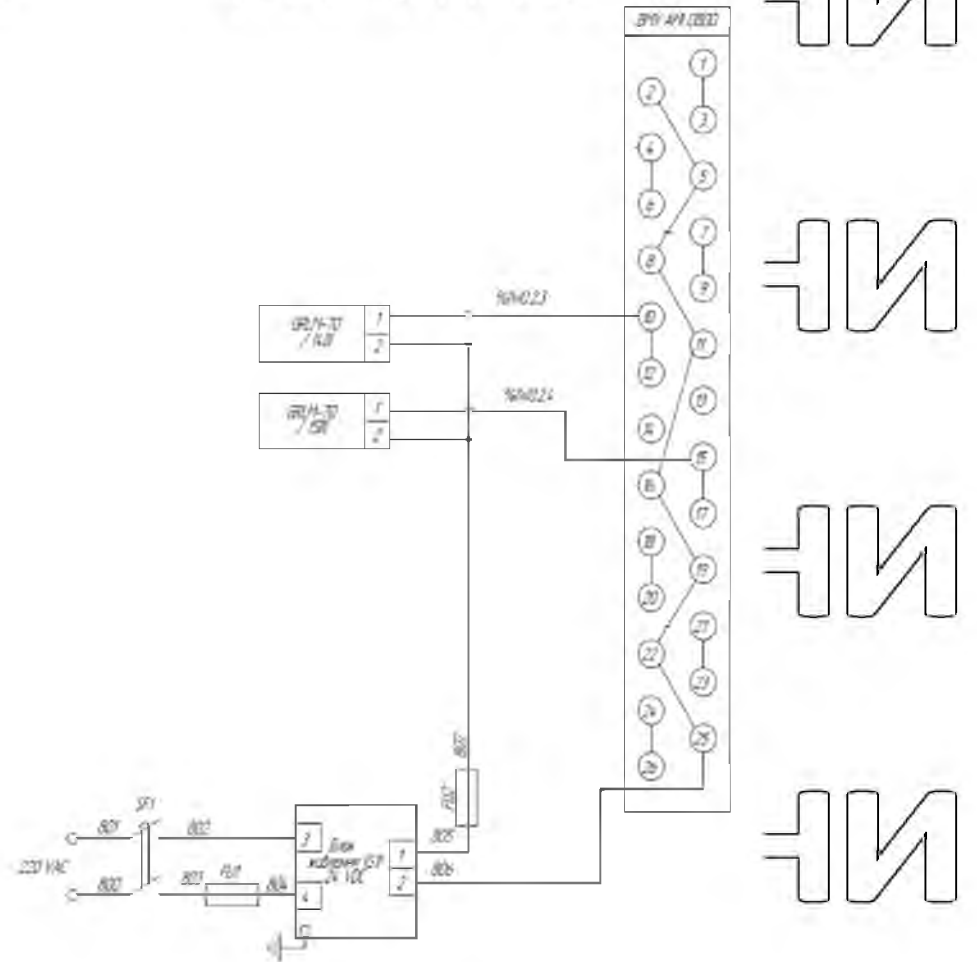


Рис. 4.8. Підключення датчиків рівня до модулів аналогових входів

На рис. 4.9 наведено схему підключення частотних перетворювачів до другого модуля аналогових виходів, на рис. 4.10 – графічне зображення підключення засобів автоматизації контуру контролю та регулювання рівня.

НУБІП України

НУБІП України

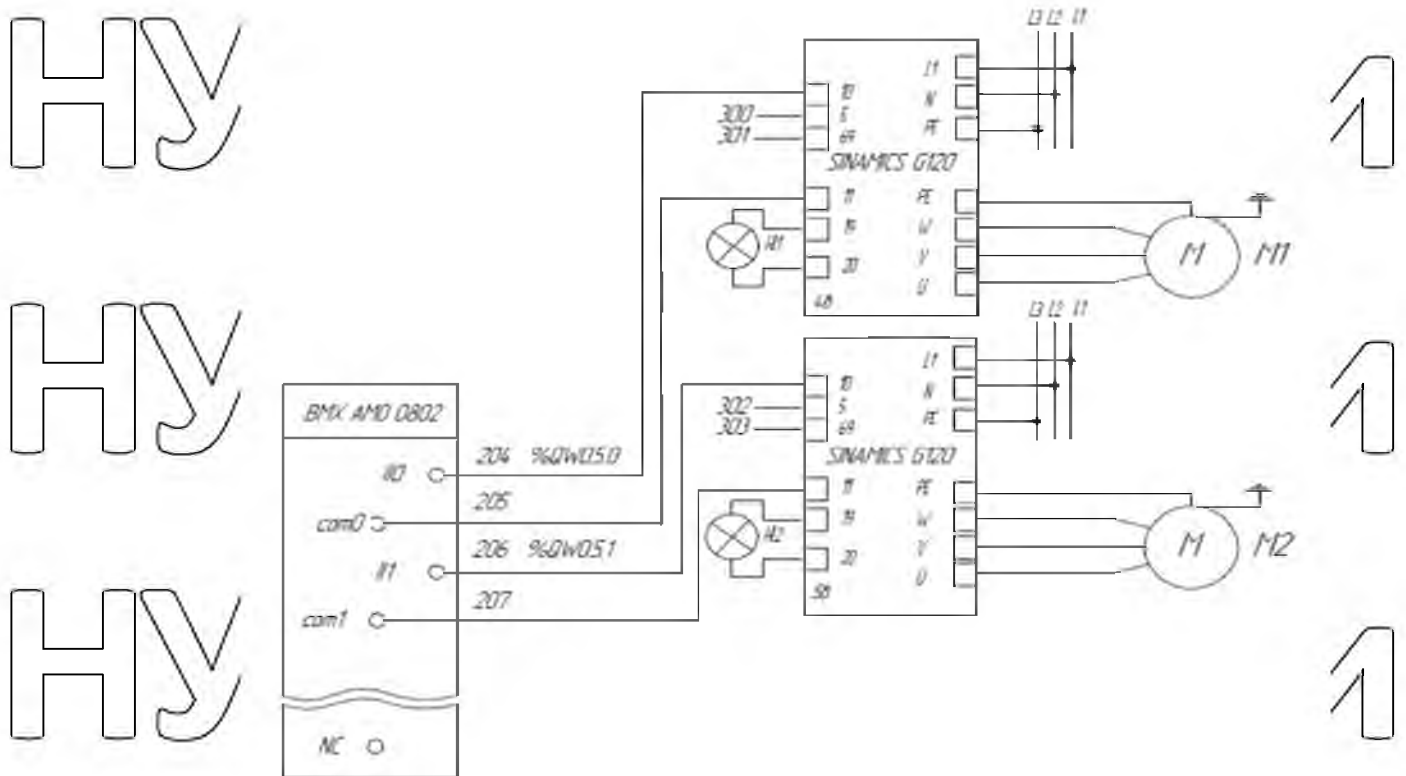


Рис. 4.9. Підключення частотних перетворювачів до другого модуля аналогових

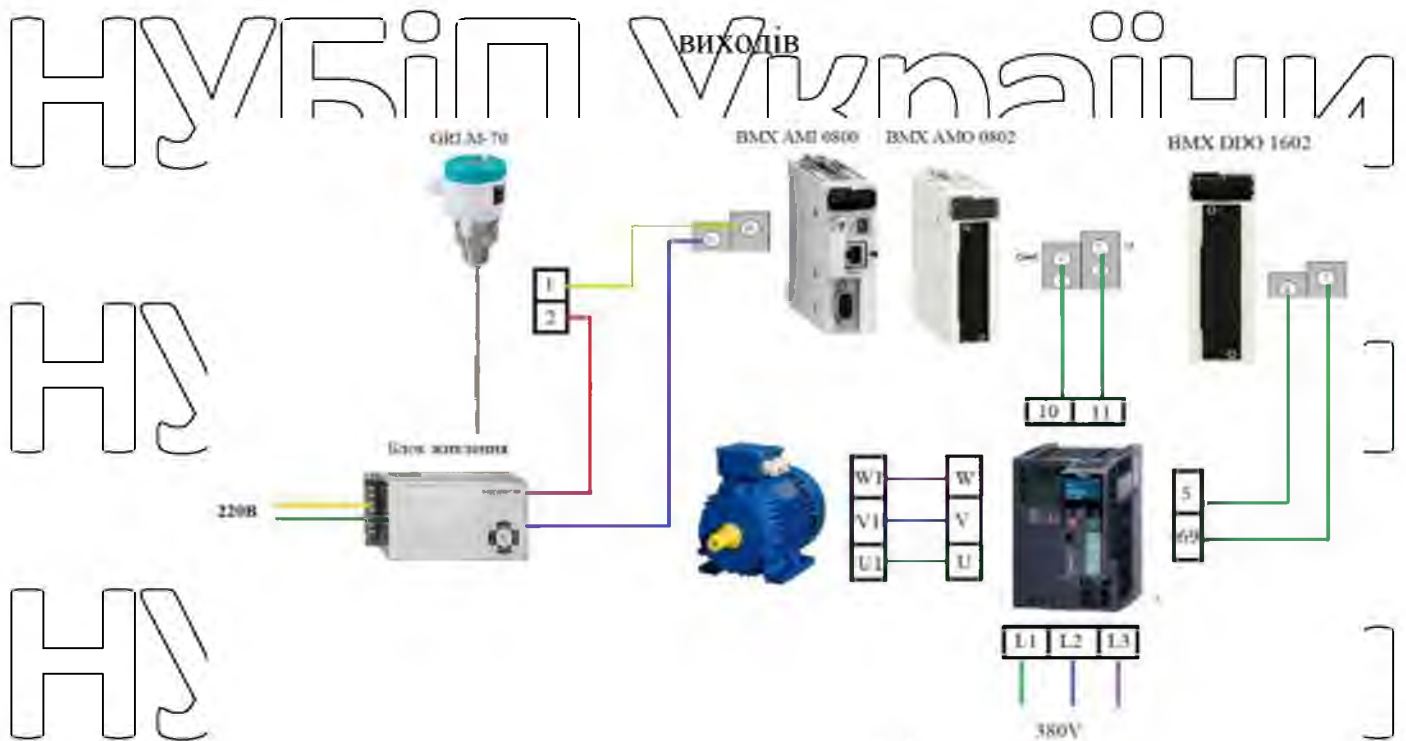


Рис. 4.10. Графічне зображення підключення засобів автоматизації контуру контролю та регулювання рівня.

НУБІП України

Датчик рівня LT (46) приєднаний до модуля аналогового входу BMX AMI 0800 за допомогою клем 10 і 11. Після отримання аналогового сигналу від датчика рівня, модуль BMX AMI 0800 передає цю інформацію на контролер BME P58 2020. Залежно від отриманої інформації та програми, яка написана, контролер обробляє сигнал управління, реєструє його та генерує передачу на другий аналоговий модуль виводу BMX AMO 0802. Там, на клемі П0 і COM0, а також до модуля дискретних виходів BMX DDO 1602 на терміналах 1 і 2, підключений перетворювач частоти (4в), який керує двигуном насоса М1.

Датчик рівня LT (56) приєднаний до модуля аналогового входу BMX AMI 0800 за допомогою клем 15 і 16. Після отримання аналогового сигналу від датчика рівня, модуль BMX AMI 0800 передає цю інформацію на контролер BME P58 2020. Залежно від отриманої інформації та програми, яка написана, контролер обробляє сигнал управління, реєструє його та генерує передачу на другий аналоговий модуль виводу BMX AMO 0802. Там, на терміналах П1 і COM1, а також до модуля дискретних виходів BMX DDO 1602 на терміналах 3 і 4, підключений перетворювач частоти (5в), який керує двигуном насоса М2.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 5.

СИСТЕМА ПРОГНОЗУВАННЯ ЯКОСТІ ПАСТЕРИЗАЦІЇ МОЛОКА НА ОСНОВІ НЕЙРОМЕРЕЖІ

5.1. Підхід щодо прогнозування якості молока за допомогою штучного інтелекту

Останні роки приносять значний прогрес у науці та техніці, що призводить до постійного вдосконалення та розвитку виробничих ліній на заводах. Інвестування в сучасне обладнання стає невід'ємною частиною цього процесу, спрямованого на покращення виробничого процесу. На розумних фабриках виробничі лінії працюють у синхронному режимі з ланцюгом постачання матеріалів, що дозволяє оцінювати якість постачання та контролювати якість продукції. Це призводить до підвищення продуктивності, зниження витрат та визволяє людський ресурс.

Але не всі підприємства можуть несподівано інвестувати в сучасні машини та обладнання для розширення виробничих можливостей протягом короткого періоду, особливо це стосується малих і середніх підприємств. Для модернізації існуючих виробничих ліній часто потрібні великі витрати і час. Використання технологій у виробничому процесі з використанням існуючого обладнання, без його заміни, завжди викликає інтерес серед дослідників. З розвитком науки набуває потужного росту штучний інтелект та глибоке навчання. У 1943 році МакКаллох і Пітс представили просту модель біологічного нейрона, яка зараз широко відома як ШН. Ця модель була розроблена, вдосконалена та успішно впроваджена в різних сферах досліджень, виробництва та повсякденного життя.

У даному дослідженні ми запропонували використання багаточарового персептрона (MLP), конкретно прямого ШНМ, для прогнозування якості процесу пастеризації молока. Ми використали набір даних, отриманих з реального заводу в Кореї, який наданий через Корейську виробничу платформу ШІ. За допомогою підходу

MLP ми отримали точність прогнозу на рівні 97,83%, в той час як підхід на основі дерева рішень показав точність на рівні 92,90%.

Більше того, на основі навченої моделі ми розробили систему, яка гнучко прогнозує якість процесу пастеризації з різними вхідними параметрами. Зокрема, ця система має за мету допомогти оператору контролювати температуру пастеризатора для досягнення найвищої якості продукту.

Перцептрон – це алгоритм, який був винайдений Розенблатом і представлений у 1958 році. Він використовується для контрольованого навчання бінарних класифікаторів з метою визначення, чи належить вхід, представлений серією векторів, до певного класу.

Перцептрон складається з вхідних значень, ваг, зваженої суми, крокової функції та виходу. На рис. 5.1 показано приклад сприйняття з трьома вхідними параметрами.

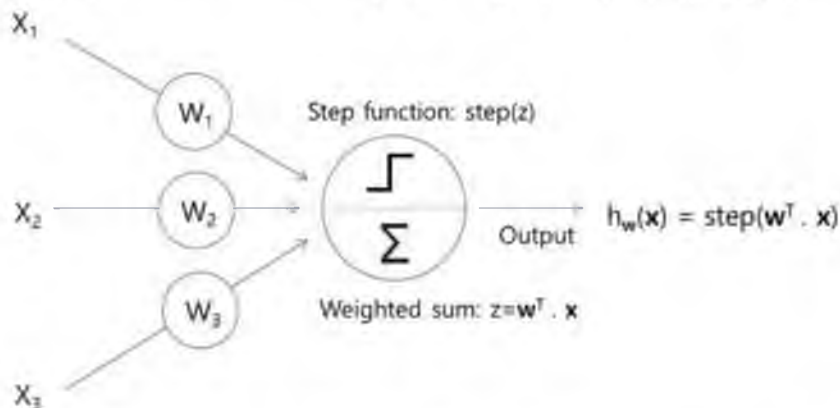


Рис. 5.1. Перцептрон.

Багатошаровий перцептрон (MLP), який належить до класу прямої ШНМ, складається з численних перцептронів та включає один вхідний шар, один чи кілька прихованих шарів та один вихідний шар (рис.5.2). У MLP кожен рівень повністю зв'язаний з наступним.

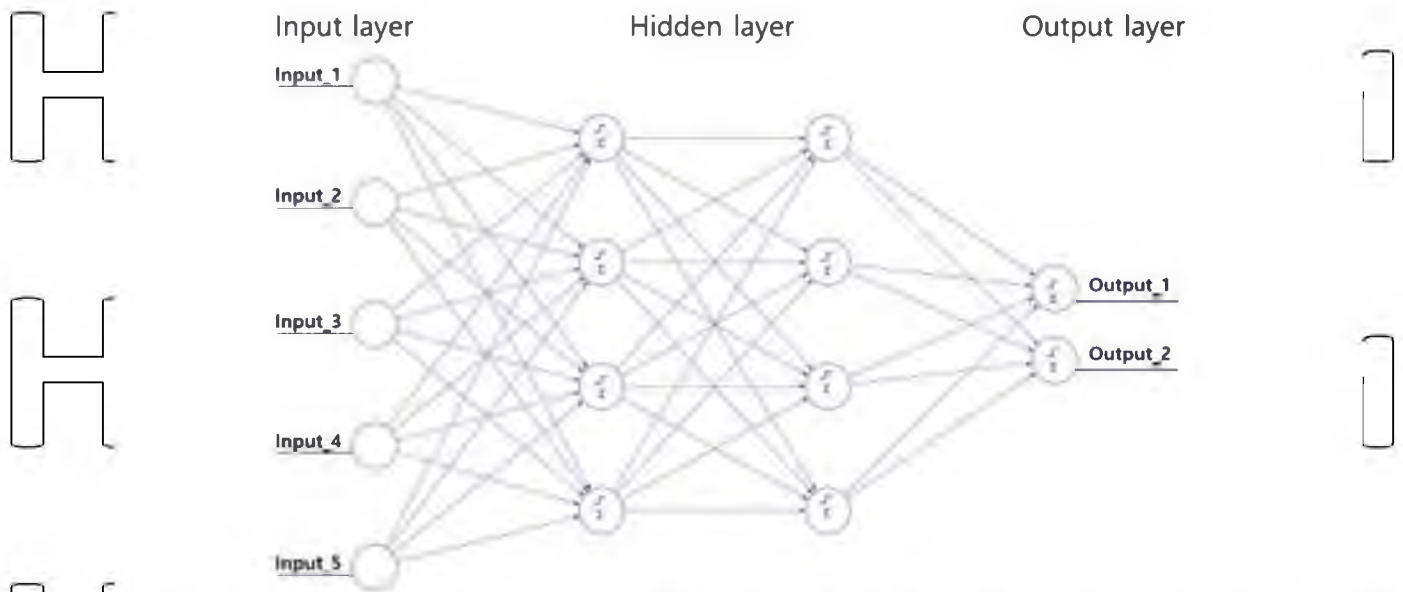


Рис. 5.2. Багатошаровий перцептрон шару, крім вихідного шару.

У цьому контексті, кожен вузол є нейроном, який використовує функцію активації для генерації виходу, за винятком вхідних вузлів.

Прогнозування якості процесу пастеризації молока важливе для забезпечення ефективного усунення організмів і ферментів, які можуть сприяти псуванню продукту або викликати ризик захворювання. Під час пастеризації, коли температура регулюється, може бути різниця в часі, необхідному для того, щоб зміни температури вплинули на всю рідину, особливо зі старими пастеризаторами, які не мають точного датчика температури. Це може ускладнити підтримку необхідної температури.

Отже, працівники повинні уважно контролювати температуру пастеризатора та регулювати її відповідно. Процес регулювання температури пастеризатора часто ґрунтується на досвіді та інтуїції працівника, що може впливати на якість продукту. Щоб подолати ці обмеження, ми використовуємо модель MLP для прогнозування якості пастеризаційного процесу.

На рис. 5.3 наведено методологію прогнозування якості пастеризації молока за допомогою моделі MLP. На цьому зображенні необроблені дані, зібрані з машини А

(M1) та машини B (M2) масштабуються, а потім передаються до моделі MLP за допомогою масштабування даних і модулю трансформації. Далі ми перетворимо етикетки якості пастеризованого молока в вектори за допомогою модулю one-hot-encoding, та подаємо їх у модель як вихід. Під час фази навчання вагові коефіцієнти та зміщення в моделі MLP будуть оптимізовані протягом епох для передбачення правильного вихідного значення. Найкращі параметри будуть використані на етапі прогнозування.

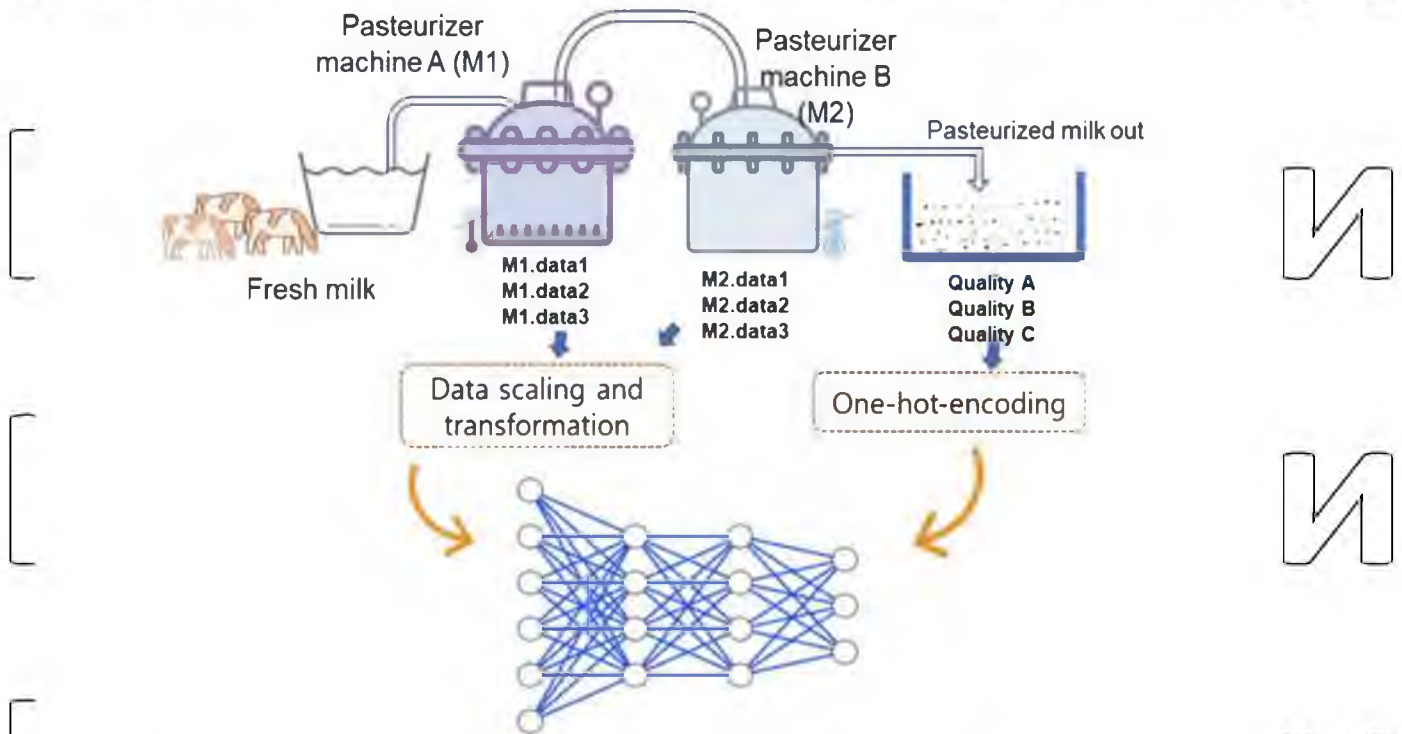


Рис. 5.3. Прогнозування якості пастеризації молока за допомогою MLP.

Для оцінки прогнозованих значень ми використовуємо функцію середньоквадратичної помилки (MSE) наступним чином. У цьому рівнянні прогнозоване значення (\hat{Y}_t) порівнюється з вихідним значенням (Y_t). Потім ми ділимо його суму на загальну кількість зразків, щоб отримати значення MSE.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2$$

В розділі "Результати експерименту" ми використовуємо наш метод з набором даних Sterilizer AI, який був наданий через Korea AI Manufacturing Platform. Загальна інформація про цей набір даних наведена в таблиці 1. У цьому наборі даних є дві пастеризатори - MixA та MixB (табл. 5.1). Кожна з них має інформацію про свою температуру (TEMP) і стан (STATE). Останнє поле (INSP) в наборі даних описує якість кожного процесу пастеризації. Якість процесу визначається двома позначками: OK (гарзд) і NG (погано).

Таблиця 5.1

Опис набору даних

Поле	Тип даних	Макс.	Мін.	Кількість	Опис
STD_DT	Date time	3 Apr 2020	11 Nov 2020	210,794	Час процесу
MixA_TEMP	Float64	0	77.2	201,423	Температура машини А
MixB_TEMP	Float64	0	76.5	198,802	Температура машини В
MixA_STAT E	Boolean			11,135	Стан машини А
MixB_STAT E	Boolean			10,255	Стан машини Б
INSP	String			210,794	Мітка якості

З таблиці 5.1 видно, що різні поля мають відмінні значення підрахунку, що призводить до виникнення декількох пропусків у значеннях, коли датчики реєструють дані. Таким чином, перед тим як адаптувати їх до MLP, необхідно видалити записи, що

не містять повної інформації про машину А та машину В. Для створення та навчання MLP ми використовуємо бібліотеку з відкритим кодом Keras версії 2.4.3. Для оцінки точності навчання ми використовуємо вбудовану функцію в Keras (ділимо суму на кількість).

Після видалення неповних рядків з даними, ми розбиваємо набір на дві частини: $2/3$ для навчання і $1/3$ для тестування. Для кодування міток якості у вектори використовується функція one-hot-encoding. Потім навчальний набір вводиться у модель MLP, і ми отримуємо точність навчання моделі, як описано на (рис.5.4).

Зрозуміло, що навчання з цим набором даних було успішним. Точність швидко досягла понад 95% після приблизно 50 епох. Використовуючи навчену модель MLP, точність прогнозу для набору тестування склала 97,83%. У порівнянні, використовуючи алгоритм дерева рішень для цього набору даних, точність передбачення становить 92,90%. Автори в аналізі дерева рішень проаналізували необроблені дані, побудувавши правила прийняття рішень, спрямовані на основні змінні у вигляді деревоподібної структури, що можуть бути використані для поділу цільової змінної на категоричні та числові випадки.

З використанням навченої моделі MLP у розділі 4, ми створюємо систему рекомендацій для працівників, які працюють з пастеризаторами. Спочатку система аналізує стани M1 та/або M2. Потім генерує налаштування діапазону значень M1 та/або M2. На заключному етапі вона прогнозує якість процесу та рекомендує працівникам відкоригувати M1 та/або M2 (рис. 5.4-5.5).

Для того щоб сприяти працівникам, що управляють пастеризатором, з метою забезпечення високої якості, розроблено систему, яка використовує гнучку функцію введення для прогнозування якості пастеризації з різними значеннями температури машини та стану. Оператори АРМ можуть керувати машинами, керуючись цими рекомендаціями.

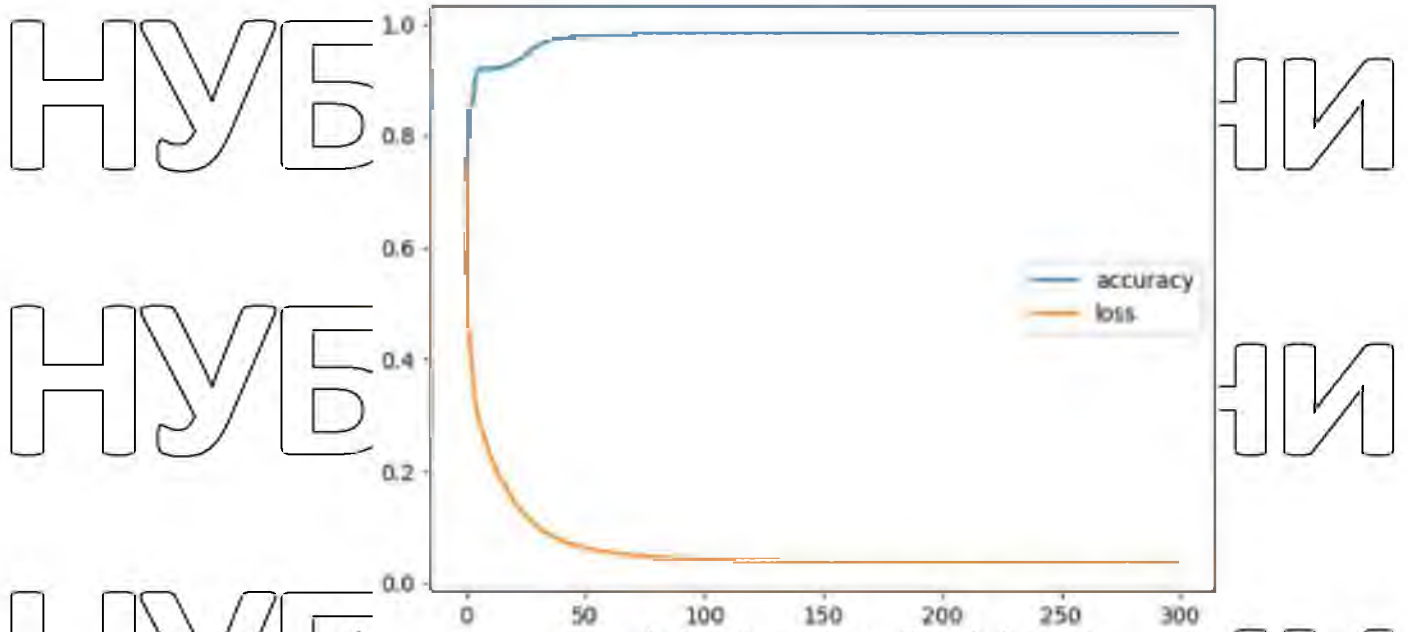


Рис. 5.4. Точність навчання на наборі даних

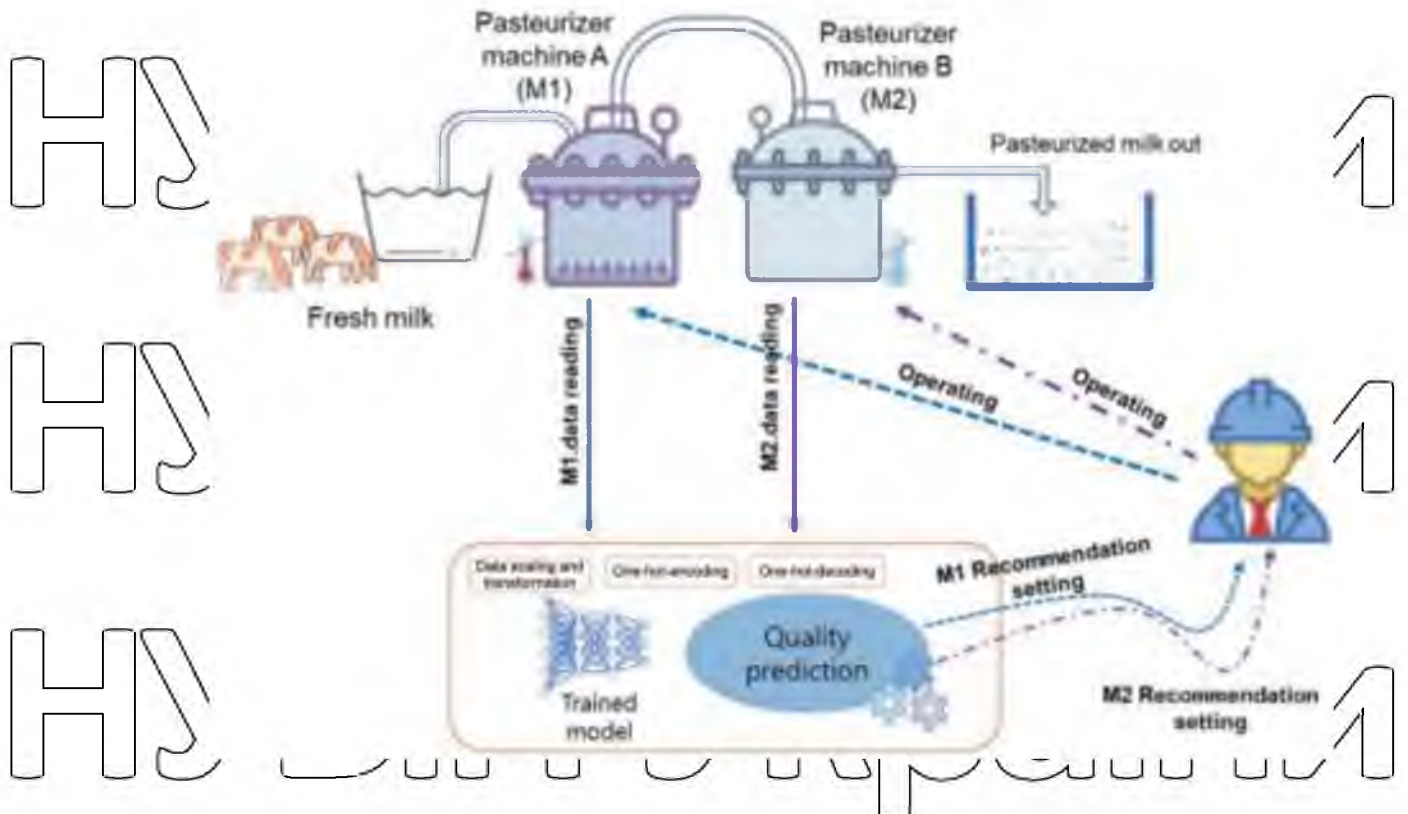


Рис. 5.5. Система рекомендацій щодо роботи пастеризатора молока

На рис. 5.6 представлений один ілюстративний результат налаштування

НУБІП України

рекомендацій для роботи машини. У цьому конкретному випадку, значення стану пастеризатора А становить 1, а значення стану пастеризатора В - 0. Різні маркери якості процесу передбачаються з різними температурами машини А та В (рис. 5.7).

Вихідний код, систему та відповідні ресурси для проведення експериментів можна завантажити за адресою <https://github.com/vuthithuhuyen/milk-pasteurization-prediction>



Рис. 5.6. Система прогнозування якості пастеризації молока

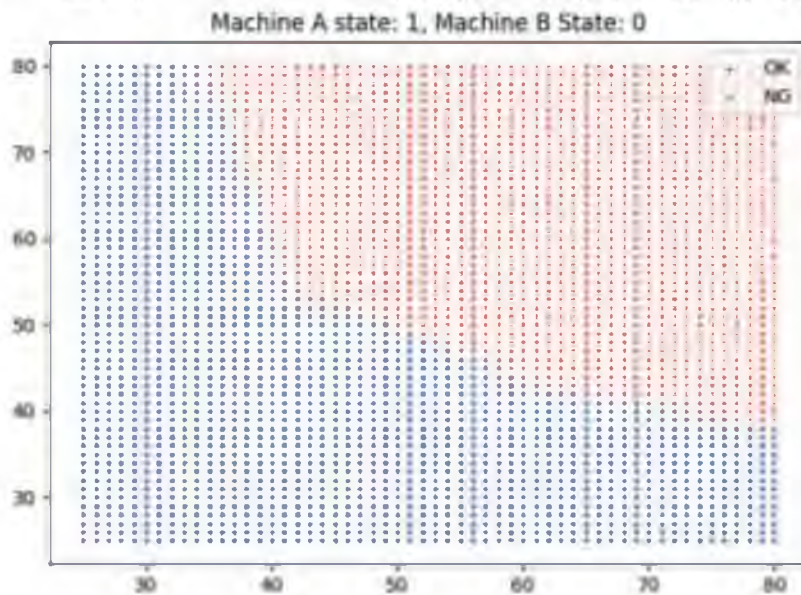


Рис. 5.7. Мітки якості передбачення з різними температурами машини

З використанням моделі МІР ми успішно реалізували систему для прогнозування якості процесу пастеризації молока. Застосовано реальний набір даних, і точність прогнозу склала 97,83%, що порівняно з 92,90% за допомогою алгоритму дерева рішень.

5.2 Програмне забезпечення системи прогнозування якості молока

Програма для роботи системи автоматизації розроблена в програмі Unity Pro (рис. 5.8) від Schneider Electric.



Рис. 5.8 Логотип програмного забезпечення Unity Pro

UNITY PRO – це комплексне програмне середовище для налаштування, програмування, налагодження та діагностики виконавчої системи промислових контролерів Modicon від Schneider Electric, зокрема Modicon M580 TSX Premium (включаючи Atrium) та Quantum. Воно відіграє ключову роль в інфраструктурі системи управління. UNITY PRO є результатом об'єднання та інтеграції двох попередніх програмних середовищ: PL7 PRO, що використовувалося для програмування контролерів TSX Micro та TSX Premium, і Концепції, яка використовувалася для програмування контролерів Modicon Momentum та Modicon Quantum.

Середовище UNITY PRO призначене для роботи з ПЛК, де функціонує операційна система UNITY (OS UNITY). Це означає, що програмування контролерів TSX Premium з операційною системою PL7 або Quantum з операційною системою Concept за допомогою UNITY PRO неможливе. Однак існують винятки, коли для деяких з цих ПЛК перед використанням UNITY PRO спочатку потрібно завантажити OS UNITY за допомогою OS Loader.

Важливо розрізнити поняття "середовище розробки UNITY PRO" та "виконавча система UNITY". Виконавча система UNITY - це програмне забезпечення, що працює на контролері. Вона базується на операційній системі UNITY (OS UNITY), яка вже встановлена ("прошита") в контролері. Навіть якщо ПЛК не запрограмований або знаходиться в режимі Stop (зупинено), операційна система UNITY все ще працює і надає можливість діагностики та взаємодії через комунікаційні порти вводу/виводу.

У режимі виконання (RUN), виконавча система виконує програму користувача (ПРК), яка є складовою частиною виконавчого проекту, розробленого в середовищі UNITY PRO. Іншими словами, основна мета UNITY PRO - створення виконавчого проекту, який працює на контролері. Важливо розуміти, що середовище UNITY PRO не бере участь у фактичному управлінні процесами, тому підключається до системи лише тоді, коли потрібно використати конкретну функціональність.

Основні можливості UNITY PRO включають:

- Конфігурація апаратної частини виконавчого проекту ПЛК.
- Налаштування апаратної частини розподіленої периферії, що є важливою частиною функціонального обладнання ПЛК (доступно тільки для певних засобів розподіленої периферії Schneider Electric).
- Створення виконавчих програм користувача (ПРК)
- Завантаження проекту в ПЛК.
 - Вивантаження та завантаження даних проекту (Upload Information).
 - Управління режимом роботи ПЛК: запуск, зупинка, ініціалізація.
- Налаштування програми в ПЛК: перегляд та зміна змінних, редагування

частини програми в режимі онлайн тощо.

- Діагностика роботи ПЛК.

- Моделювання роботи ПЛК для можливості створення виконавчого проекту без фактичного обладнання.

Алгоритм програми виглядає наступним чином:

- Натискання кнопки "ПУСК".

- Активація двигуна насосу 1 (M1).

- Якщо рівень молока у резервуарі перевищує або дорівнює заданому значенню, вимикається двигун 1 (M1) і активується регулятор рівня, який керує двигуном

2 (M2) і підтримує необхідний рівень молока у зрівняльному бачку.

- Як тільки рівень у зрівняльному бачку потрапляє у задані межі, активуються регулятори витрат FE1 і FE2, які регулюють пavidкість подачі молока у

пастеризаційну установку та відвід сливков на подальшу переробку із

сепаратора. Також вмикаються двигуни насосів M3, M4, M5, M6 на задані

потужності. Відкривається клапан 126, і вмикаються регулятори температури

TE1 і TE2, які регулюють подачу холодної та гарячої води у зони пастеризаційної установки.

- Якщо рівень у зрівняльному бачку впаде до нуля, це означає, що молоко для пастеризації закінчилося. Вимикаються всі двигуни та регулятори,

закриваються всі клапани, і програма завершує роботу або переходить на початок циклу виконання програми.

Блок-схема цього алгоритму наведена на (рис. 5.9).

НУ

НУ

НУ

НУ

НУ

НУ

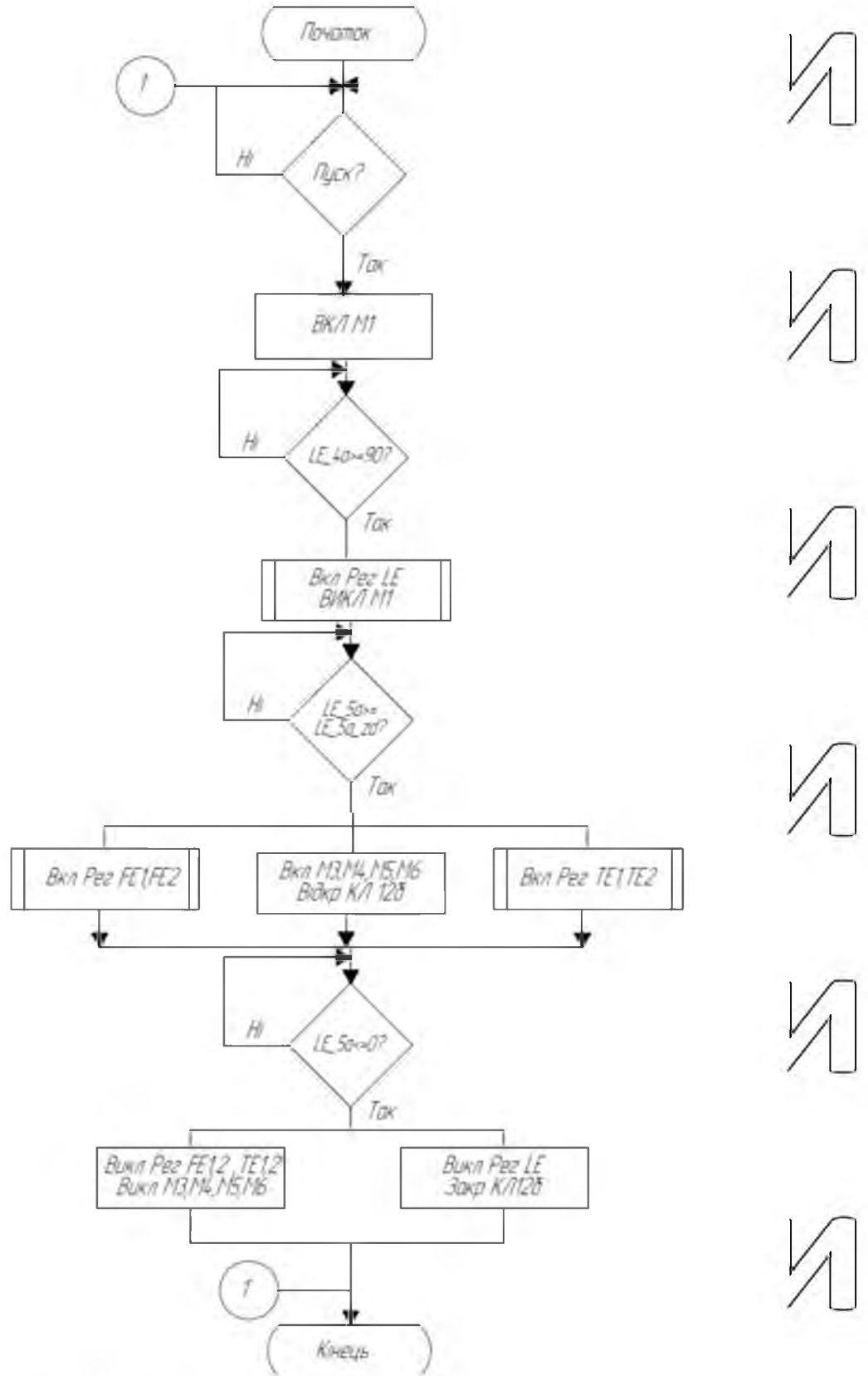


Рис 5.9. Схема алгоритму процесу пастеризації молока

НУБІП України

Фрагмент програми на мові ST наведено на 5.10.

Мова програмування стандарту IEC 61131-3, відома як Структурований текст (ST), призначена для розробки програмного забезпечення для промислових контролерів і операторських станцій. У порівнянні з іншими мовами програмування, ST найближчий за структурою та синтаксисом до мови Паскаль. Ця мова добре підходить для написання об'ємних програм та обробки аналогових сигналів та чисел з рухомою комою.

```

IF Pusk OR (restart AND Pusk) THEN
    M1:=3000.0;
    restart:=FALSE;
    Pusk:=FALSE;
    Step1:=TRUE;
END_IF;

IF Step1 AND LE_4a>=90.0 THEN
    Reg_Level:=TRUE;
    M1:=0.0;
    Step1:=FALSE;
    Step2:=TRUE;
END_IF;

IF Step2 AND LE_5a>=LE_5a_ZD THEN
    Reg_FE1:=TRUE;
    Reg_FE2:=TRUE;
    Reg_TE1:=TRUE;
    Reg_TE2:=TRUE;
    M3:=1500.0;
    M4:=1000.0;
    M5:=1800.0;
    M6:=2000.0;
    KL_12b:=100.0;
    Step2:=FALSE;
    Step3:=TRUE;
END_IF;

IF Step3 AND LE_5a<=0.0 THEN
    Reg_Level:=FALSE;
    Reg_FE1:=FALSE;
    Reg_FE2:=FALSE;
    Reg_TE1:=FALSE;
    Reg_TE2:=FALSE;
    M1:=0.0;
    M2:=0.0;
    M3:=0.0;
    M4:=0.0;
    M5:=0.0;
    M6:=0.0;
    KL_12b:=0.0;
    Step3:=FALSE;
    restart:=TRUE;
END_IF;

IF Stop THEN
    Reg_Level:=FALSE;
    Reg_FE1:=FALSE;
    Reg_FE2:=FALSE;
    Reg_TE1:=FALSE;
    Reg_TE2:=FALSE;
    M1:=0.0;
    M2:=0.0;
    M3:=0.0;
    M4:=0.0;
    M5:=0.0;
    M6:=0.0;
    KL_1g:=0.0;
    KL_3g:=0.0;
    KL_6g:=0.0;
    KL_7g:=0.0;
    KL_12b:=0.0;
    Step1:=FALSE;
    Step2:=FALSE;
    Step3:=FALSE;
    restart:=TRUE;
END_IF;

```

Рис. 5.10. Фрагменти програми на мові ST

Блоки регуляторів на мові FBD наведені на рис.5.11, таблиця змінних – на рис. 5.12.

Мова FBD (Function Block Diagram) є графічною мовою програмування, що відповідає міжнародному стандарту IEC 61131-3. Програма складається з ланцюгів, які виконуються послідовно, від верху до низу. Ланцюги можуть мати ярлики, а інструкція переходу за міткою дозволяє змінювати послідовність схем для умов програмування та циклів.

У програмі присутні наступні входи:

"EN" - підключений до змінної, що запускає блок контролера.

"PV" - вказує поточне значення регульованого параметра.

"SP" - встановлене значення параметра.

"Man_Auto" - визначає режим роботи (автоматичний/ручний) з двома можливими значеннями: 1/0 або TRUE/FALSE.

"PARA" - блок керування налаштуваннями.

Також присутній вхід і вихід "OUT" (також відомий як In-Out), який представляє собою значення, що регулюється (наприклад, відсоток відкриття клапана або частота обертання двигуна).

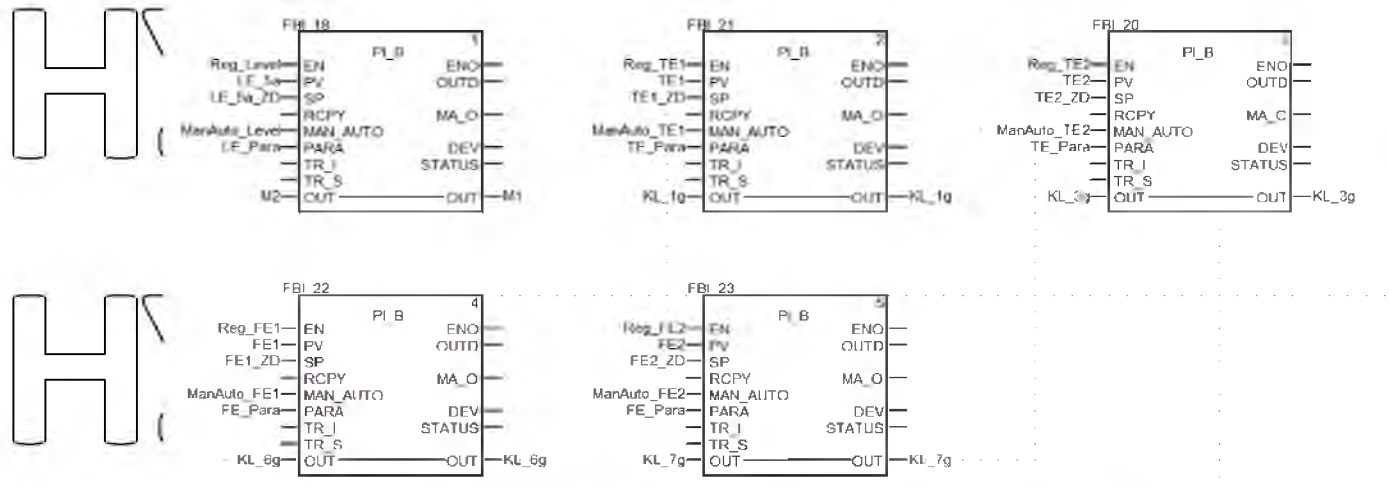


Рис. 5.11. Блоки регуляторів на мові FBD

Змінні, що використовуються у програмі:

Name	Type	A...	V...	Comment
FE1	REAL			Значення витрати 1 (шкальоване значення)
FE1_IN	INT	%IW0.2.2		Значення витрати 1 (не шкальоване значення)
FE1_ZD	REAL			Задане значення витрати 1
FE2	REAL			Значення витрати 2 (шкальоване значення)
FE2_IN	INT	%IW0.2.3		Значення витрати 2 (не шкальоване значення)
FE2_ZD	REAL			Задане значення витрати 2
FE_Para	Para_PI_B			Настройки регуляторів витрати
fe_scal_para	Para_SCALING			Настройки блоку шкалювання витрати
KL_1g	REAL			Значення клапану 1г (шкальоване значення)
KL_1g_0	INT			Значення клапану 1г (не шкальоване значення)
KL_3g	REAL			Значення клапану 3г (шкальоване значення)
KL_3g_0	INT			Значення клапану 3г (не шкальоване значення)
KL_6g	REAL			Значення клапану 6г (шкальоване значення)
KL_6g_0	INT			Значення клапану 6г (не шкальоване значення)
KL_7g	REAL			Значення клапану 7г (шкальоване значення)
KL_7g_0	INT			Значення клапану 7г (не шкальоване значення)
KL_12b	REAL			Значення клапану 12б (шкальоване значення)
KL_12b_0	INT			Значення клапану 12б (не шкальоване значення)
LE_4a	REAL			Значення рівня 1 (шкальоване значення)
LE_4a_IN	INT	%IW0.3.0		Значення рівня 1 (не шкальоване значення)
LE_5a	REAL			Значення рівня 2 (шкальоване значення)
LE_5a_IN	INT	%IW0.3.0		Значення рівня 1 (не шкальоване значення)
LE_5a_ZD	REAL			Задане значення рівня 2
LE_Para	Para_PI_B			Настройки регулятора рівня
level_scal_p	Para_SCALING			Настройки блоку шкалювання рівня
M1	REAL			Значення обертів двигуна M1 (шкальоване значення)
M1_0	INT			Значення обертів двигуна M1 (не шкальоване значення)
M2	REAL			Значення обертів двигуна M2 (шкальоване значення)
M2_0	INT			Значення обертів двигуна M2 (не шкальоване значення)
M3	REAL			Значення обертів двигуна M3 (шкальоване значення)
M3_0	INT			Значення обертів двигуна M3 (не шкальоване значення)
M4	REAL			Значення обертів двигуна M4 (шкальоване значення)
M4_0	INT			Значення обертів двигуна M4 (не шкальоване значення)
M5	REAL			Значення обертів двигуна M5 (шкальоване значення)
M5_0	INT			Значення обертів двигуна M5 (не шкальоване значення)
M6	REAL			Значення обертів двигуна M6 (шкальоване значення)
M6_0	INT			Значення обертів двигуна M6 (не шкальоване значення)
ManAuto_FE1	BOOL			Ручний/автоматичний режим регулятора витрати 1
ManAuto_FE2	BOOL			Ручний/автоматичний режим регулятора витрати 2
ManAuto_Le...	BOOL			Ручний/автоматичний режим регулятора рівня 1
ManAuto_TE1	BOOL			Ручний/автоматичний режим регулятора температури 1
ManAuto_TE2	BOOL			Ручний/автоматичний режим регулятора температури 2
Pushk	BOOL			Кнопка ПУСК

Рис. 5 (2). Таблиця змінних (1)

● Pusk_0	BOOL		Кнопка ПУСК
● Reg_FE1	BOOL		Змінна запуску регулятора витрати 1
● Reg_FE2	BOOL		Змінна запуску регулятора витрати 2
● Reg_Level	BOOL		Змінна запуску регулятора рівня 1
● Reg_TE1	BOOL		Змінна запуску регулятора температури 1
● Reg_TE2	BOOL		Змінна запуску регулятора температури 2
● restart	BOOL		Змінна перезапуску циклу
● Step1	BOOL		Внутрішня змінна-крок
● Step2	BOOL		Внутрішня змінна-крок
● Step3	BOOL		Внутрішня змінна-крок
● Stop	BOOL		Кнопка СТОП
● Stop_0	BOOL		Кнопка СТОП
● TE1	REAL		Значення температури 1 (шкальоване значення)
● TE1_IN	INT	%IW0.2.0	Значення температури 1 (не шкальоване значення)
● TE1_ZD	REAL		Задане значення температури 1
● TE2	REAL		Значення температури 2 (шкальоване значення)
● TE2_IN	INT	%IW0.2.1	Значення температури 2 (не шкальоване значення)
● TE2_ZD	REAL		Задане значення температури 2
● TE3	REAL		Значення температури 3 (шкальоване значення)
● TE3_IN	INT	%IW0.3.0	Значення температури 3 (не шкальоване значення)
+ ● TE_Para	Para_PI_B		Налаштування регуляторів температури
+ ● temp_scal_p_	Para_SCALING		Налаштування блоку шкалювання температури

Рис. 5.12. Таблиця змінних (2 - продовження)

Шкалювання змінних:

Вхід "IN" (за допомогою блоків Int_to_Real) приймає сигнал від датчиків у діапазоні від 0 до 10000. На виході "OUT" (за допомогою блоку Масштабування) отримуємо значення параметра, яке було масштабоване відповідно до налаштувань, що містяться у змінній "PARA" (яка підключена до вхідного блоку PARA Масштабування).

На рис. 5.13 наведено блоки масштабування вводу.

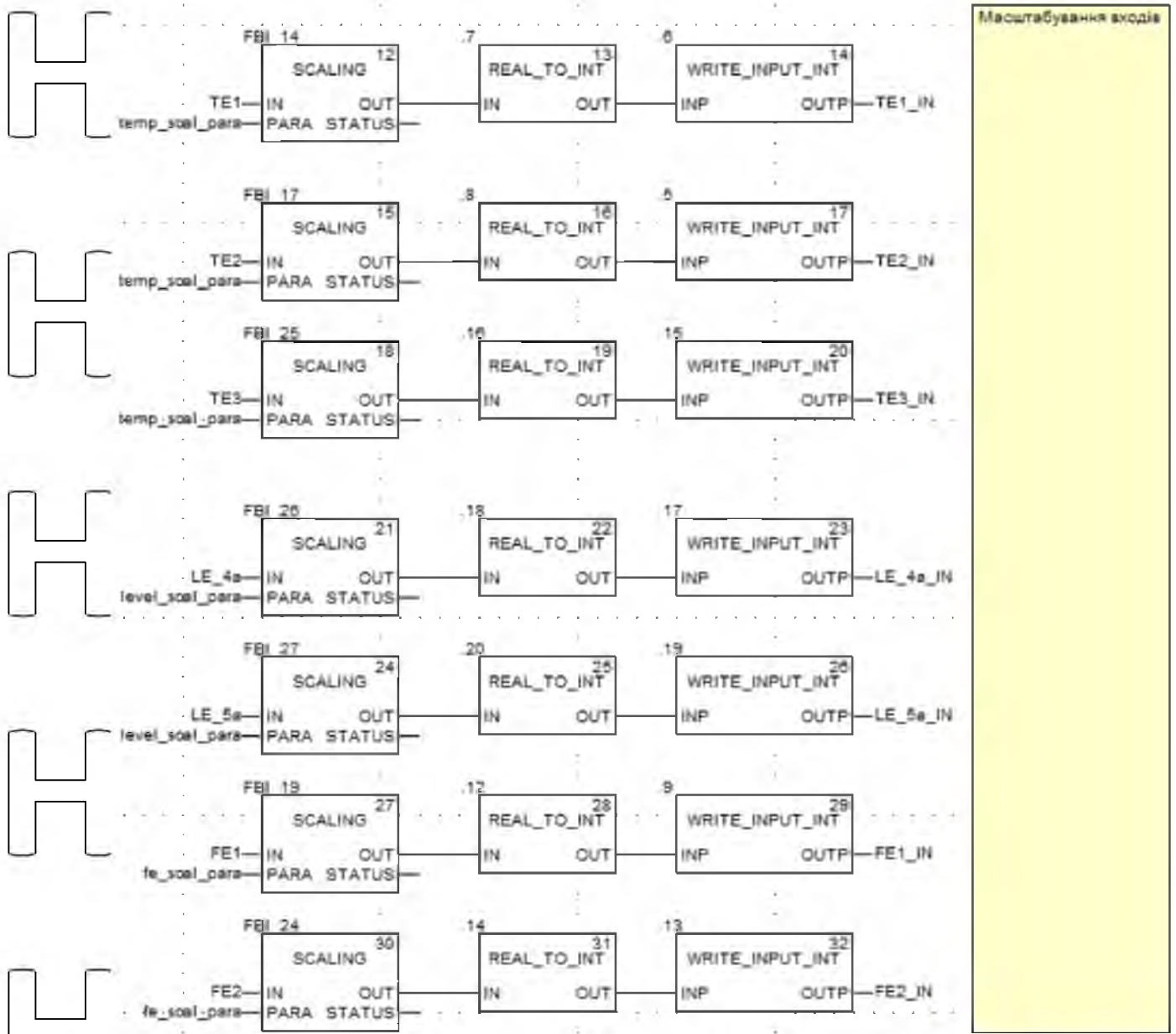


Рис. 5.13. Блоки масштабування входів

На рис. 5.14 наведені блоки масштабування виходів.

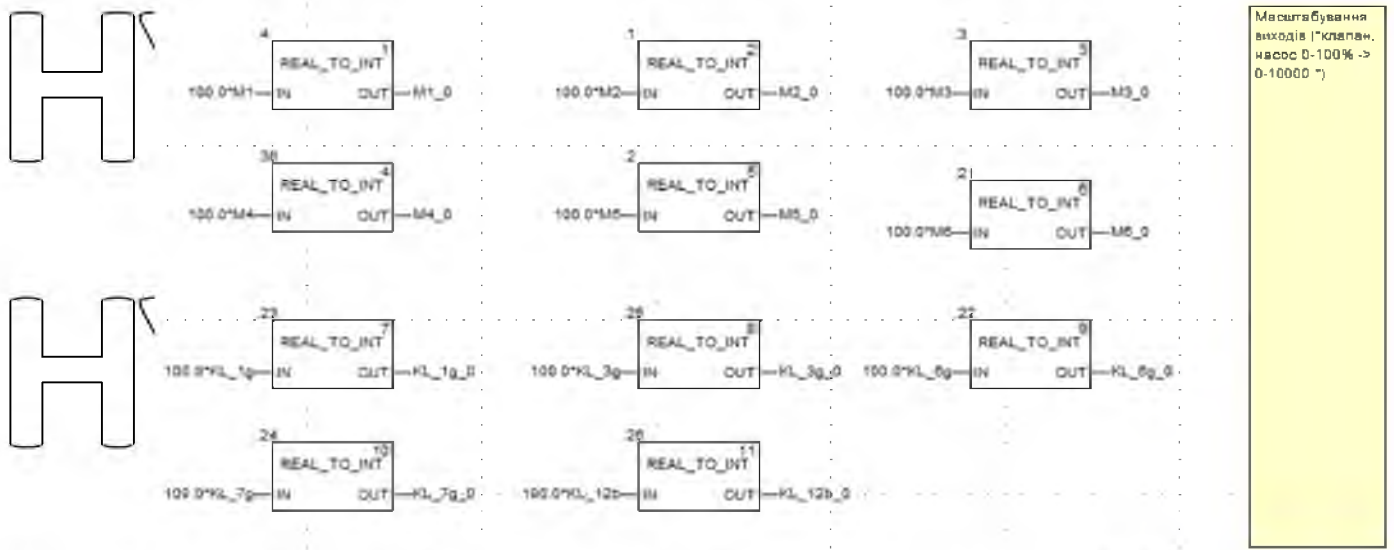


Рис. 5.14. Блоки масштабування виходів

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 6. РОЗРОБКА ЛЮДИНО-МАШИНОГО ІНТЕРФЕЙСУ ОПЕРАТОРА ТЕХНОЛОГІА

Інтерфейс ЛМІ (Локальної Маніпуляційно-Інформаційної) для нашої системи автоматизації розроблений з використанням програмного забезпечення Zenon Scada від компанії COPA-DATA. Zenon є програмним забезпеченням для візуалізації, управління, збору та аналізу даних. Система Zenon SCADA є основним продуктом австрійської компанії COPA-DATA GmbH. Вперше розроблена в середині 80-х років, це було перше комплексне рішення графічної візуалізації для систем Windows. Завдяки постійній модернізації, вдосконаленню та впровадженню новітніх технологій, Zenon утримує лідерські позиції на ринку систем HMI / SCADA. Zenon повністю вирішує всі можливі завдання, що стоять перед системами HMI / SCADA. Дозволяє здійснювати зручне та візуальне управління, точну взаємодію всіх інженерних комплексів, автоматичну адаптацію, інтелектуалізацію режимів роботи підсистем. Він базується на стандартних зовнішніх технологіях і пропонує величезний набір простих у використанні графічних функцій для побудови систем візуалізації.

Переваги Zenon:

- Можливість децентралізованої розробки;
- Високу швидкодію;
- Велика гнучкість;
- Висока надійність;
- Використовується в сфері автоматизації наступних галузей:
 - Нафтогазовий комплекс;
 - Споруди;
 - Промислове виробництво;
 - Енергетика;
 - Транспорт;

Ефективність і масштабованість:Багатокористувальська розробка:

Система дозволяє ефективно використовувати розподілену розробку, уникаючи жорстких прив'язок до конкретного робочого місця. Дизайнери, що працюють над проектом, можуть розподілити завдання між собою та зосередитися на своїй конкретній частині проекту. Це дозволяє суттєво збільшити швидкість розробки.

Широкі можливості спілкування:

Завдяки понад 300 розробленим драйверам, Zenon може легко інтегруватися з найпоширенішим обладнанням. Редактор системи підтримує велику кількість інтерфейсів та комунікаційних протоколів. За допомогою спеціальної технології можна передавати виконувані файли по мережі на віддалену цільову станцію.

Відкрита архітектура.

Можливість використання незалежних зовнішніх програм при розробці, створення макросів VBA, збереження даних в Інтернеті та архівування їх у базі даних MS SQL Server, використання технології ActiveX.

Гнучкість:

Використання технології XML дозволяє імпортувати та експортувати окремі частини проекту або весь проект в систему управління. Система може розширюватися без необхідності модифікації або переробки існуючого проекту.

Автоматичний дизайн:

Завдяки великій кількості попередньо визначених шаблонів стандартних зображень (сигналів тривоги, подій, тенденцій тощо) та спеціальних форм-майстрів, дизайн може бути автоматично створений.

6.1. Перелік вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI

Аналогові входи сигналів та даних SCADA/HMI наведені на рис. 6.1 та в табл. 6.1:

Таблиця 6.1

Аналогові входи:

Назва сигналу	Позначення на СА	Адреса
Температура у зоні охолодження пастеризатора	TE 1a	%IW0.2.0
Температура у зоні рекуператії пастеризатора	TE 2a	%IW0.2.1
Температура у зоні пастеризації пастеризатора	TE 3a	%IW0.2.2
Рівень у резервуарі з молоком	LE 4a	%IW0.2.3
Рівень у зрівнювальному баці	LE 5a	%IW0.2.4
Витрата молока при подачу у зону рекуператії	FE 6a	%IW0.2.5
Витрата сливок на виході із сепаратора	FE 7a	%IW0.2.6
Керування клапаном подачі холодної води у зону охолодження пастеризатора	1г	%QW0.4.0
Керування клапаном подачі гарячої води у зону охолодження пастеризатора	3г	%QW0.4.1
Керування клапаном подачі молока у зону рекуператії пастеризатора	6г	%QW0.4.2
Керування клапаном подачі молока у зону рекуператії пастеризатора	6г	%QW0.4.2

Керування клапаном подачі молока у зону рекуперативної пастеризатора	6г	%QW0.4.2
--	----	----------

Керування клапаном відводу сливків	7г	%QW0.4.3
------------------------------------	----	----------

Керування клапаном 3-х ходовим клапаном повернення молока	12б	%QW0.4.4
---	-----	----------

Керування двигуном за допомогою частотного перетворювача	M1	%QW0.5.0
--	----	----------

Керування двигуном за допомогою частотного перетворювача	M2	%QW0.5.1
--	----	----------

Керування двигуном за допомогою частотного перетворювача	M3	%QW0.5.2
--	----	----------

Керування двигуном за допомогою частотного перетворювача	M4	%QW0.5.3
--	----	----------

Керування двигуном за допомогою частотного перетворювача	M5	%QW0.5.4
--	----	----------

Name	Identification	Measur...
Filter text	Filter text	Filter...
FE 6a		м3/год
FE 5a		м3/год
LE 4a		%
LE 5a		%
TE 1a		*С
TE 2a		*С
TE 3a		*С
Клапан 1г		%
Клапан 1г А-Р		
Клапан 3г		%
Клапан 3г А-Р		
Клапан 6г		%
Клапан 6г А-Р		
Клапан 7г		%
Клапан 7г А-Р		
Клапан 126		%
Клапан 126 А-Р_1		
Клапан 126 А-Р_2		
M1		об/хв
M1 А-Р		
M2		об/хв
M2 А-Р		
M3		об/хв
M3 А-Р		
M4		об/хв
M4 А-Р		
M5		об/хв
M5 А-Р		
M6		об/хв
M6 А-Р		

Рис. 6.1 Таблиця змінних SCADA/HMI з програмного середовища Zenon

НУБІП України

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Нормальний стан системи автоматизації. Всі параметри в межах норми. Робочий вид для оператора (рис. 6.2).

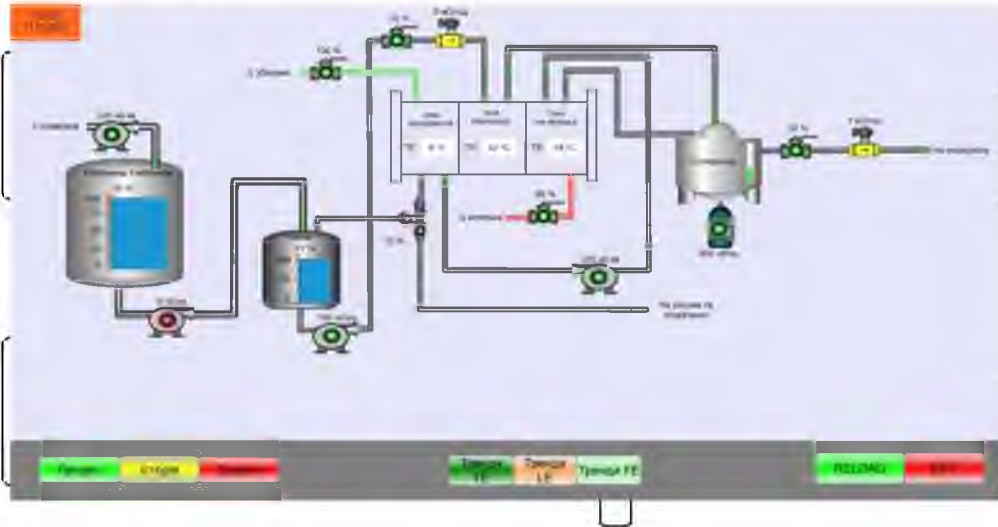


Рис. 6.2. Головний екран оператора. Нормальний стан системи автоматизації

В системі автоматизації виникло відхилення від стандарту, SCADA відображає повідомлення про це в верхній частині екрану оператора, а також вказує, який конкретно параметр вийшов за межі норми (рис. 6.3).

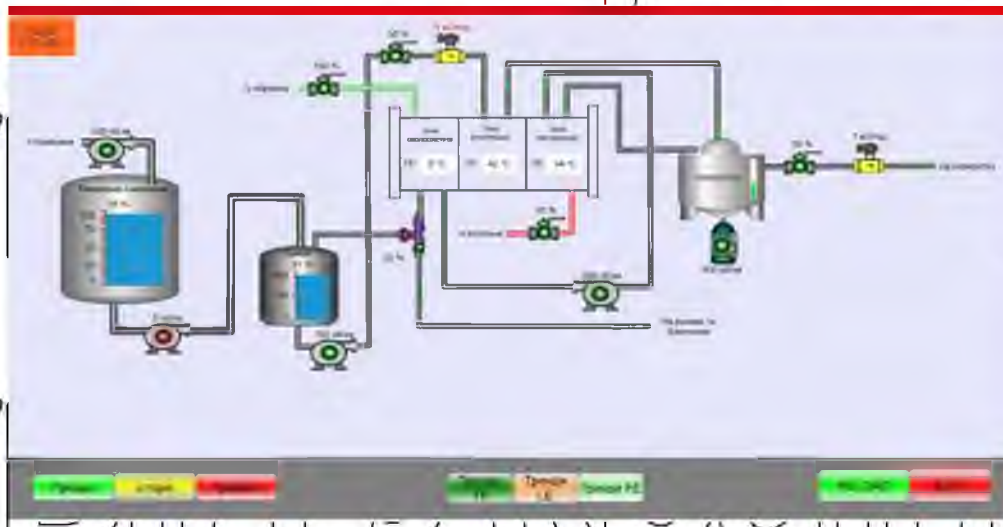


Рис. 6.3. Головний екран оператора. Відхилення параметру від норми

Вікно вкладки "Історія" (рис. 6.4) в системі автоматизації. Тут відображаються всі події в хронологічному порядку, такі як зміни параметрів чи дії оператора.



Рис.6.4. Вкладка історії

Вікно вкладки "Тривоги" (рис.6.5) системи автоматизації (ALARM). Тут відображаються всі тривоги, які виникли, вказуючи на параметр, час їх виникнення та їхній стан (усунуено чи це дійсні).



Рис. 6.5. Вкладка тривоги

Спрацювання тривоги та її відображення в інформаційному списку визначається індивідуально для кожної змінної в межах встановлених на вкладці "Ліміти". Коли

верхній ліміт досягається для конкретної змінної, спрацьовує сигнал тривоги, який відображається в журналі тривог. Його статус буде "Активний" (червоний колір). Якщо рівень знизиться нижче нижнього ліміту, статус зміниться на "Неактивний" (зелений колір). Крім того, оператор може підтвердити тривогу, змінивши її статус на "Підтверджено" (синій колір), натискаючи відповідну кнопку. Оскільки ми ввімкнули опцію "Видалити", цей запис зникне зі списку тільки в разі вручного видалення його відповідною кнопкою.

Вікна вкладок трендів (рис. 6.6) в системі автоматизації. Тут подані графіки всіх змін контрольних параметрів, включаючи навіть миттєві зміни.



Рис. 6.6. Вкладка трендів температури

РОЗДІЛ 7.

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА РОБОТИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1 Економічна частина

Оптимальний варіант прийнятих інженерно-технічних рішень визначається системою техніко-економічних показників економічної оцінки нової техніки та системи автоматизації виробничих процесів. До них відносяться: продуктивність праці, капітальні вкладення, приведені витрати, собівартість продукції, енерго- та електроозброєність праці, річний економічний ефект, строк окупності вкладень тощо.

Поточні виробничі витрати поділяються на прямі та експлуатаційні. Прямі включають витрати на матеріали та допоміжне обладнання, необхідне для забезпечення виробництва (технологічна оснастка, транспортні витрати, вартість сировини, кормів, насіння тощо). Експлуатаційні витрати включають витрати на оплату праці, амортизаційні витрати, витрати на поточний ремонт та обслуговування обладнання, енергоресурси, паливо, електроенергію тощо.

Річний економічний ефект від автоматизації виробничих процесів та використання нової техніки та технології може бути визначений за економією приведених витрат.

$$E_T = (Z_1 - Z_2) \cdot V_a,$$

$$Z_1 = U_1 + E_n K_1$$

$$Z_2 = U_2 + E_n K_2$$

7.1

де K_1, K_2 – відповідно питомі капітальні вкладення до і після автоматизації виробництва; U_1, U_2 – це річні видатки виробництва продукції до і після автоматизації виробництва; E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, $E_n = 0,15$; Z_1, Z_2 – приведені витрати на одиницю продукції до і після автоматизації.

Строк окупності додаткових капітальних вкладень визначається за співвідношенням:

Формулювання ефективності автоматизації переробного виробництва в грошовому виразі не завжди можливе. У деяких випадках, економічну оцінку прийнятих в роботі рішень можливо проводити через натуральні показники з використанням фактичних даних виробничої діяльності переробних підприємств. Також можуть використовуватися дані та рекомендації науково-дослідницьких закладів, нормативні документи по праці та статистичні дані по регіону.

Визначаємо техніко-економічні показники роботи. Енергоозброєність праці лінії первинної обробки молока:

$$E_{озб} = \frac{P_y}{N}$$

де P_y – встановлена потужність електрообладнання, кВт;

N – кількість робітників, люд.

Енергоозброєність праці до автоматизації становить:

$$E_{озб1} = 83,6/4 = 20,9 \text{ кВт/люд};$$

Енергоозброєність праці після автоматизації:

$$E_{озб2} = 91,6/2 = 45,8 \text{ кВт/люд.}$$

Кількість електроенергії яка споживається за рік:

$$W = 0,93 \cdot P \cdot T \cdot k, \quad (7.6) \text{ де } T \text{ – річний фонд робочого часу, год, } (T=1967 \text{ годин});$$

k – коефіцієнт одночасності роботи обладнання, $k=0,6 \dots 0,7$. Приймаємо $k=0,6$ 0,93 – коефіцієнт, що враховує зниження електроенергії після автоматизації. Споживання електроенергії до автоматизації:

$$W_1 = 83,6 \cdot 1967 \cdot 0,6 = 98,7 \text{ тис.кВт} \cdot \text{год.}$$

Споживання електроенергії після автоматизації:

$$W_2 = 91,6 \cdot 1967 \cdot 0,6 \cdot 0,93 = 100,2 \text{ тис.кВт} \cdot \text{год.}$$

Визначаємо об'єм обробки молока:

$$A = n \cdot m, \text{ (7.7) де } n - \text{ виробництво молока за зміну, т, } n_1 = 3,25 \text{ т, } n_2 = 3,5 \text{ т}$$

m – кількість змін, m = 295

Вироблено валової продукції до автоматизації:

$$A_1 = 3,25 \cdot 295 = 958,75 \text{ т.}$$

Вироблено валової продукції після автоматизації:

$$A_2 = 3,5 \cdot 295 = 1032,5 \text{ т.}$$

Електроємність продукції:

$$E_m = \frac{W}{A}$$

7.4

де A – кількість виробленої продукції, т;

W – споживання електроенергії, кВт · год.

До автоматизації:

$$E_{m1} = \frac{98,7}{958,75} = 0,11 \text{ тис.кВт} \cdot \text{год/т.}$$

Після автоматизації:

$$E_{m2} = \frac{100,2}{1032,5} = 0,09 \text{ тис.кВт} \cdot \text{год/т.}$$

У таблиці 7.1 наведено розрахунок об'єму виробництва продукції.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Таблиця 7.1

Розрахунок об'єму виробництва продукції

Показник	Варіанти	
	Базовий	Модернізований
1	2	3
Кількість робочих днів на рік	295	295
Виробництво молока за:		
зміну, т	3,25	3,5
рік, т	958,75	1032,5
Зниження затрат за рахунок:		
вивільнення працівників, тис.грн;		24,7
економії електроенергії, тис.грн.		
всього, тис.грн		26,83
Собівартість 1т молока, грн	3500	3230
Зниження собівартості 1т молока, грн		270

Вартість устаткування доїльно-молочного блоку становить 310,7 тис.грн., що і є додатковими капітальними вкладеннями.

Прибуток від реалізації валової продукції

$$П=(Ц-С) \cdot A,$$

(7.5)

де Ц – ціна реалізації продукції, грн./т;

C – собівартість продукції, грн./т.;

Π_1 – прибуток до впровадження нового устаткування;

Π_2 – прибуток після впровадження нового устаткування.

$$\Pi_1 = (4000 - 3500) \cdot 958,75 = 479,4 \text{ тис. грн.}$$

$$\Pi_2 = (4000 - 3230) \cdot 1032,5 = 795,1 \text{ тис. грн.}$$

В тому числі прибуток фермерського господарства за рахунок впровадження у виробництво нового устаткування:

$$\Pi_d = 795,1 - 497,4 = 297,7 \text{ тис. грн.}$$

Термін окупності капіталовкладень:

$$T_{\text{окупн}} = n / \Pi_d, (7.10) \quad T_{\text{окупн}} = 310,7 / 297,7 = 1,04 \text{ року.}$$

Виконані розрахунки наведені в таблиці 7.2.

[

[

[

[

НУБІП | УКРАЇНИ

Таблиця 7.2

Техніко-економічні показники

Показник	Варіант	
	Базовий	Удосконалений
1. Встановлена потужність електрообладнання, кВт	83,6	91,6
2. Вартість електроенергії, тис. грн.	27,6	28,56
4. Затрати на виробництво, тис. грн	1593	1570
5. Зниження затрат за рахунок :		
вивільнення працівників, тис. грн;	-	24,7
економії електроенергії, тис. грн.	1,2	-
всього, тис. грн		23,5
6. Собівартість 1т молока, грн	3500	3230
7. Зниження собівартості 1т молока, грн		270
7. Прибуток, тис. грн	497,4	795,1
в тому числі за рахунок нового устаткування		297,7
9. Електроємність продукції:	0,11	0,09
10. Енергоозброєність праці	20,8	45,65
11. Додаткові капітальні вкладення, тис. грн.	310,7	
12. Термін окупності, року	1,04	

7.2 Охорона праці та техніка безпеки,

Вимоги безпеки перед початком роботи:

Одягнути спецодяг, взути спецвзуття та підготувати інші засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) відповідно до інструкції по професії.

Підготувати та перевірити справність основних і допоміжних засобів захисту в електроустановках, що використовуються на даному робочому місці.

Ознайомитися з записами в журналі передачі змін про технічний стан обладнання та випадки порушення правил охорони праці, зафіксовані попередньою зміною.

Перевірити обладнання, прокручуючи його вручну у режимі "поштовх" або на холостому ході, звертаючи особливу увагу на справність вмикаючих, вимикаючих, пускорегулюючих пристроїв (пускатів, рубильників, трансформаторів, кнопкових пультів), сигналізації та гальмівної системи.

Перевірити справність і надійність спрацьовування блокувань безпеки шляхом створення штучних аварійних ситуацій.

Перевірити справність електропроводки (відсутність пошкоджень ізоляції та металорукавів).

Оглянути заземлення обладнання, перевірити стан ланцюга між заземлювачем і елементами, що заземлюються, на відсутність обривів і нещільних контактів у провіднику, який з'єднує обладнання з заземлюючим пристроєм (системою заземлення).

Переконатися в справності ламп, які сигналізують про подачу напруги на ланцюги управління електрообладнанням, електронагрівачами тощо.

Переконатися у відсутності дії струму при доторканні до металевих частин обладнання при ввімкненні ввідного вимикачі.

У разі виявлення несправностей технологічного та електрообладнання перед розпочатком робіт та протягом першої години роботи, вимкніть електрообладнання з мережі ввідним вимикачем і повідомте керівника робіт. Не розпочинайте роботу до

усунення несправностей і отримання дозволу ремонтного персоналу (налагоджувальників, електриків).

Вимоги безпеки під час виконання роботи:

Технологічний та електротехнологічний персонал повинен дотримуватися інструкцій з охорони праці та технологічних інструкцій під час виконання робіт.

Дозволяється проводити вмикання технологічного обладнання та електротехнологічних установок лише за наявності відповідної регламентації в технологічній інструкції та у межах прямих обов'язків персоналу.

Обов'язково контролювати стан електрообладнання та уникати потрапляння газу, бензину, мастильних матеріалів чи води в електрообладнання, включаючи електродвигуни, магнітні пускачі, рубильники, реостати, кнопки та інше.

Заборонено відкривати розподільні шафи, щити, пульти, рубильники, магнітні пускачі, електродвигуни та торкатися неізольованих струмоведучих частин. Безпечна напруга для людини не повинна перевищувати 42 В, а сила струму 0,1 А може бути смертельною.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВИСНОВКИ

У даній магістерській роботі запропоновано удосконалення системи автоматизації технологічного процесу пастеризації молока, яка включає в себе автоматичне регулювання температури молока за допомогою комплексу технічних засобів від Schneider Electric. Розроблена система спрямована на досягнення оптимального режиму роботи технологічного процесу, що дозволяє забезпечити якісну пастеризацію молока з мінімальними втратами.

Розроблено аналітична та імітаційна модель процесу пастеризації молока, отримано передаточну функцію та визначено закон регулювання.

Для реалізації цієї системи використані відповідні технічні засоби автоматизації, що дозволяє забезпечити надійну та ефективну роботу устаткування. Програма для програмованого логічного контролера розроблена за допомогою мови FBD блоків, що спрощує процес програмування та забезпечує його надійність.

Однією з ключових переваг цього проєкту є його простота в реалізації завдяки використанню сучасних компонентів системи. Це дозволяє знизити витрати на впровадження та забезпечити швидкий старт роботи об'єкта.

Система автоматичного керування температурним режимом спроектована на основі контролера Modicon M580 від Schneider Electric. Для цього об'єкта були використані прилади для вимірювання температури, рівня та витратоміри, що дозволяє забезпечити точний контроль над процесом пастеризації.

Усі пристрої є сумісними з контролером, що дозволяє реалізувати повноцінну роботу об'єкта та оператора, що спрощує процес моніторингу та управління роботою системи.

Термін окупності системи складає 1,04 року.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Антонова І. В. Розвиток молочної промисловості в Україні. // Ефективна економіка. – К., Вісник, 2010. - №12.
2. Боженко Л.І. Управління якістю, основи стандартизації та сертифікації продукції. Навчальний посібник / Л.І.Боженко, О.Й.Гутга – Львів, 2001. – 176с
3. Болбот І. М. Екзергоекономічна оптимізація енергетичних систем. Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2011. № 166 Частина 4. С. 126– 133
4. Бочарова О.В. HACCP і системи управління безпечністю харчової продукції: підручник / О.В. Бочарова – О.: Атлант. – 2019. – 375 с.
5. Власенко В.В., Головка М.П., Семко Т.В., Головка Т.М. Технологія молока і молочних продуктів: навч. посібник. Харків: ХДУХТ, 2018. – 190 с.
6. ГОСТ 21.404-85. СПДС. Автоматизація технологічних процесів. Позначення умовні приладів і засобів автоматизації в схемах.
7. Грек О. В. Практикум з технології молока та молочних продуктів / О. В. Грек, Н. М. Ющенко, Т. Г. Осьмак. – 431 с.
8. ДСТУ ISO 22000:2007 «Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга».
9. Ельперін І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник [Текст] / І.В. Ельперін. – К.: НУХТ. – 2003. – 320 с.
10. Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпеčnosti та якості харчових продуктів»: (офіц. Текст: за станом на 01 січня 2016 р) / Верховна Рада України. – К.: Парламентське вид-во, 2016. – С.13
11. Косенко Г.Н. «HACCP/ISO 22000 – просто о сложном», Алматинский международный форум по качеству: Сборник материалов, часть 2 / Г.Н. Косенко - 2008 – 278с.

12. Ладанюк А.П. Автоматизація технологічних процесів та виробництв харчової промисловості: Підручник [Текст] / Ладанюк А.П., Трегуб В.Г., Ельперін І. В., Цюцюра В.Д. – К.: Аграрна освіта. – 2001. – 224 с.

13. Машкін М. І. Технологія молока і молочних продуктів: навч. Видання / Машкін М. І., Париш Н. – К.: Вища освіта, 2006. — 351 с.

14. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 [Текст] / А.Л. Нестеров. – СПб.: Издательство ДЕАН. – 2006. – 844 с.

15. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 2 [Текст] / А.Л. Нестеров. – СПб.: Издательство ДЕАН. – 2009. – 944 с.

16. ~~Проектування систем автоматизації. Методичні рекомендації до виконання курсового проекту для студентів напряму 6.050202 денної та заочної форм навчання [Текст] / Уклад. В.М. Сідлецький, В.Г. Трегуб. – К.: НУХТ, 2013 (регістраційний номер 100.19-02.07.2013).~~

17. Про безпечність та якість харчових продуктів: [закон України: від 23 грудня 1997р. - № 771/97-ВР від 23.12.1997] // Відомості Верховної Ради України.

18. Скорченко Т.А. Технологія незбираномолочних продуктів: навч. видання / Скорченко Т.А. Поліщук Г.Є, Грек О.В., Кочубей О.В. – Вінниця: Нова книга, 2005. – 264с.

19. Рибак О.М. Технологія молока і молочних продуктів: навч. методичка. Тернопіль: ГНТУ ім. Пудяка, 2016. – 165 с.

20. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посібник [Текст] / В.Г. Трегуб. – К. Видавництво: Ліра-К, 2015.

21. “Food safety management systems - Requirements” (в редакції 15.01.2003 р.), який розроблено ISO/TC 34/WG 8.

22. World Health Organization (WHO) Strategies for HACCP in Small and/or Less Well Developed Businesses.- WHO/SDE/PHE/FOS 99/7 Geneva, 1999.

23. Інтернет ресурс [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://enpdir.npu.edu.ua/bitstream/123456789/7398/1/Kudrenko.pdf>

24. Інтернет-ресурс [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
http://www.economy.nauka.com.ua/pdf/4_2019/62.pdf

25. Інтернет-ресурс [Синтез нечіткого регулятора електроприводу постійного струму в середовищі «MatLab»] [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<http://uadoc.zavantag.com/text/10680/index-9.html>

26. Інтернет-ресурс [Обробка і передача інформації, сучасні комп'ютерні технології] [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://subject.com.ua/article/article2018/152.html>

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України