МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Факультет *Автоматизації і комп'ютерних систем*
Кафедра *Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління*

«До захисту в ЕК»	**«До захисту допущено»**
Декан факультету	Завідувач кафедри
_____ _Андрій Форсюк_	_____ _Ярослав Смітюх_
(підпис) (ім'я та прізвище)	(підпис) (ім'я та прізвище)
« 4 » *червня* 2024 р.	« 4 » *червня* 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності *151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»*
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми *«Автоматизація та комп'ютерно-інтегрованні технології»*

на тему: *Розробка систем автоматизації тунельної печі для випікання хлібу*

Виконав: здобувач _4__ курсу, групи ___АК-4-2ск_____

_____Єрмошин Назар Данилович_____ _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник __Заєць Наталія Анатолівна_____ _____
(прізвище , ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти_____ _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент _Олена Харкянен__ _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

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

Здобувач_____
(підпис)

Київ – 2024 р.

Національний університет харчових технологій

Факультет *Автоматизації і комп'ютерних систем*

Кафедра *Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління*

Освітній ступінь *«Бакалавр»*

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

Освітньо-професійна програма *«Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації»*

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

_____Ярослав Смітюх

«15» квітня 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Єрмошин Назар Данилович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: Розробка систем автоматизації тунельної печі для випікання хлібу

керівник роботи *ст. викл. Заєць Наталія Анатоліївна*

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «15» квітня 2024 р. №279-кс

2. Строк подання здобувачем роботи «04» червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи

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

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

Вступ. 1. Характеристика об'єкта автоматизації. 1.1. Аналіз втрат ефективності та якості процесів випікання. 1.2. Аналіз хлібопекарських печей тунельного типу як об'єкта автоматизації. 1.3. Завдання на розробку системи автоматизації.2. Система автоматизації. 2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, ВМ та РО 2.2. Схема автоматизації. 2.3. Специфікація засобів автоматизації 3. Проєктне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення 3.1. Проектне компонування ПЛК. 3.2. Загальна схема підключення датчикі, виконавчих механізмів та регулюючих органів3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру

4. Креслення встановлення технічного засобу. 5. Опис спеціального програмного забезпечення для ПЛК. 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога. Висновок. Список використаної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу

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

3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 15 квітня 2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	*Видача та затвердження завдання*	*Перед переддипло-мною практикою*	
2	*Розділ 1*	*Захист переддип-ломної практики*	
3	*Розділ 2*	*1 тиждень*	
4	*Розділ 3*	*2 тиждень*	
5	*Розділ 4 та 5*	*3 тиждень*	
6	*Розділ 6*	*4 тиждень*	
7	*Підготовка матеріалів до захисту*	*5 тиждень*	
8	*Захист кваліфікаційної роботи*	*6 тиждень*	

Здобувач *Назар ЄРМОШИН* _____
(підпис)

Керівник роботи *Наталія ЗАЄЦЬ* _____
(підпис)

Анотація

Цей проект об'єднує використання програмованого логічного контролера Modicon M340 від Schneider Electric з розробкою комплексної системи автоматизації для тунельної печі хлібопекарні.

Особливий акцент було зроблено на:

- **Розробці системи автоматизації**, яка включає вибір і розрахунок вимірювальних перетворювачів та виконавчих механізмів, з перевагою наданою пневматичним.
- **Схемах підключення** датчиків і виконавчих механізмів до ПЛК, зокрема датчика вологості JUMO з вимірювальним зондом та подовжуючим кабелем 90.7023/333, який забезпечує контроль вологості в важкодоступних місцях для оптимізації якості хліба та зменшення кількості бракованої продукції.

Алгоритм керування процесом випічки в тунельній печі розроблено та реалізовано в програмному забезпеченні Unity Pro для контролера Modicon M340. Для візуалізації і оперативного контролю технологічного процесу інтегровано SCADA-систему Vijeo Citect.

Особливе завдання проекту – розробка інтелектуальної підсистеми оптимального керування на основі нечіткої логіки, реалізованої у Matlab за допомогою Editor Fuzzy Logic Toolbox. Ця підсистема оцінює якість хліба залежно від температурного режиму, допомагаючи налаштувати оптимальні умови для випічки, що покращує якість готового продукту та зменшує відсоток браку.

Ключові слова: тунельна піч, система автоматизації, програмований логічний контролер, нечітка логіка, оптимальне керування.

Annotation

The project's essence lies in harnessing the Modicon M340 programmable logic controller from Schneider Electric to devise a sophisticated automation system for tunnel ovens in a bakery.

The focal points include:

- **Automation System Development**, which involves the selection and calculation of measurement transducers and actuators, favoring pneumatic ones.
- **Connection Schemes** for sensors and actuators to the PLC, particularly the JUMO humidity sensor with a measuring probe and extension cable 90.7023/333, for controlling humidity in hard-to-reach areas to enhance bread quality and reduce defective products.

The **control algorithm** for the baking process in the tunnel oven is developed and implemented in Unity Pro software for the Modicon M340 microprocessor controller. The Vijeo Citect SCADA system is employed for visualization and real-time process monitoring.

Special task of the project entails developing an intelligent subsystem for optimal control based on fuzzy logic, implemented in Matlab’s Editor Fuzzy Logic Toolbox. This subsystem determines bread quality percentage relative to the temperature regime, allowing for the selection of the optimal baking conditions to enhance product quality and reduce waste.

Keywords: tunnel oven, automation system, programmable logic controller, fuzzy logic, optimal control.

Зміст

Вступ ……7

Розділ 1. Характеристика об’єкта автоматизації……..……8

1.1. Аналіз втрат ефективності та якості процесів випікання……..9

1.2. Аналіз хлібопекарських печей тунельного типу як об’єкта автоматизації…….15

1.3. Завдання на розробку системи автоматизації……...20

Розділ 2. Система автоматизації…….21

2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, ВМ та РО……...21

2.2. Схема автоматизації……32

2.3. Специфікація засобів автоматизації……..35

Розділ 3. Проєктне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення……37

3.1. Проектне компонування ПЛК……38

3.2. Загальна схема підключення датчикі, виконавчих механізмів та регулюючих органів……42

3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру……44

Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу……..46

Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для ПЛК…….54

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога……62

Висновок……69

Список використаної літератур……73

Вступ

У сучасному світі, де прагнення до мінімізації собівартості та максимізації прибутків від реалізації продукції набирає обертів, системи автоматизації набувають нових системних характеристик. Впровадження комп'ютерних технологій, вдосконалення багаторівневих систем управління, застосування сучасного програмного забезпечення для візуалізації та зберігання технологічної інформації, а також інтелектуалізація функцій за допомогою штучного інтелекту стають невіддільною частиною цього процесу.

Традиційні методи управління часто не можуть забезпечити бажані результати через надзвичайну складність і непередбачуваність процесів, що в них відбуваються. Особливо це стосується харчової промисловості, де велика кількість та складність взаємозв'язків між параметрами стану об'єктів, трудомісткість створення математичних моделей і використання їх результатів у практичних реалізаціях, високий рівень похибок вимірювань технологічних параметрів, а часом і неможливість таких вимірювань, ускладнюють процес автоматизації. Додайте до цього необхідність прийняття рішень в умовах неповної інформації про стан об'єкта та інших факторів, і стає зрозумілим, чому оператор-технолог часто справляється з управлінням ефективніше, ніж автоматичні регулятори.

Практика впровадження автоматизованих систем управління показує, що загальна проблема автоматизації розпадається на дві ключові складові. Перша — це використання готових комерційних рішень і типових структур, доступних на ринку, а друга — адаптація цих рішень до конкретних умов з урахуванням показників живучості, надійності та вартості. Це забезпечує ефективність функціонування систем, роблячи їх життєздатними та надійними в умовах сучасного виробництва.

Розділ 1. Характеристика об’єкта автоматизації

У технологічному процесі промислового виробництва хлібобулочних та борошняних кондитерських виробів, випікання є найбільш енергомісткою операцією. Цей процес, що здійснюється в хлібопекарських печах, перетворює тісто на м'якуш хліба та скоринку завдяки дії теплоти. Випікання - це складний етап, де змінюються агрегатний та колоїдний стан матеріалу, і від цього залежить не лише якість кінцевого продукту, а й продуктивність всієї промислової лінії.

У пекарній камері печі відбувається неперервна гігротермічна обробка тіста, під час якої відбуваються глибокі фізико-хімічні зміни, перетворюючи тісто на хліб. Якість продукції значною мірою визначається параметрами середовища в пекарній камері, такими як вологість та температура, а також часом випікання.

Піч - основне технологічне обладнання хлібозаводу. Вона є не лише тепловим, але й технологічним агрегатом, основна мета якого - вироблення високоякісної продукції з мінімальними втратами енергоресурсів, такими як теплота, технологічна пара, електроенергія. Смак, аромат і зовнішній вигляд хлібобулочних виробів залежать від конструктивних особливостей печі, роботи окремих вузлів і правил ьної експлуатації.

Половина теплоти, що витрачається на випікання, йде на випаровування вологи з тіста, тому для економії палива важливо забезпечити оптимальний тепловий режим випікання. Конструкція печі повинна зменшувати тепловиділення, уникати викидів газоподібних виділень, забезпечувати неперервність виробництва та максимальну продуктивність. Ці фактори впливають на втрати від упікання, які можуть становити від 5 до 10%. Зменшення втрат на 1% дає значну економію борошна.

Аналіз роботи промислових печей показав, що для випікання використовується тепло, збережене футеровкою та арматурою печі. Процес починається з виробів з найвищою температурою випікання, поступово знижуючи її.

Основне завдання - підтримувати температуру по зонах. Теплоємність конструктивних елементів печі дозволяє передбачити необхідну кількість енергії для розігріву завантаженої печі, запобігаючи перевитратам енергетичних ресурсів під час випікання.

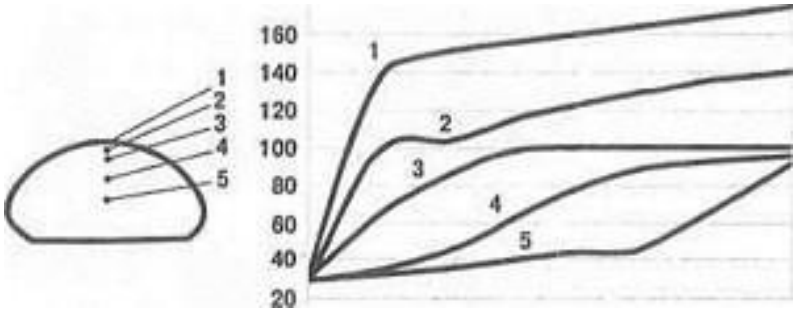
1.1. Аналіз втрат ефективності та якості процесів випікання

Перетворення тістової заготовки на хлібний виріб супроводжується складною взаємодією теплофізичних, мікробіологічних, колоїдних, біохімічних і хімічних процесів, що відбуваються в ній під час випікання. Серцевиною цих процесів є нагрівання тістової заготовки в пекарній камері.

Теплофізичні процеси в тістовій заготовці під час випікання

У пекарній камері передача тепла тістовій заготовці здійснюється через кілька механізмів: випромінювання від стінок і склепіння камери, нагрітих до 300-400°С (80-85%), конвекція від пароповітряного середовища, прогрітого до 220-280°С, та індукція (теплопровідність) від поду печі, що сягає 180-200°С. У процесі теплообміну тістової заготовки з гріючими поверхнями печі та пароповітряним середовищем пекарної камери, температура заготовки підвищується не одномоментно по всьому об’єму, а поступово, від поверхневого шару до центру. Цей процес характеризується постійною зміною температури різних шарів тіста, що спричиняє пошарове перетворення тіста на хліб: спершу в зовнішніх шарах, згодом у внутрішніх.

Температурна Кінетика Тістової Заготовки під Час Випікання



На рис. 1.1. схематично зображено шаруватий поділ тістової заготовки та приблизну кінетику температури окремих шарів під час випікання:

1 — поверхневий шар;

2 — шар під поверхневим;

3 — зона, що граничить між скоринкою і м'якушкою (зона випаровування);

4 — шар між зоною випаровування і центром тістової заготовки;

5 — центр тістової заготовки.

Кожен шар, досягнувши оптимальної для себе температури, зазнає специфічних змін, що обумовлюють перетворення тіста на хліб. Ці процеси починаються в поверхневих шарах і поступово проникають углиб, що визначає градієнт температури і змінює кінетичні характеристики тіста під час випікання.

Коли тістову заготовку поміщають у розпечену пекарну камеру, вона миттєво починає нагріватися. Оскільки після остаточного вистоювання температура тіста становить близько 35-37 °С, що значно нижче температури в пекарній камері, на його поверхні починає конденсуватися пара з навколишнього пароповітряного середовища. У процесі конденсації виділяється прихована теплота пароутворення, що прискорює прогрівання тіста. Поверхнева температура швидко досягає 100 °С і продовжує зростати (крива 1), процес конденсації припиняється, і починається випаровування вологи з поверхні. Поверхневий шар через випаровування вологи зневоднюється, і при температурі 105-115 °С утворюється тонкий шар скоринки. Це відбувається протягом перших 3-5 хвилин. За цей час температура в

центральних шарах тіста підвищується дуже незначно. Нижня поверхня тіста прогрівається шляхом контакту з гарячим подом печі.

Через різницю температур пекарної камери, поверхневих і внутрішніх шарів тіста виникає температурний градієнт, що спрямовує тепловий потік від зовнішнього шару до центру. Під його дією поступово нагріваються шари тіста під поверхнею, а від них тепло передається ще глибше. Температура поверхневих шарів послідовно досягає 100 °С і утримується на цій позначці, поки випаровується вода. Зневоднюючись, ці шари перетворюються на скоринку, після чого температура знову підвищується. Зміна температури в такому шарі показана кривою 2.

Зневоднення цих шарів відбувається повільно через низьку вологопровідність тіста, оскільки вода в ньому переважно зв'язана. Тому волога з внутрішніх шарів повільніше доходить до зони випаровування, що поглиблює зону випаровування. Товщина скоринки зростає. При нагріванні шару тіста під скоринкою до 60-70 °С відбувається коагуляція білків і клейстеризація крохмалю, починається формування м'якуша. З часом під скоринкою утворюється шар, температура якого досягає 100 °С і залишається постійною до кінця випікання. Він стає постійною зоною випаровування (крива 3) і розділяє скоринку та м'якуш. Підвищення температури вище 100 °С у цьому шарі не відбувається, оскільки тепло витрачається на випаровування вологи через скоринку і прогрівання глибших шарів тіста, які перетворюються на м'якуш.

Температура шарів м'якуша, ближчих до центру, підвищується повільно (крива 4). До кінця випікання вона ледве наближається до 100 °С. Чим далі шар розташований від центру, тим швидше підвищується його температура.

Температура центру тістової заготовки зростає з найбільшим запізненням, і лише наприкінці випікання досягає 96-98 °С (крива 5). Коли центр досягає цієї температури, тісто повністю перетворюється на готовий до вживання хлібний виріб.

Температура верхнього шару скоринки (шар 1) під час випікання наближається до температури пекарної камери, але ніколи не досягає її. Це відбувається через те, що частина тепла, що поглинається скоринкою, витрачається на перегрівання парів води, які утворюються в зоні випаровування. Ці пари через пори скоринки виходять у пекарну камеру, а частина тепла у вигляді теплового потоку переходить до середніх шарів тіста, прогріваючи їх і поступово утворюючи м'якуш.

Швидкість прогрівання тістової заготовки залежить від температури пекарної камери, відносної вологості її пароповітряного середовища, маси тістових заготовок, їхньої вологості, форми та розпущеності. Заготовки з більш плоскою чи овальною формою прогріваються швидше, ніж ті, що мають круглу або кулясту форму. Тісто з вищою вологістю нагрівається швидше, ніж те, що має низьку вологість, оскільки вища вологість забезпечує кращу теплопровідність тіста.

Добре розпушене тісто з рівномірною тонкостінною пористістю прогрівається швидше, ніж слабо розпушене, завдяки швидкому переміщенню тепла до центру м'якушки. Підвищення температури пекарної камери призводить до інтенсифікації прогрівання тіста, збільшення швидкості випаровування вологи та значного скорочення часу випікання. Але підвищення температури можливе лише до певної межі, адже надмірне підвищення може призвести до погіршення якості виробів: зменшення об’єму, пористості, непропеченості м’якушки, засмаглої скоринки.

Вологообмін і зміна вологості тістової заготовки

Прогрівання тістової заготовки під час випікання - процес, насичений водним обміном між тістом і пароповітряним середовищем пекарної камери. Цей зовнішній вологообмін виявляється в зволоженні поверхні тістової заготовки через конденсацію вологи з навколишнього середовища пекарної камери, що частково поглинається поверхневим шаром тіста. Інтенсивність цієї конденсації напряму залежить від ступеня зволоженості пекарної камери та температури у зоні зволоження.

В перші 3-5 хвилин випікання, при достатньому зволоженні, маса заготовки може збільшитися до 1,3% від початкової (рис.1.2, крива 1). Водночас, у середині самої заготовки відбувається переміщення вологи. Зовнішній вологообмін - це лише частина складного процесу. Волога, що проникає всередину тіста, продовжує переміщуватися, спричиняючи різноманітні зміни, котрі ілюструють усю складність і багатогранність цього технологічного етапу.

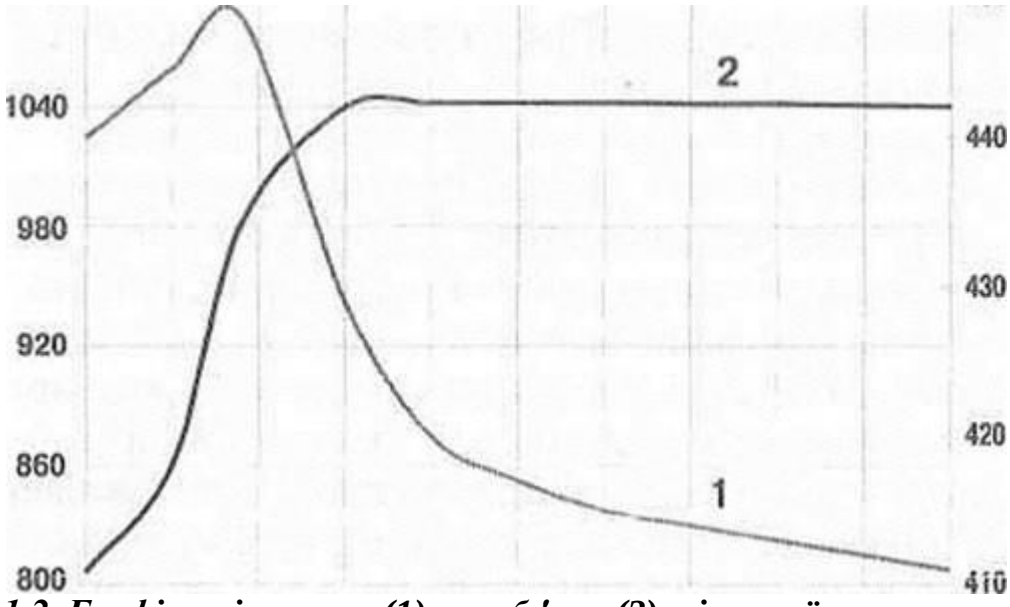


Рис.1.2. Графік зміни маси (1) та об 'єму (2) тістової заготовки у процесі випікання

При подальшому прогріванні тістової заготовки внаслідок випаровування сконденсованої вологи з поверхневого шару заготовки, а потім вологи з шарів, що лежать під ним, тобто із зони випаровування волога у вигляді пару через шпарини

с З моменту, коли скоринка наближається до пекарної камери, починаються значні зміни. Маса тіста, яке готується до випікання, починає невблаганно зменшуватися. Однак через щільність скоринки тільки частина пари, що утворюється у зоні випаровування, може крізь пори просочуватися назовні, до пекарної камери. Інша частина пари, замість цього, мігрує вглиб, до внутрішніх шарів тіста, де температура ще нижча за 100 °С, і там конденсується. Вологість у цих внутрішніх шарах підвищується, створюючи вологий захист, який не дає всій тістовій заготовці перетворитися на суху масу. Виникає своєрідний баланс, що дозволяє внутрішній частині тіста залишатися вологішою.

Два ключових процеси керують внутрішнім переміщенням вологи в тісті:

1. Температурний градієнт: Існує різниця температур між різними шарами тіста. Це створює термодифузію, під час якої волога в рідкому стані мігрує з гарячіших шарів до холодніших. Зазвичай, ця міграція йде з зовнішніх шарів до центру тіста, де температура нижча. Це явище відоме як термовологопровідність.

2. Градієнт вологості: Також існує різниця у концентрації вологи в різних шарах тіста. Цей градієнт призводить до концентраційного переміщення вологи, коли вона рухається з шарів з більшою вологістю до шарів з меншою вологістю. Цей процес спрямований від більш зволоженої центральної частини тіста до зони випаровування.

Такі механізми забезпечують постійну взаємодію тепла і вологи, яка підтримує оптимальні умови для випікання, балансуючи між зовнішньою і внутрішньою вологістю тіста.Потік вологи від зовнішніх шарів до центральних, що викликається термодифузією, значно перевищує потік концентраційної дифузії, який рухається від центру до зони випаровування. В результаті, вологість центральних шарів м’якушки збільшується на 1,5-2,0% порівняно з початковою вологістю тіста. Вологість скоринки до кінця випікання досягає рівноважного стану, а в зоні випаровування вона дещо нижча від початкової вологості тіста. Наприкінці випікання загальна маса готового виробу зменшується порівняно з масою тістової заготовки, здебільшого через втрату вологи в скоринці.

Під час прогрівання тістової заготовки, втрата вологи відбувається нерівномірно. Спершу, у період інтенсивного прогрівання, швидкість випаровування змінюється. Спочатку волога швидко випаровується з поверхні заготовки, а потім процес переходить до випаровування з макро- і мікрокапілярів та адсорбційно зв'язаної вологи в поверхневих шарах, що спричиняє зниження швидкості випаровування.

Коли утворюється міцна скоринка, яка фіксує об'єм тістової заготовки, інтенсивність випаровування води ще більше знижується і стає постійною. В цей період джерелом вологи є та, що надходить до зони випаровування через концентраційне переміщення з центральних шарів тістової заготовки.

Втрата тістовою заготовкою вологи під час випікання, особливо на утворення скоринки, вимагає, щоб вологість тіста, з якого виготовляється заготовка, перевищувала нормативну вологість хліба. Згідно з нормативною документацією, вологість тіста для пшеничного хліба має бути на 0,5-0,7% вищою, а для житнього хліба – на 0,7-1,0% вищою, ніж встановлені показники вологості готових виробів.

1.2. Аналіз хлібопекарських печей тунельного типу як об’єкта Автоматизації

Вітчизняна хлібопекарська промисловість використовує безліч різноманітних печей, які відрізняються своєю конструкцією, системою обігріву та виробничими можливостями. У дипломній роботі використано хлібопекарську піч тунельного типу.

Тунельна піч - це металева секційна конструкція, яка включає пекарну камеру тунельного типу, систему рециркуляційного обігріву, пристрій гігротермічної обробки тістових заготовок, систему відведення пароповітряної суміші, каркас, зовнішню обшивку та ізоляцію, провідну та натяжну станції конвеєра. Піч складається з двох топочних улаштувань, верхніх димових каналів, нижче яких розташована пекарна камера, а ще нижче — нижні димові канали. Піч призначена для роботи на газоподібному паливі. Топочний пристрій складається з топки і камери змішування, що представляють собою співвісні циліндри, виготовлені з

жаротривкої сталі ОХ17Т.

Зона зволоження у цій печі має одну основну мету - максимальна конденсація пари на поверхні тістової заготовки. Зволоження затримує утворення твердої нерозтяжної скоринки, що сприяє збільшенню об'єму заготовки через розширення парів і газів, а також запобігає появі тріщин і розривів на поверхні.

На початку випікання зволоження поверхні тістових заготовок здійснюється шляхом обприскування водою перед посадкою в піч і подачею пари в зону зволоження. Пару подають під тиском 20-50 кПа.

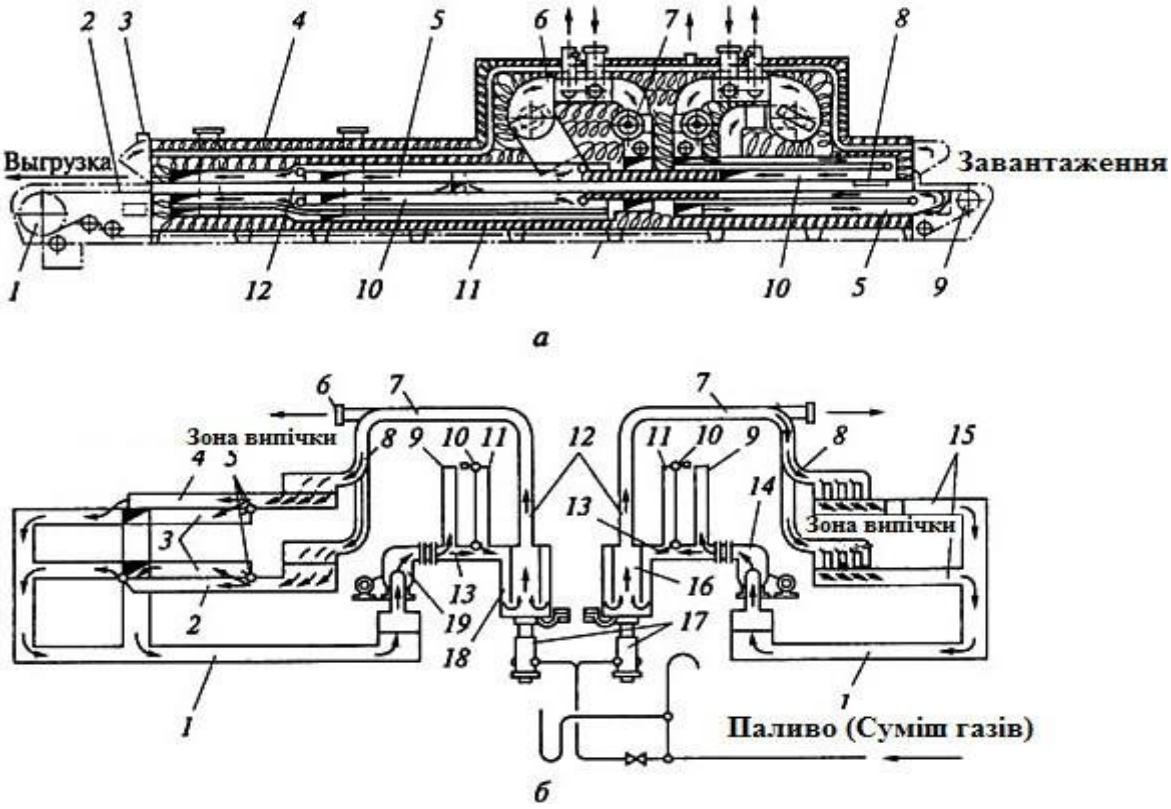


Рис.1.3. Апаратурна схема печі тунельного типу: а)загальний вигляд, б) схема обігріву

Коли вологість у пароповітряному середовищі пекарної камери достатня, поверхневий шар тістової заготовки зазнає дивовижних перетворень. Глибше проникає процес клейстеризації крохмалю — цей крохмальний клейстер вкриває поверхню заготовки, закупорюючи пори. Далі під час випікання на поверхні формується гладка, блискуча скоринка хліба. Це чудово зменшує усихання та втрату об'єму. Під оптимальними умовами парозволоження коринка не тільки

естетично приваблива, але й функціонально ефективна, що значно покращує кінцеву якість випічки.

Але варто лише вологи зникнути з пароповітряного середовища, як настають негативні наслідки. Недостатнє зволоження призводить до того, що вироби набувають малий об'єм, а їхня поверхня стає тьмяною, нерівною, можливо навіть потрісканою або з дрібними дефектами. Це сумне видовище, яке ставить під сумнів якість кожного хлібобулочного виробу.

З іншого боку, надмірне зволоження також не є панацеєю. Коли вологість занадто висока, тістова заготовка може розпливатися, і скоринка втрачає свою пружність, стає зморщеною і непривабливою. Цей дисбаланс може зіпсувати все те, що задумувалося, перетворивши випікання на вкрай непередбачуваний процес.

У зоні інтенсивного прогрівання тістової заготовки температура середовища пекарної камери сягає 260-280 °С. Зволоження пароповітряного середовища тут не проводиться. У цій зоні температура в центрі тістової заготовки піднімається до 50-

60 °С, тоді як на її поверхні досягає 105-115 °С. Відбувається інтенсивний теплообмін між поверхневими шарами тістової заготовки та пароповітряною сумішшю пекарної камери.

Це призводить до поглибленої пошарової денатурації білків та клейстеризації крохмалю, а також до початку формування м'якушки хліба. На поверхні скоринки розпочинаються процеси карамелізації цукрів, реакції меланоїдиноутворення, та накопичення смакових і ароматичних речовин.

Тривалість перебування тістової заготовки в цій зоні становить 15-20% від загального часу випікання.

У третій зоні печі випікання виробляють вже при стабільних формі та об'ємі виробів. Випікання набуває нових вимірів, коли температуру в пекарній камері знижують до 180-220 °С. Цей спад тепла несе за собою захоплюючі зміни. Передача тепла тут відбувається двома способами: радіаційним і конвективним. Це означає, що пекарняна камера нагріває скоринку до 160-180 °С, тоді як у самому серці тіста температура піднімається лише до 96-98 °С. У цей момент температурний градієнт у тістовій заготовці починає вирівнюватися, що знижує значення

термовологопровідності в прогріванні м’якушки. Роль термовологопровідності відступає на другий план.

У третій зоні випікання все набирає обертів: клейстеризація крохмалю поглиблюється, а білки зазнають денатурації. Відбувається остаточне формування м’якушки, перетворюючи тістову заготовку на досконалий готовий виріб, готовий до вживання.

Це плавне падіння температури, цей акуратний баланс радіації та конвекції творять чудеса всередині тіста. Щоразу, коли зовнішня скоринка набирає висоту до 160-180 °C, у центрі м'якушка лишається в межах 96-98 °C, забезпечуючи ідеальні умови для внутрішніх перетворень. Цей етап є вирішальним у випіканні, адже саме тут заготовка проходить завершальні стадії своєї кулінарної подорожі, трансформуючись із простої маси тіста у справжній шедевр хлібопекарської майстерності.Тривалість стадії випікання у третій зоні пекарної камери становить більше 70 % від загального терміну випікання. Варто відзначити, що залежно від конструкції печі, в ній може бути різна кількість температурних зон.

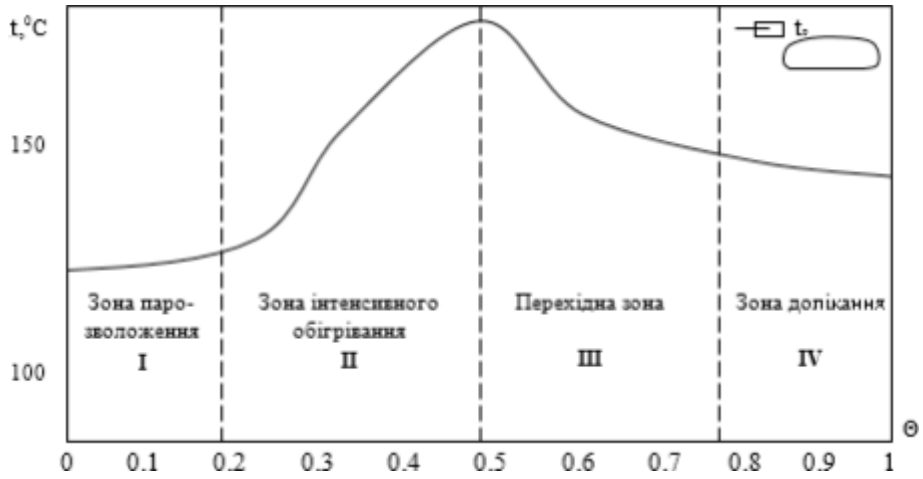


Рис.1.4. Раціональний температурний режим випікання хлібу

Як видно з графіка, при перехідному режимі випікання температура середовища пекарної камери t_0 на початку процесу підтримується в зоні парозволоження на рівні близько 100°C для створення оптимальних умов для конденсації та сорбції пари, потім швидко зростає до $t_0 \sim 218$°C в зоні інтенсивного теплопідведення майже до середини процесу. Після цього здійснюється різкий перехід від «теплового удару» до перехідної зони і м’якого температурного режиму

зони допікання, коли температура плавно зменшується за законом, близьким до лінійного. Реалізація найбільш ефективних режимів випікання у виробничихумовах дозволила зменшити питомі витрати умовного палива на 6,2%, знизити середні втрати від упікання на 0,8% при відповідній якості продукції, вихід якої

Введення рекомендованого режиму випікання в печах цього типу не тільки спростило схему обігріву, але й суттєво знизило металоємність цих конструкцій, поліпшивши процес виготовлення хліба. Проте зміна асортименту продукції, що випікається, призводить до нових викликів. Наповнення печі змінюється, і потужності пальникового пристрою печі або занадто великі, або недостатні для підтримання необхідного температурного режиму. Це часто трапляється, коли пальники, які досягли потрібної температури на початку завантаження, вимикаються регулятором, а значний час відповіді каналу керування не дозволяє швидко відновити температуру. Такі недоліки керування призводять до того, що хліб або підгорає, або не допікається, що негативно впливає на якість продукції та збільшує кількість браку.

Процес перехідного періоду часто триває від 50 до 90 хвилин, що відповідає часу випікання однієї партії хліба. Щоб визначити правильну потужність пальників і температурний режим для кожної нової партії, потрібні експериментальні випікання, але навіть вони не завжди гарантують, що температура і вологість будуть обрані оптимально для даної печі і конкретного асортименту хліба.

Температурний режим печі, разом із кількістю потрібної пари для парозволоження і часом випікання, створює складну багатопараметричну задачу керування, де сталі часу визначаються десятками хвилин. Регулювання температури в печах здійснюється широтно-імпульсним керуванням: циркулююче повітря змішується з топковими газами під час розігріву пічної камери. Частка топкових газів регулюється відкриттям притокових заслонок по зонах печі, що переналаштовуються для кожного виду хліба.

Ця система регулювання дозволяє керувати тепловим градієнтом між тістовою заготовкою та камерою випікання, що забезпечує більш точний контроль температури. Потік суміші газів і повітря призводить до ефективних змін, але

варіювання кількості температурних зон на одному пальнику може змінюватися від 4 до 8, залежно від розташування верхніх та нижніх зон обігріву у печах тунельного типу.

Отже, випікання — це не просто термічний процес, це ціла симфонія з температур, вологості та повітряно-газових сумішей, яка потребує точного регулювання для кожного хлібобулочного виробу, щоб отримати досконалий продукт.

Керування температурою через потужність пальників не прийнято, оскільки в результаті використання даного методу отримаємо значне збурення у процесі самовирівнювання температури по зонах печі.

І все ж таки оптимальний режим роботи процесу випічки хлібу в печі тунельного типу залежить від сучасних автоматизованих систем керування, об’єктом яких має бути хлібопекарська піч – складний багатопараметричний одноємнісний об’єкт, який характеризується рядом технологічних і теплотехнічних величин.

1.3. Завдання на розробку системи автоматизації

Таблиця 1.1.

№ п/п	Місце відбору	Регульований параметр	Допустимі значення пар-ру	Вид контролю	Додаткові вимоги
1.	Трубопровід подачі пари в зону зволоження печі	Витрата	265±5 кг/год	Контроль	Запис, покази. Світлова сигналізація
2.		Тиск	16-20 кПа	Контроль	Запис, покази. Світлова сигналізація
3.	Зона зволоження печі	Вологість	70-80%	Регулювання	Дія на клапан подачі пари в зону зволоження печі
4.	Трубопровід подачі повітря в 1 та 2 топку	Витрата	10±5 м3/год	Регулювання	Дія на клапан подачі повітря в 1 та 2 топку
5.	1 та 2 пальники	Наявність полум'я	-	Контроль	Запис, покази. Світлова сигналізація
6.	Трубопровід подачі газу	Тиск	9-10 кПа	Контроль	Запис, покази. Світлова сигналізація
7.		Витрата	56±5 м3/год	Регулювання	Дія на клапан подачі газу в топку
8.	І зона інтенсивного обігріву	Температура	(280-290) °С	Контроль	Запис, покази. Світлова сигналізація
9.	ІІ перехідна зона	Температура	(230-240) °С	Контроль	Запис, покази. Світлова сигналізація
10.	ІІІ зона допікання	Температура	(120-140) °С	Контроль	Запис, покази. Світлова сигналізація
11.	Електропривід ленти конвеєру печі	Стан		Керування (ручне та дистанційне)	Пуск/Зупинка. Світлова сигналізація
12.	Електропривід поду печі	Стан		Керування (ручне та дистанційне)	Пуск/Зупинка. Світлова сигналізація

Розділ 2. Система автоматизації

2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання

Автоматизація печі: серце технологічного процесу

Система автоматизації була ретельно підібрана, враховуючи специфіку технологічного процесу, і використовує вторинні вимірювальні перетворювачі з уніфікованим сигналом 4-20 мА для мінімізації кількості елементів в електричному ланцюгу. Ці технологічні засоби забезпечують плавний і точний контроль над процесом, адаптуючи його під конкретні вимоги випічки.

Вимірювання температури: інновації на службі точності

В центрі цього автоматизованого контролю стоїть SITRANS TF2 — компактний вимірювальний перетворювач температури, який об’єднує в собі кілька функцій. Конфігуруємий термометр опору Pt100 у поєднанні з цифровим дисплеєм забезпечує не лише локальну індикацію температури, а й передає вимірювальну інформацію на відстань. Цей пристрій включає:

- Термометр опору Pt100: в захисній трубці з нержавіючої сталі.

- Корпус з високим класом захисту: з нержавіючої сталі.

- Мікропроцесорний вимірювальний перетворювач: з рідинно-кришталевим дисплеєм, конфігурується трьома клавішами.

SITRANS TF2 доступний в осьовій та радіальній конструкціях, що дозволяє його використання в різних технологічних середовищах, від хімічної промисловості та енергетики до централізованого теплопостачання, водопостачання, та очищення стічних вод.

Використання SITRANS TF2: широкий спектр застосувань

SITRANS TF2 знайшов своє місце у численних галузях, завдяки своїй універсальності та точності:

- Хімічна промисловість: Де контроль температури є критично важливим для безпеки та ефективності.

- Енергетика: Де температурний контроль сприяє оптимізації процесів і зменшенню витрат.

- Централізоване теплопостачання:Де точність вимірювань забезпечує стабільність системи.

- Водопостачання та очищення стічних вод:Де SITRANS TF2 допомагає контролювати технологічні процеси.

Це автоматизаційне рішення перетворює хлібопекарську піч на високоінтегровану систему, здатну адаптуватися до різних вимог випікання, забезпечуючи неперевершену якість продукції.

• харчова промисловість; • металургія; • виробництво цементу; • формакологія; • біотехнологія.

Переваги приладу:

• висока точність вимірювання та індикація з дозволяючою властивістю 1/100

°С в усьому діапазоні вимірювання;

• конфігуруємі діапазони вимірювання в межах від -50 до +200°С;

• сигнализація (+/-) про перевищення заданого межового значення температури на РКД, а також за допомогою червоного світло діоду (рис.2.2). Конструкція

Корпус SITRANS TF2 (рис.2.1) — це складний пристрій, виготовлений із інструментальної сталі з діаметром 80 мм і обладнаний захисним склом, що вражає своєю міцністю. Всередині захисної труби з різьбовим з’єднанням, також

виконаної з інструментальної сталі, знаходиться температурний датчик Pt100. Використання інструментальної сталі забезпечує високу хімічну стійкість, завдяки чому датчик залишається надійно захищеним від агресивного впливу вимірюваного середовища.

Рис.2.1. Зовнішній вигляд Рис. 2.2. Дисплей приладу

На передній стороні корпуса знаходиться п’ятирозрядний дисплей під скляною кришкою. Під дисплеєм розташовані три клавіші конфігурування SITRANS TF2. Над дисплеєм розташовані один зелений та один червоний світлодіоди для індикації стану приладу.

- Принцип роботи:

Вимірювальний перетворювач TF2 (рис.2.3.) можна розділити на наступні функціональні блоки і окремі функції:

Вхід: RTD – термометр опору Pt100; Ік – стабілізоване джерело струму; A/D – аналого-цифровий перетворювач.

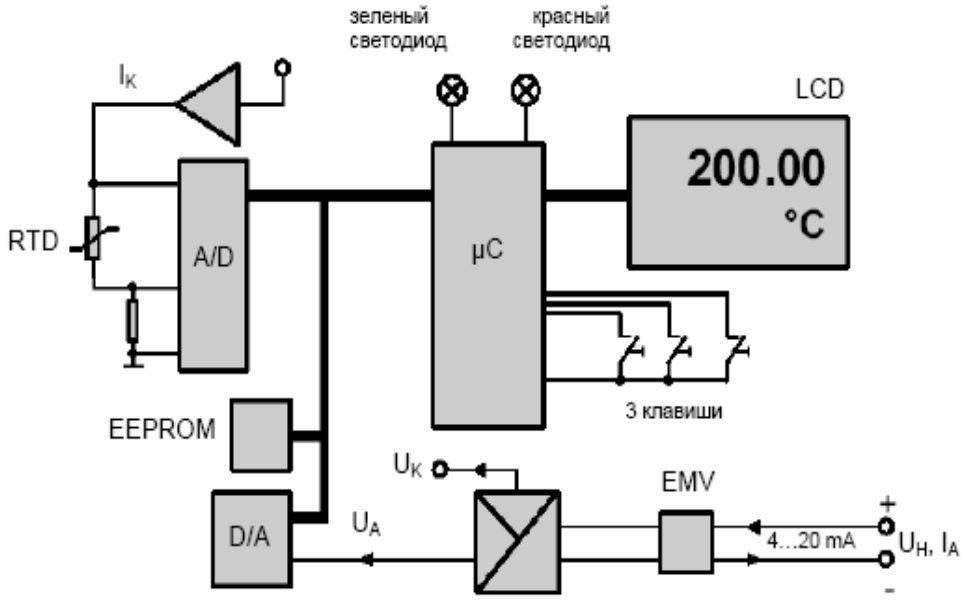


Рис.2.3. Принципова схема Sitrans TF2

Вихід: D/A – цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП); U/I – перетворювач напруги в струм, який живиться від стабілізованого джерела каліброваної напруги Uк та перетворює напругу ЦАП в уніфікований вихідний сигнал по струму (4…20 мА); EMV – вихідний каскад з захисними компонентами, який об'єднує струм живлення з уніфікованим вихідним сигналом по струму; U H – джерело живлення постійного струму в межах +12 В - +36В; I A – уніфікований вихідний сигнал по струму (він же струм споживання). Мікроконтролер: EEPROM – перепрограмуємий запам'ятовуючий пристрій для всіх параметрів.

Вихід: D/A – цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП); U/I – перетворювач напруги в струм, який живиться від стабілізованого джерела напруги та перетворює напругу ЦАП в уніфікований вихідний сигнал по струму (4…20 мА); EMV – вихідний каскад з захисними компонентами, який об'єднує струм живлення з уніфікованим вихідним сигналом по струму; U H – джерело живлення постійного струму в межах +12 В - +36В; I A – уніфікований вихідний сигнал по струму (він же струм споживання).

Керування та індикація: 3 клавіші – конфігурування параметрів перетворювача; LCD – індикація вимірюваних величин з одиницями вимірювання (РКД); Зелений світлодіод – індикація нормального режиму роботи; Червоний світлодіод – індикація повідомлень про помилки та при виході параметру за встановлені межі.

Первинний вимірювальний перетворювач RTD (Pt100), що знаходиться в об'єкті, отримує живлення від стабілізованого джерела струму I K. Спад напруги на датчику відповідає вимірюваній температурі. Аналого-цифровий перетворювач (A/D) перетворює спад напруги у цифровий сигнал. В мікроконтролері (μC) відбувається лінеаризація сигналу у цифровій формі і відтворюється у цій формі у відповідності з необхідними даними (наприклад, вибраною одиницею вимірювання або необхідному діапазону), що запрограмовані заздалегідь та зберігаються в енергонезалежній постійній пам'яті EEPROM, яка дозволяє перепрограмування.

Основною перевагою перетворювача Sitrans TF2 є схема живлення в два проводи, в якій виконано об'єднання ланцюга живлення перетворювача з одночасним передаванням по ньому сигналу вимірювальної інформації - вихідного уніфікованого аналогового сигналу по струму в межах 4…20 мА, який відповідає значенню вимірюваної температури. Тобто, при налаштованому початковому значенні вимірюваної температури, схема перетворювача споживає струм 4 мА напругою постійного струмі в межах 12…30В. В кінці діапазону – перетворювач споживає струм 20 мА при тих же межах напруги живлення.

Величиною R_L @ 500 Ом (рис. 2.4) та отримати на ньому, на необхідній відстані від місця вимірювання, спад напруги, який маже бути використаний, наприклад, для перетворення в аналого-цифровому перетворювачі (АЦП) мікропроцесорного контролера системи керування технологічним процесом.

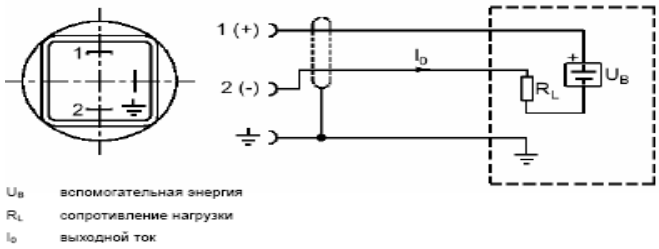


Рис.2.4. Схема підключення TF2 до двопроводової лінії живленн

Технічні характеристики TF2:

Вхід: вимірювана величина – температура в діапазоні від -50 до +200°С.

Вихід: уніфікований сигнал 4…20 мА по дротам живлення. Нижня (мінімум) - 3,6 мА та верхня межа струму (максимум) - 23 мА.

Вихід захищений від невірного під'єднання джерела живлення за полярністю, від перевищення напруги живлення та від короткого замикання.

Максимальний опір навантаження: U H - 12V / 0,023A.

Характеристика перетворення: прямо пропорційна вимірюваній температурі.

Нормовані метрологічні характеристики:

- Абсолютна похибка при температурі навколишнього середовища в межах (23±5) °С складає: < ±(0,45°С + 0,2% від верхньої межі налаштованого діапазону вимірювань).

- Час одного циклу вимірювання ≤100 мс.

- Додаткова похибка від зміни температури навколишнього середовища: < ± 0,15% від верхньої межі налаштованого діапазону вимірювань на кожні 10°С.

- Додаткова похибка від впливу вібрацій в усіх напрямках: < ±0,05%/g до 500Гц.

- Додаткова похибка від впливу нестабільності джерела живлення на кожний вольт зміни напруги: < ±0,01% від верхньої межі налаштованого діапазону вимірювань.

Умови використовування:

- Температура навколишнього середовища, в межах: -25...+85°С.
- Рекомендований діапазон температур, в межах: -10…+70°С.
- Температура середовища зберігання приладу, в межах: -40…+85°С.

Тиск. В роботі використано вимірювальний перетворювач тиску SITRANS P серії MS (рис. 2.5.) для неагресивних і агресивних газів, пари і рідин. Можливі інтервали вимірювання від 0,03 до 400 bar. Вихідним сигналом є постійний струм від 4 до 20 мА, який лінійно-пропорційний вхідному тиску.

- Інтервал виміру 0,03 до 400 bar.
- Нижня межа вимірювання - вимірювальна комірка з наповнювачем з силіконового масла 30 mbar (абс.).
- Верхня межа вимірювання 100% макс. інтервалу вимірювання.

Початок вимірювання (безступінчата установка) між межами вимірювання.

Рис. 2.5. Перетворювач тиску SITRANS P серії MS

Вихідний сигнал 4 до 20 mA

Вихідний сигнал4 до 20 мА

- Нижня межа3,84 мА

- Верхня межа20,5 мА

- Електричне демпфіруваннявстановлюються тимчасові постійні від 0 до 100 с

- Датчик струмудіапазон 3,55 до 23 мА

- Сигнал відмови22,8 мА навантаження

Без HART-комунікації:

- RB≤ (UH - 10,5 V) / 0,023 A в Ω, де UH – допоміжна енергія в V

З HART-комунікацією:

- RB= 230 до 500/1100 Ω

- Характеристика: лінійно зростаюча або падаюча

Витрата: Для контролю та регулювання витрати газу, повітря та пари використовуємо Proline Prowirl 73 від E+H. Це універсальний витратомір для вимірювання об'ємної та масової витрати пари, води, природного газу, стисненого повітря та інших рідин/газів.

Принцип роботи: витратоміри вихрового випромінювання засновані на принципі вихрового проходу Кармана. Рідина, проходячи повз погано обтічне тіло, утворює вихори, кожен з яких генерує точку низького тиску позаду. Ці коливання тиску виявляються датчиком і перетворюються в електричні імпульси.

Переваги Proline Prowirl 73:

- Повний замірний пунктдля насиченої пари або рідкої маси в одному приладі

- Масова витратарозраховується по вимірюваним змінним об'ємної витрати і температури у вбудованому суматорі потоку

- Для перенасиченого пара або газуне обов'язково зчитувати зовнішній тиск

- Попередньо запрограмований прилад

Стійкість та надійність:

- Витратомір стійкий до вібрацій (понад 1 г по всіх осях)

- Стійкість до теплових ударів (> 150 K / c)

- Не вимагає технічного обслуговування: не має рухомих частин, відсутня зрушення нульової точки

- Збалансована система DSC: зчитує тільки імпульси тиску, обумовлені вихорм

Вихід по струму: 4 ... 20 мА з HART

Монтаж:

- На трубопроводі в будь-якому положенні

- Робота з рідким продуктом: у вертикальній трубі – висхідний потік

- Гарячі рідкі продукти: обирати варіант орієнтації C або D, щоб не перевищити допустиму температуру навколишнього середовищаВаріанти орієнтації B і D рекомендуються для дуже холодної рідини (наприклад, рідкий азот). Варіанти орієнтації B, C і D можливі при горизонтальному монтажі. Стрілка на приладі завжди повинна вказувати в напрямку витрати при першій-ліпшій нагоді орієнтації.

а) б)

Рис. 2.6.Зовнішній вигляд вихрового витратоміра Proline Prowirl 73

а) фланцеве, б) пластинчасте виконання

Переваги приладу. Витратомір Prowirl 73 пропонує повний замірний пункт для насиченої пари або рідкої маси в окремому приладі: масова витрата

розраховується по вимірюваним змінним об'ємної витрати і температури у вбудованому суматорі потоку.

Для перенасиченого пара або газу величину зовнішнього тиску зчитувати необов'язково, для підведення дельта-теплоти величина зовнішньої температури може зчитуватися. Прилад може бути попередньо запрограмований (обмовлюється в ТЗ замовника або визначається областю застосування).

Датчик Prowirl стійкий, надійний і перевірений більш, ніж в 100'000 прикладних задачах. Він є:

- багатовимірне вимірювання витрати в компактному виконанні;
- висока стійкість до:
- вібрацій (понад 1 г по всіх осях)

- теплових ударів (> 150 K / c)
- закупорюють рідин
- гідравлічних ударів

• не вимагає технічного обслуговування, не має рухомих частин, відсутня зрушення нульової точки.

Завдяки збалансованій системі DSC датчик зчитує тільки імпульси тиску, обумовлені вихорми, і несприйнятливий до будь-яких механічних вібрацій трубопроводу. Завдяки своїм механічним виконанням ємнісний датчик також нечутливий до теплових і гідравлічних ударів в паропроводах.

Вихід по струму: 4 ... 20 мА з HART.

У більшості випадків прилад можна монтувати на трубопроводі в будь-якому положенні. Лише при роботі з рідким продуктом у вертикальній трубі кращим є висхідний потік, щоб уникнути часткового заповнення труби.

При роботі з гарячими рідкими продуктами (наприклад, температура пари або рідини ≥200 ° C) слід вибрати варіант орієнтації C або D, щоб допустима температура навколишнього середовища не була перевищена.

Варіанти орієнтації B і D рекомендуються для дуже холодної рідини (наприклад, рідкий азот). Варіанти орієнтації B, C і D можливі при горизонтальному монтажі. Стрілка на приладі завжди повинна вказувати в напрямку витрати при першій-ліпшій нагоді орієнтації.

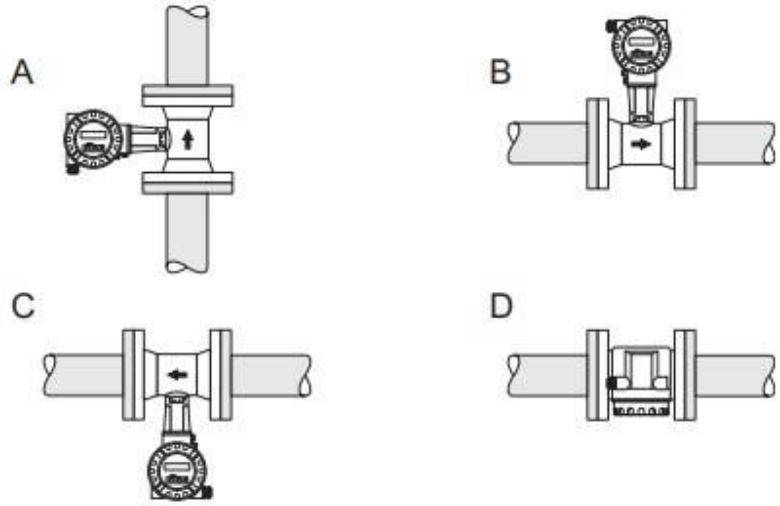


Рис.2.7. Можливі варіанти орієнтації приладу

Вологість. Для вимірювання вологості в зоні зволоження обрано датчик вологості та температури промислового використання 90.7023/333 для важко доступних місць.

Рис.2.8. Комплект для вимірювання вологи у важко доступних місцях JUMO

- Діапазон температур -40 ... + 80 ° C;
- Зонд з кабелем для віддалених вимірювань для об’єктів з підвищеними вимогами;

- Виняткова точність і стабільність;
- Короткий час реагування в силу малої термічної маси;
- Побудова графіка поточного процесу і історії вимірювань за останній рік;
- Стійкий до корозії корпус IP 65;
- Відповідає стандарту NIST.

Даний датчик вологості і температури є універсальним вимірювальним приладом для об'єктів, де потрібні маленькі й вузькі зонди з подовжувальним кабелем. Гнучкі можливості монтажу: для установки зонда в трубах, каналах, в стінних отворах можна замовити інсталяційний набір для каналів, що складається з алюмінієвого фланця, нарізного сполучення і несучого стержня.

Кабель зонда гнучкий і може мати довжину 2 м, 5 м і 10 м. Є вибір з двох діапазонів вимірювання температури навколишнього середовища: до 80 ° С або до 120 ° С.

2.2. Схема автоматизації

Відкриття Мистецтва Автоматизації Печі Тунельного Типу

О, загадки автоматизації печі тунельного типу! Це настільки калейдоскопічне явище, що навіть найгеніальніший розум може заплутатись у його секретах.

Все починається з контролю температури. Система серця - це Sitrans TF2 від Siemens, де платиновий термометр опору взаємодіє з вторинним показуючим пристроєм, супроводжуючи сигнали в діапазоні від 4 до 20 мА (позиції 3а, 3б, 4а, 4б, 5а, 5б).

А вологості, що тут не менш складно - JUMO 90.7023/333 (позиції 11а, 11б) забезпечує інформацію для контролера через TRP-8 (позиція 11в), який керує клапаном подачі пари через пневмоциліндр Festo DSBC-40-40-PPVA-N3 (позиція 11г).

Контроль витрати пари, що подається в зону зволоження тістових заготовок, здійснюється за допомогою вихрової універсальної системи Proline Prowirl 73, яка вимірює об'ємну та масову витрату пари, природного газу, стисненого повітря та інших газів, передаючи уніфікований вихідний сигнал 4-20 мА (позиції 6а, 6б).

Цей вимірювальний комплект також регулює витрату топочного газу та повітря у трубопроводі, що подає їх до пальників (позиції 7а, 7б, 8а, 8б, 9а, 9б, 10а, 10б). Сигнал з датчика надходить до контролера, який формує управляючий сигнал і передає його через електропневмо перетворювач TRP-8 (позиції 7в, 8в, 9в, 10в) на пневмоциліндр Festo DSBC-40-40-PPVA-N3 (позиції 7г, 8г, 9г, 10г), що виконує роль виконавчого механізму для відкриття або закриття клапана подачі газу та повітря до пальників.

Піч ППЦ-250 - це справжній лабіринт, де кожен куток наповнений загадками та загрозами.

З двома топками, верхніми та нижніми димовими каналами, вона - зоряна система готування. Балансування газу та повітря тут надважливе. Недбалий баланс може призвести до катастрофи - вибуху, руйнування обладнання або небезпеки для життя.

Як цього уникнути? Встановленням контролерів тиску газу, що працюють в тандемі з фотодатчиками контролю палаючого факелу. Якщо факел гасне, автоматика відключає подачу палива і висилає сигнал попередження. Два фотодатчики в кожній топці забезпечують подвійний захист, запобігаючи порушенню робочого режиму печі.

На виході з камери змішування встановлений патрубок, через який гази потрапляють на обігрів печі. Продукти згорання, змішані з рециркуляційними газами з камери змішування, потрапляють у газорозподільний короб з лівого боку печі. Шибери розподіляють газові потоки між верхніми і нижніми обігрівачами пекарної камери. Всі відвідні газопроводи розташовані в нижній частині печі під пекарною камерою.

Охолоджені гази підводяться до коробу, розділеного на три частини, і приєднуються до вентилятора рециркуляції з електродвигуном потужністю 7,5 кВт. Потік газів розділяється: частина газів виділяється у димову трубу, а решта направляється у газопровід до кільцевого каналу навколо топки.

Витяжний зонт виділяє парову суміш з пекарної камери через повітрявідвідне улаштування вентилятора. Далі хлібна заготовка проходить через температурні технологічні зони.

Електродвигуни стрічки конвеєра та поду печі приводяться в дію магнітними пускачами (позиції КМ1, КМ2) і кнопковими станціями (позиції SA1, SA2), що дозволяють перемикати режим роботи двигуна між ручним та автоматичним.

Індикація, реєстрація та сигналізація технологічних параметрів проводиться у програмі SCADA, забезпечуючи повний контроль над складним процесом готування у печі.

2.3. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.1.

№ п/п	№ позиції за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Од. вимір-ня	К-ть	Примітка
1	2	3	4	5	6	7
	1а, 2а	Вимірювальний перетворювач тиску для неагресивних та агресивних газів, пару та рідин. Межі вимір. 0,03 – 400 бар. Вих. сигнал 4-20 мА.	Sitrans P серія MS	бар	2	Siemens
	3а, 3б, 4а, 4б, 5а, 5б	Вимірювальний мікропроцесорний перетворювач температури з вбудованим платиновим термометром опору Pt100 в захистній трубці із нержавіючої сталі, показуючий з світловою сигналізацією. Вихідний сигнал 4-20 мА. Вимірювальний діапазон температур -50…+200°С.	Sitrans TF2	°С	3	Siemens
1	6а, 6б, 7а, 7б, 8а, 8б, 9а, 9б, 10а, 10б	Вихрова універсальна система вимір. об'ємної та масової витрати пару, природного газу, стисненого повітря та ін. газів. Вих. сигнал 4..20 мА с HART	Proline ProWirl 73	м³/год	5	Endress+ Hauser
2	11а, 11б	Датчик вологості для важкодоступних місць з зондом та подовжуючим кабелем, довжиною до 10 м. Діапазон вологості 0..100%. Температура середовища до 120 °С. Вихідний сигнал 4-20мА	90.7023/ 333	%	1	JUMO
5	12а, 13а	Фотодатчик контролю наявності полум'я в пальнику, входить в комплект запально-захисного пристрою для дистанційного розпалювання пальників. Довжина факела не >0,8 м	ФД-02 ЗЗУ-3	-	2	Пром прибор Сервис
6	12б, 13б	Сигналізатор горіння, входить в комплект запально-захисного пристрою для дистанційного розпалювання пальників. Вхід-сигнал від фотодатчика, вихід - релейний сигнал.	ЛУЧ-1АМ ЗЗУ-3	-	2	Пром прибор Сервис

1	2	3	4	5	6	7
8	7в, 8в, 9в, 10в,11в	Електропневмоперетворювач. Мінімальний тиск 2,5 бар. Max U = 250 В.	TRP-8	-	5	Camozzi
9	7г, 8г, 9г, 10г,11г	Пневмоциліндр. Межі 1,5-12бар. Dходу=40	DSBC-40-40-PPVA-N3	-	5	Festo
10	КМ1, КМ2	Пускач магнітний, 18А. Робоча напруга 220/380 В.	ПМ 1-18-01	-	2	АСКО УКРМ

Розділ 3. Проектне компонування мікропроцесорного контролера

В даній роботі використовується мікропроцесорних контролер фірми Schneider Electric, які останнім часом широко використовуватись вітчизняними інжиніринговими фірмами при розробці та впровадження систем автоматизації в різних галузях промисловості. Концерном Schneider Automation випускається велика гама ПЛК, які умовно поділяють на дві гілки. До першої гілки відносять ПЛК Modicon TSX Nano, Modicon TSX Micro, Modicon TSX Premium, а до другої- Modicon TSX Quantum.

Конструктивно M340 може складатись з таких основних елементів:

1. Шасі, на яких встановлюються модулі.
2. Модуль живлення, який обов'язково повинен бути присутнім в кожному шасі, і який встановлюється на спеціально відведеному місці у шасі.
3. Модуль розширення для контролерів побудованих на базі декількох шасі.
4. Кабелі розширення BusX, що з'єднує модулі розширення на суміжних шасі.
5. Термінуючі резистори в кінцевих модулях розширення архітектури M340.
6. Процесорний модуль, який обов'язково розміщується в посадочному місці з номером 00 у шасі, яке має номер 0.

   Модулі вводу/виводу та модулі спеціального призначення, які розміщуються в будь-якому посадочному місці.

Рис.3.1. Зовнішній вигляд Modicon M340

3.1. Проектне компонування ПЛК

Процесорні модулі M340 мають безліч функціональних можливостей. Вони відрізняються швидкістю обробки інструкцій, кількістю входів/виходів, які контролер може обробляти, кількістю спеціальних каналів, об'ємом доступної оперативної пам'яті та вбудованими в модуль ЦПУ комунікаційними засобами. У кожному процесорному модулі M340 є вбудований USB-інтерфейс, який призначений для підключення терміналу програмування, а також для з'єднання з операторськими станціями з встановленим SCADA/HMI. Для цього можна використовувати спеціальний екранований кабель з комплекту або стандартний USB-кабель з роз'ємом mini B, але довжина кабелю не повинна перевищувати 5 м.

У спеціальному слоті знаходиться SD-карта пам'яті. На карті, яка входить до стандартної комплектації (8 МБ), зберігається завантажений проект, діагностичні веб-сторінки, а також, при необхідності, вихідний код проекту, константи та діалогові таблиці. Можна використовувати альтернативну карту на 128 МБ для збереження даних користувача та файлових операцій через FTP-сервер. Кожен процесорний модуль може мати один або два вбудовані комунікаційні канали: Modbus Serial RS-232/RS-485, Ethernet TCP/IP та CANOpen. Вони забезпечують доступ термінала програмування UNITY PRO до контролера.

Споживана потужність модулів залежить від типу даних модулів, тому правильний вибір модуля живлення вимагає розрахунку енергоспоживання. Живлення модулів здійснюється через два виходи модуля живлення: 24 В (24V_BAC) для модулів входів-виходів та процесорного модуля, і 3,3 В (3V3_BAC) лише для модулів входів-виходів. Модулі живлення на 100-240 VAC (BMX CPS 2000 та BMX CPS 3500) мають додатковий вихід 24 В (24V_SENSORS) для живлення датчиків або виконавчих механізмів.

Модулі дискретних входів/виходів M340 займають один слот і відрізняються типом каналів (вхідні, вихідні, змішані), кількістю каналів, типом підключення. Вони можуть встановлюватися у будь-яке місце шасі, окрім місця для живлення та процесорного модуля. Дозволяється гаряча заміна модулів (при включеному живленні). Входи/виходи можуть бути постійного струму (DC) на 24 VDC та 48 VDC з позитивною або негативною логікою, або змінного струму (AC) на 100-240 VAC. Можуть бути з транзисторними або релейними виходами, захищеними від короткого замикання. Всі дискретні входи та виходи ізольовані від внутрішньої шини.

Модулі аналогових входів/виходів M340 також займають один слот. Вони відрізняються типом каналів (вхідні, вихідні, змішані), кількістю каналів, характеристикою і діапазоном сигналів (напруга, струм, термометри опору тощо), наявністю гальванічного розділення та способом підключення. Їх можна встановлювати у будь-яке місце шасі, окрім місця для живлення та процесорного модуля. Дозволяється гаряча заміна модулів (при включеному живленні).

Аналогічно аналоговим модулям Premium, аналогові вхідні модулі M340 виконують функції:

- сканування вхідних каналів різного діапазону за допомогою безконтактного мультиплексування;
- аналогово-цифрове перетворення;
- фільтрація сигналів;

- моніторинг модуля: тестування ланок перетворення, вхідний контроль перевищування рівня сигналу, тест наявності клемної колодки.

Модулі аналогових виходів виконують функції:

- цифро-аналогове перетворення;

- захист каналів модулів від перевантаження;

- моніторинг модуля: тест перетворення, тест виходу за межі, тест наявності клемної колодки.

Реалізація алгоритму керування хлібопекарською піччю тунельного типу потребує:

- Аналогові входи 11;

- Аналогові виходи 5;

- Дискретні входи 2;

- Дискретні виходи 4.

Необхідне обладнання для компонування ПЛК M340 наведене в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

Найменування	**Кількість**	**Примітка**
BMX CPS 2000	1	Модуль живлення 100…240 VAC, 20 Вт
BMX P34 2010	1	Процесорний модуль
BMX AMI 0800	2	Модуль аналогових входів на 8 каналів
BMX AMO 0802	1	Модуль аналогових виходів на 8 каналів
BMX DDI 1612	1	Модуль дискретних входів на 16 каналів
BMX DDO 1612	1	Модуль дискретних виходів на 16 каналів
BMX FTB 2820	3	28 контактна з'ємна клемна колодка
BMX FTB 2010	2	20 контактна з'ємна колодка з гвинтовими зажимами

3.2. Загальна схема підключення датчикі, виконавчих механізмів та регулюючих органів

Підключення Датчиків та Виконавчих Механізмів до Контролера: Непередбачуваний Танок Автоматизації

Схема, що пов'язує датчики, виконавчі механізми (ВМ) і регулювальні органи (РО) з контролером, представлена на кресленні 2 графічного матеріалу. Кожен провід тут живе своїм життям, нумерований для полегшення підключення: ланцюги управління, регулювання та вимірювання мають номери від 1 до 399, тоді як ланцюги живлення мають інший світ - номери від 800 до 999.

Вибір цієї системи технічних засобів автоматизації обумовлений тонкою структурою та алгоритмічною специфікою об'єкта, умовами експлуатації та вимогами до якості проектованої системи. Особливо взяли до уваги локальність системи, необхідну серійність та однорідність апаратури, а також невелику інерційність об'єкта, високу частоту збурень та необхідність дистанційної передачі сигналів.

Проаналізувавши всі можливі переваги та недоліки сучасних систем автоматизації, і вивчивши вихідні дані по об'єкту, наш вибір пав на пневматичну систему технічних засобів. Ця система відрізняється малою інерційністю, простотою живлення та мінімальними витратами на впровадження.

Для регулювання основних технологічних параметрів процесу випічки хлібу та хлібобулочних виробів у печі тунельного типу використовуються пневматичні виконавчі механізми з вихідним сигналом 4-20 мА. Передбачено автоматичний та ручний режими роботи електроприводів стрічки конвеєра і поду печі. Сигналізація технологічних параметрів реалізується за допомогою SCADA-програми на ПК оператора-технолога.

Схема управління електродвигунами М1 та М2, коли живлення ланцюга управління забезпечується фазною напругою, працює наступним чином. В ручному режимі, при натисканні кнопки SB1.2 ("Пуск"), напруга 220 В подається на магнітний пускач КМ1, який замикає свій контакт і забезпечує блокування кнопки "Пуск". Це явище відоме як самопідхват, і магнітний пускач запускає двигун.

Натисканням кнопки SB1.1 ("Стоп") електричний ланцюг розривається, струм перестає подаватися на магнітний пускач, самопідхват розмикається, і двигун зупиняється.

При перемиканні на автоматичний режим роботи електродвигуна М1 за допомогою ключа SA1, управління здійснюється дискретним виходом з промислового контролера KV1. Двигун оснащений тепловим реле для захисту від перегріву: у випадку перегріву нормально замкнені контакти теплового реле КК1 розмикаються, розриваючи ланцюг, і двигун зупиняється.

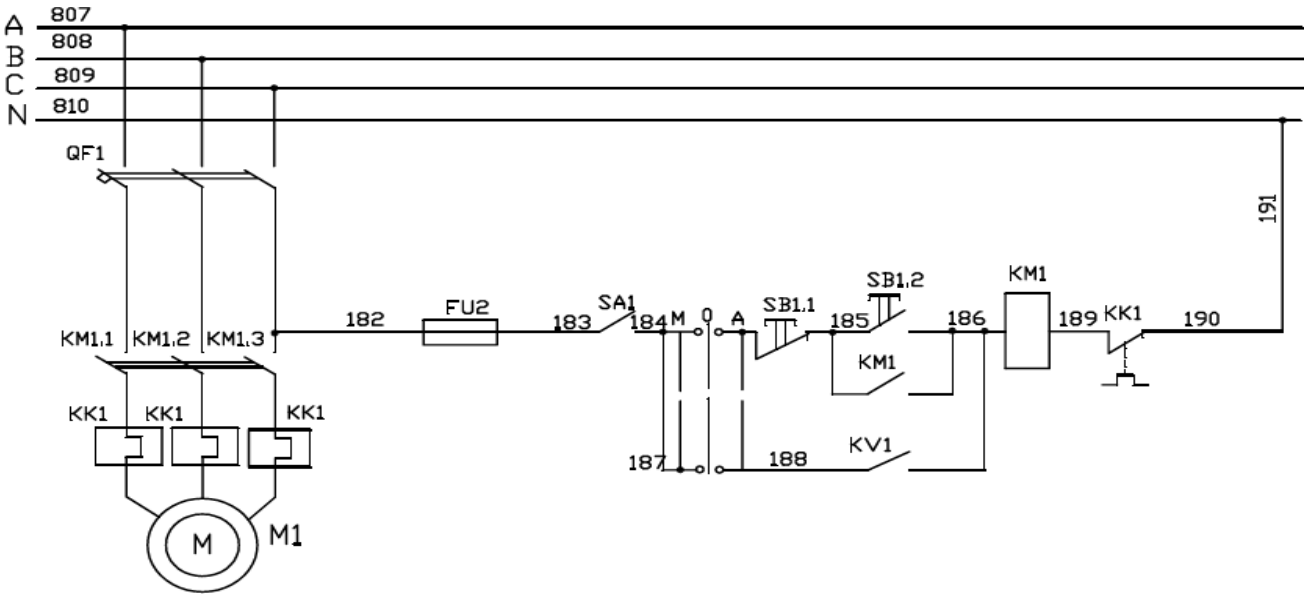
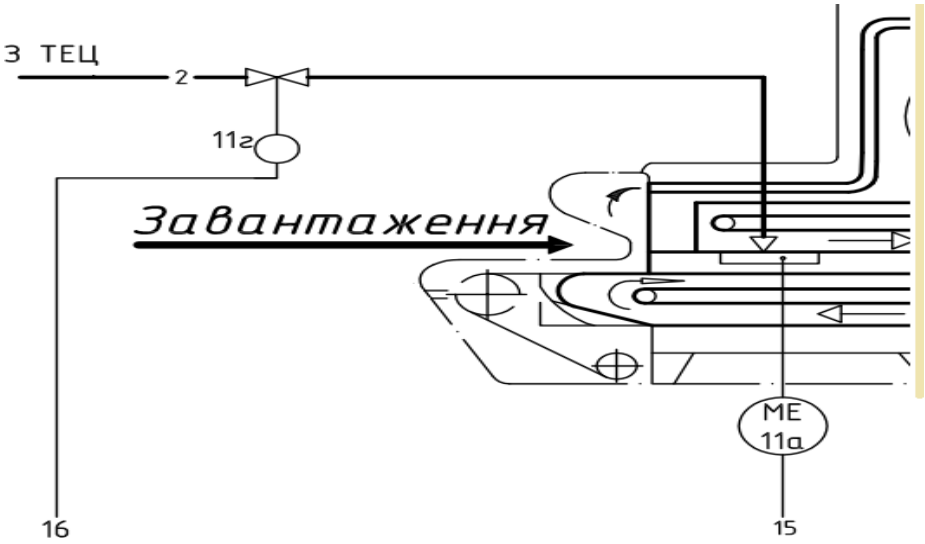


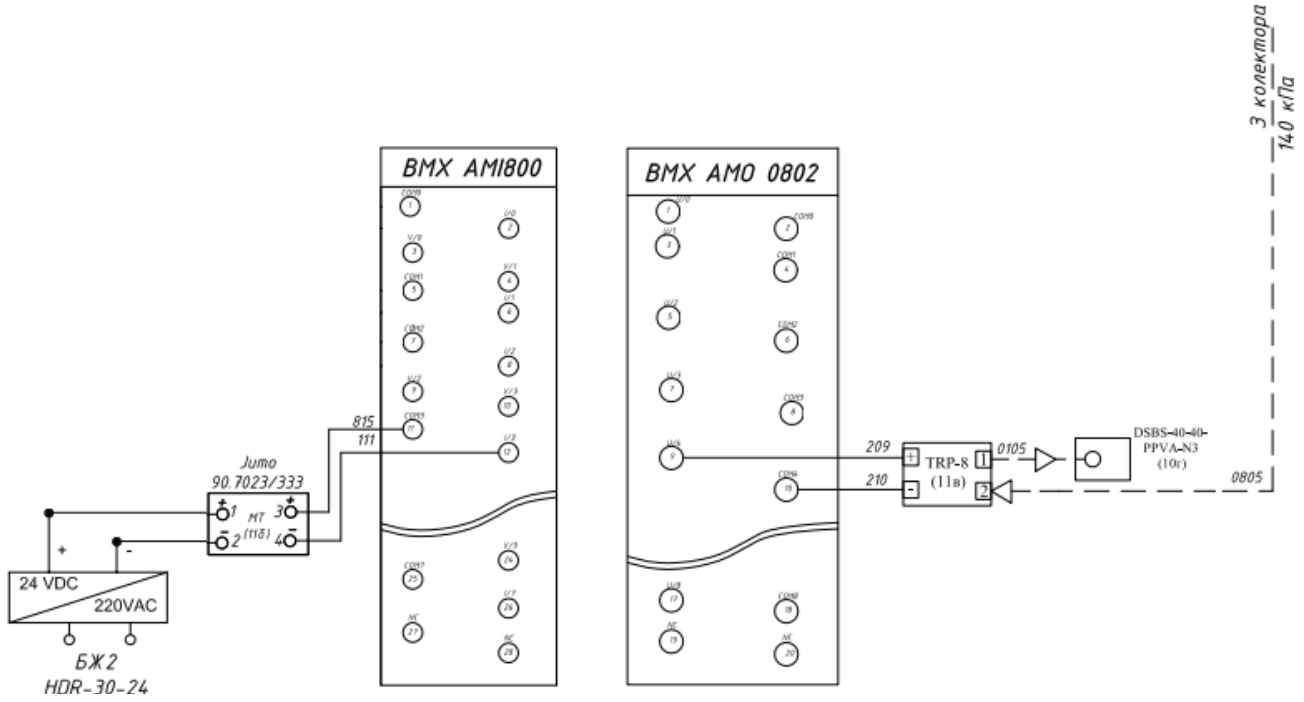
Рис.3.2. Принципова електрична схема управління електродвигуном М1

Електродвигун М2 працює за аналогічною схемою.

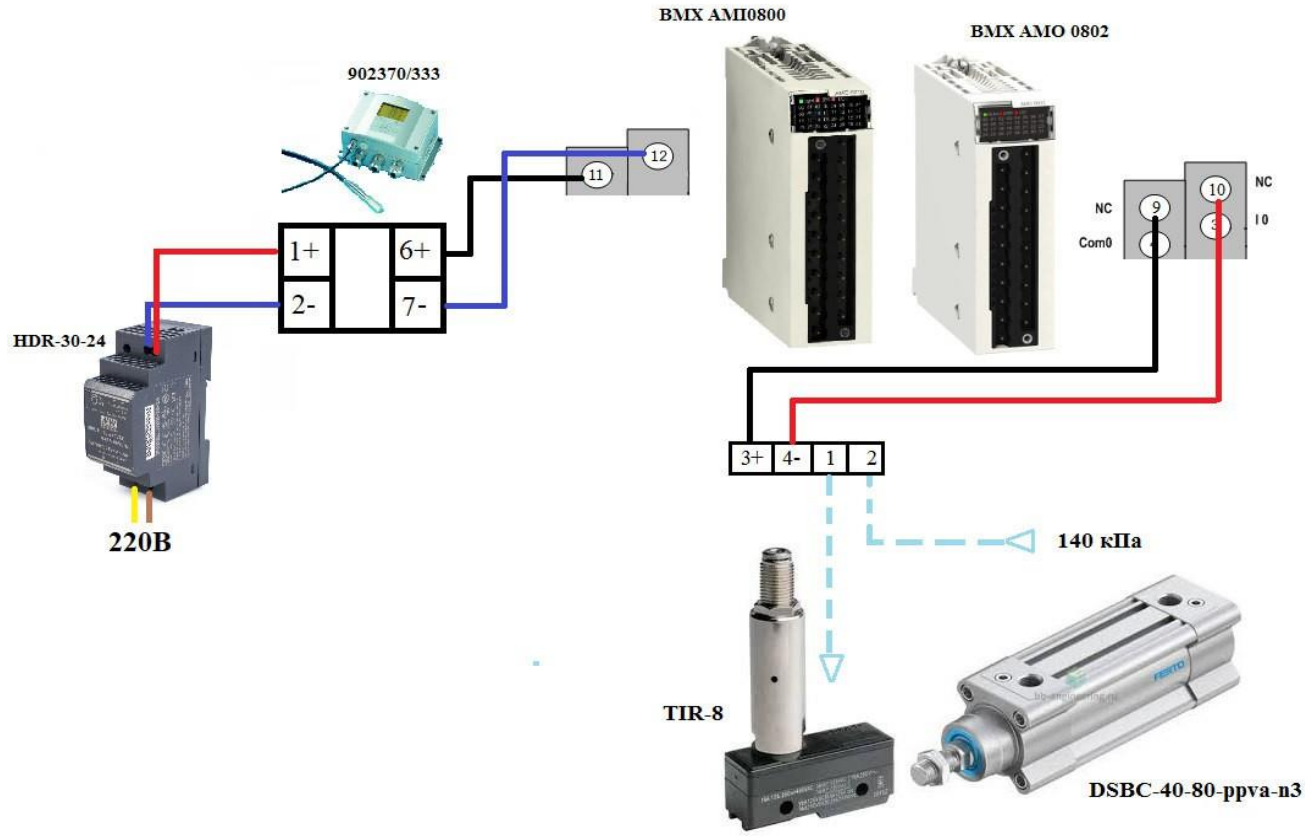
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру Фрагмент схеми автоматизації для контуру регулювання вологості в зоні зволоження печі тунельного типу



Фрагмент схеми підключення для контуру регулювання вологості в зоні зволоження печі тунельного типу



Грфічна схема підключення



Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу

Вологість повітря, газів, твердих і сипучих матеріалів є критичним параметром, що підлягає ретельному контролю під час різноманітних технологічних процесів, а також при зберіганні продуктів у складських приміщеннях та холодильних камерах. Вміст вологи в газовому середовищі можна охарактеризувати двома основними параметрами: абсолютною та відносною вологістю.

Абсолютна вологість газового середовища визначається як масова кількість (концентрація) водяної пари, що міститься в 1 кубічному метрі газового середовища. Вимірюється абсолютна вологість у кілограмах на кубічний метр (кг/м³) або грамах на кубічний метр (г/м³).

Відносна вологість, або ступінь насичення газового середовища, позначається як ψ (%) і визначається як відношення абсолютної вологості газового середовища (МА) до масової концентрації (кількості) водяної пари (МН), яка насичує це середовище за певної температури.

Контроль вологості необхідний для забезпечення оптимальних умов зберігання і переробки матеріалів, запобігання псуванню продуктів та підтримання стабільності технологічних процесів. Вимірювання вологості здійснюється за допомогою спеціалізованих приладів, що забезпечують високу точність і надійність отриманих даних.

Вимірювання вологості повітря та газів проводиться, в основному, психрометричними, сорбційними методами та за точкою роси.

Вміст вологи в твердих та сипких матеріалах характеризується вологовмістом U та вологістю W.

Вологовміст U - відношення маси вологи M в матеріалі до маси абсолютно сухого матеріалу Mo: $U = M / M^0$.

Вологість W - відношення маси вологи M в матеріалі до маси вологого матеріалу Mв: $W = M / Mв = M / (Mo + M)$.

Відповідно до технологічних та технічних умов в дипломній роботі для вимірювання вологості в зоні зволоження тунельної печі було обрано датчик вимірювач вологості і температури 90.7023/33 від фірми JUMO є універсальним приладом, що підходить для найрізноманітніших додатків, особливо там, де необхідні маленькі й вузькі зонди з подовжувальним кабелем. Його конструкція дозволяє легко встановлювати зонд у трубах, каналах і стінних отворах.

Для інсталяції зонда у таких місцях можна замовити спеціальний монтажний комплект для каналів. Цей комплект включає алюмінієвий фланець, нарізне сполучення та несучий стержень, що забезпечують надійну фіксацію зонда і оптимальну точність вимірювання.

Рис.4.1. Інсталяційний набір для каналів

Кабель зонда має гнучкість і може мати довжину 2 м, 5 м і 10 м.

Датчик 90.7023/33 фірми JUMO для промислового використання має такі переваги:

- Вимірювання вологості в повному діапазоні 0..100%;
- Витримує температури до 180 ° C (залежно від типу зонда);
- Витримує тиск до 100 бар (залежно від типу зонда);
- Міцний металевий корпус, ступінь захисту IP 65;
- Виняткова точність і стабільність;

- Побудова графіка поточного процесу та історії вимірювань за останній рік;
- Відповідає стандарту NIST

- В якості опції можливі обчислення і виведення точки роси, абсолютної вологість, співвідношення сумішей, вологої температури, ентальпії і тиску водяної пари.

Сенсор виконує точні і надійні вимірювання, стійкий до забруднення.

Рис.4.2. Вимірювальний комплект 90.7023/333 для важкодоступних місць

В якості опції, датчики можуть поставляться з великим цифровим/ графічним дисплеєм, на якому зручно спостерігати графік поточного процесу і його історію за останній рік. Записані дані вимірювань можна виводити на дисплей або передавати на ПК за допомогою програми, що працює під Windows.

Завдяки широкому асортименту монтажних приладь і можливостям підключення до різних джерел змінного та постійного струму, інтеграція датчиків у різні системи стає напрочуд простою. Прилади цієї серії можуть постачатися з конфігурацією, що включає до трьох аналогових виходів, а також можливістю гальванічного розділу напруги живлення і аналогових виходів.

Для цифрової комунікації передбачені інтерфейси RS232/RS485 і релейні виходи. Заводське калібрування приладів виконується по шести точках вологості, забезпечуючи високу точність. Швидке одноточкове калібрування на місці можна легко виконати за допомогою додаткового вимірювального приладу, доступного на вимогу.

Крім того, JUMO пропонує тестові розчини для більш точного двоточкового калібрування, що робить ці прилади надзвичайно гнучкими та зручними у використанні.

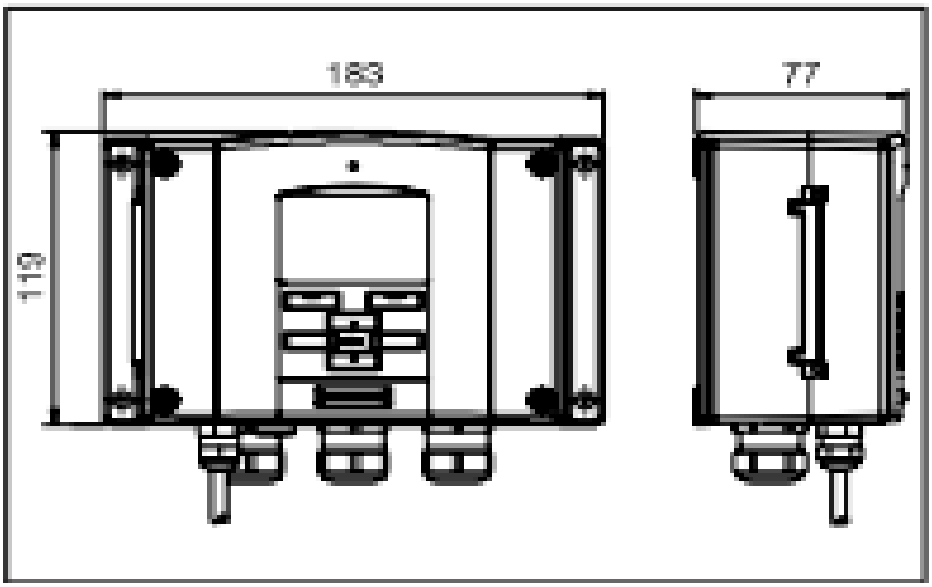


Рис.4.4. Корпус 90.7023/333 в розмірах

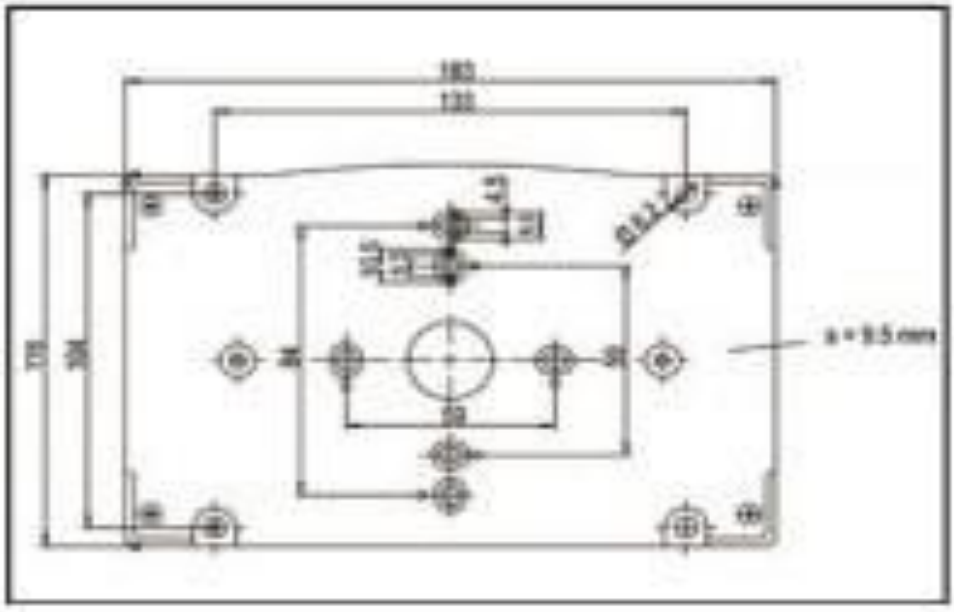


Рис.4.4. Монтажна плата / шаблон для розсверлювання

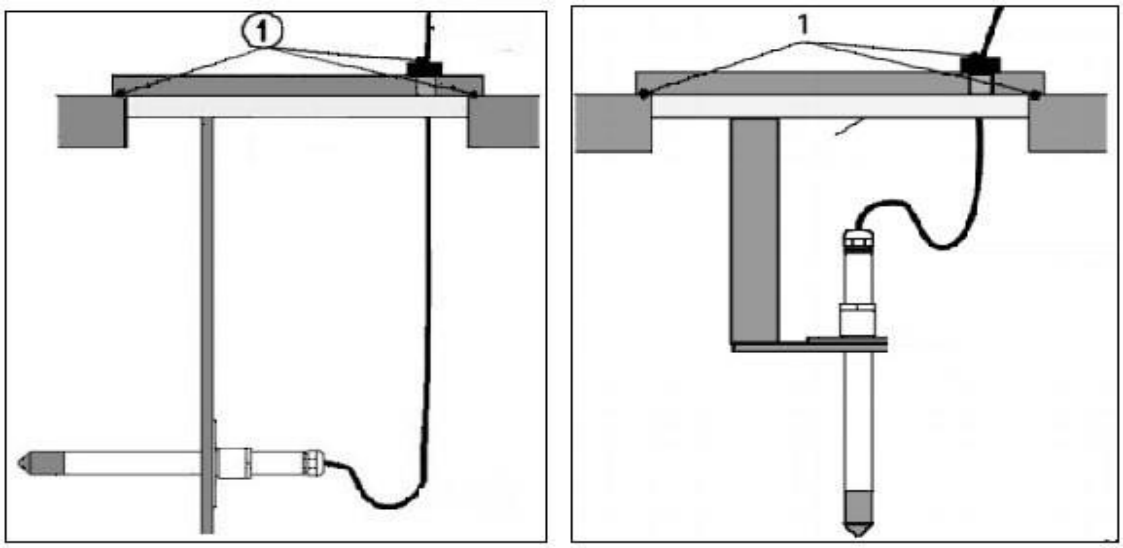


Рис.4.5. Горизонтальний та вертикальний монтаж зонду

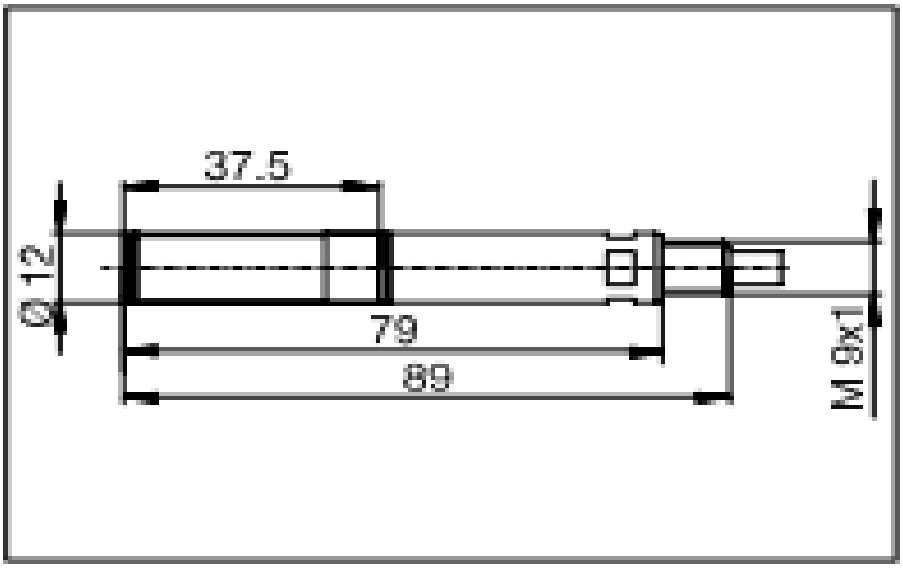


Рис.4.6. Зонд типу 907023/333

Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для ПЛК

Автоматизація з Modicon M340: Калейдоскоп Можливостей від Schneider Electric

У кваліфікаційній роботі система автоматизації побудована на основі мікропроцесорного контролера Modicon M340 від компанії Schneider Electric. Цей потужний інструмент програмується за допомогою Unity Pro — багатофункціонального програмного забезпечення, що надає безмежні можливості для програмування, налагодження та управління ПЛК Modicon M340, а також серій Premium, Quantum та Atrium. Unity Pro відповідає стандарту МЕК 61131-3, об'єднуючи переваги пакетів PL7 і Concept, створюючи універсальну платформу для сучасної автоматизації.

Unity Pro пропонує широкий спектр функцій для підвищення продуктивності:

- Сучасна функціональність

- Оптимальна стандартизація, що забезпечує повторне використання розробок.

- Тестування програм і покращення роботи системи.

- Нові вбудовані засоби діагностики.

Врахування Всієї Специфіки

При розробці програми були враховані міграційні питання існуючих додатків, що значно збільшує вигоду від використання програмного забезпечення, одночасно зменшуючи витрати на навчання і відкриваючи великий потенціал для розвитку та сумісності. Каталог Unity містить спеціальне програмне забезпечення для підвищення продуктивності, дозволяючи розробляти і створювати додатки з інтеграцією ПЛК та людино-машинного інтерфейсу.

Інноваційні Підходи до Продуктивності

Автоматизаційні платформи Modicon, підтримуючи технологію «прозорого виробництва» Transparent Ready на базі Ethernet TCP/IP та WEB-технологій, пропонують неперевершені рішення для підвищення продуктивності. Завдяки можливостям WEB-сервера, розсилки електронних повідомлень, прямого доступу до баз даних та синхронізації пристроїв, Modicon ПЛК втілює всі найкращі можливості Ethernet.

Відкритість та Стандартизація

Schneider Electric, замість розробки закритих систем, адаптувала такі ринкові стандарти, як мови програмування МЕК, Ethernet TCP/IP, Modbus IDA, XML, OPC, IT-стандарти та інші. Співпраця з визнаними світовими лідерами у сфері розробки програмного забезпечення та виробництва апаратних засобів у рамках програми Collaborative Partner Program Automation забезпечила ефективний обмін технологіями, гарантуючи найкраще рішення без компромісів щодо простоти інтеграції.

Інтуїтивне Програмування

Багатофункціональна інструментальна система Unity Pro дозволяє повністю оцінити переваги сучасного графічного інтерфейсу, працюючи під керуванням операційних систем Windows XP або Windows 2000:

- Прямий доступ до інструментів та інформації.

- Стовідсоткова графічна настройка конфігурації.

- Настроювана панель інструментів і піктограми.

- Функції drag & drop та масштабування.

- Вбудоване вікно діагностики.

Структурування та Налаштування

Інструментальна система Unity Pro пропонує повний набір інструментів для структурування додатків відповідно до специфіки процесу або агрегату. Програми розбиваються на ієрархічно впорядковані функціональні блоки, які включають:

- Область програми.

- Таблиці анімації.

- Екрани оператора.

- Гіперпосилання.

Основні функції програмуються в призначених для користувача функціональних блоках (DFB) на мовах МЕК 61131. Всі модулі оптимізовані для ваших вимог, зменшуючи час на розробку та налагодження, одночасно підвищуючи якість:

- Функціональні модулі можна багаторазово використовувати в додатках і застосовувати XML для імпорту/експорту між проектами.

- Функціональні блоки легко перетягуються в проект з бібліотеки за допомогою миші (технологія drag & drop).

- Автоматичне оновлення примірників блоків у телепрограмах при змінах у бібліотеці (опціонально).

Симуляція та Налагодженн

Вбудована функція симулятора ПЛК дозволяє точно відтворити поведінку програми ПЛК на комп'ютері. Симулятор підтримує всі необхідні засоби налагодження:

- Покрокове виконання програми.

- Контрольні точки зупинки програми і точки перевірки зміни змінних.

- Анімація в реальному часі для перевірки змінних і логіки під час роботи.

Діагностика та Моніторинг

Unity Pro підтримує бібліотеку DFB для діагностики роботи програми. Інтегровані функціональні блоки використовуються для моніторингу умов безпечної роботи та розвитку процесу в часі. У вікні програми в хронологічному порядку виводяться всі повідомлення про несправності системи та помилки додатків з міткою часу. З цього вікна можна одним клацанням миші запустити редактор для усунення помилок.

Розширені Функції

Розширений діапазон функцій забезпечує точне управління вашими операціями і економить час:

- Журнал історії дій оператора, що зберігається в захищеному файлі.

- Профайл користувача та захист паролем.

- Інтегровані робочі екрани оператора.

Мови Програмування

Можливі мови програмування включають:

- LD (Ladder Diagram Синтаксис цієї мови є зручним для заміни логічних схем, виконаних на релейній техніці.

- ST (Structured Text): Мова програмування стандарту IEC 61131-3, подібна до Pascal.

- FBD (Function Block Diagram): Графічна мова програмування, що утворює програму зі списку ланцюгів, які виконуються послідовно зверху вниз.

Кожен ланцюг являє собою вираз, складений графічно з окремих елементів. Блоки виконуються строго в порядку їх сполуки, а результат обчислення ланцюга записується у внутрішню змінну або подається на вихід ПЛК.

Unity Pro надає все необхідне для створення ідеальних умов для автоматизації, роблячи процес програмування інтуїтивно зрозумілим і надзвичайно ефективним.

Таблиця аналогових входів для Modicon M340

ТАБЛИЦЯ 5.1.

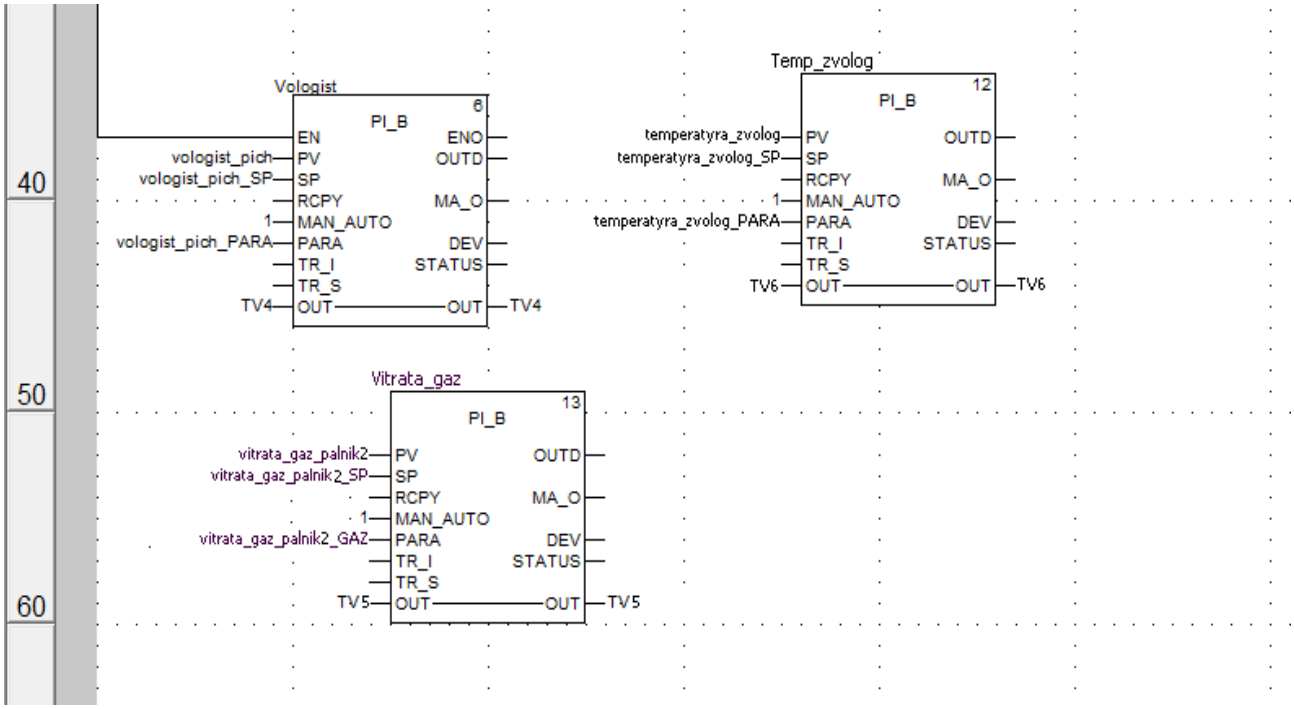
Назва сигналу	Позначення на СА	Адреса
1	**2**	**3**
Датчик тиску подачі пари в зону зволоження печі	PT 1а	%IW1.2
Датчик тиску подачі газу в топочну камеру пальника	PT 2а	%IW2.1
Датчик температури в зоні зволоження печі	TT 3а	%IW1.3
Датчик температури в 2-й зоні печі	TT 4а	%IW1.7
Датчик температури в 3-й зоні печі	TT 5а	%IW2.4
Датчик витрати пари, що подається в зону зволоження печі	FT 6б	%IW1.0
Датчик витрати повітря, що подається в топочну камеру 1-го пальника	FT 7б	%IW1.4
Датчик витрати повітря, що подається в топочну камеру 2-го пальника	FT 8б	%IW2.7
Датчик витрати газу, що подається в топочну камеру 1-го пальника	FT 9б	%IW2.0
Датчик витрати газу, що подається в топочну камеру 2-го пальника	FT 10б	%IW2.2
Датчик вологості в зоні зволоження печі	MT 11б	%IW1.1

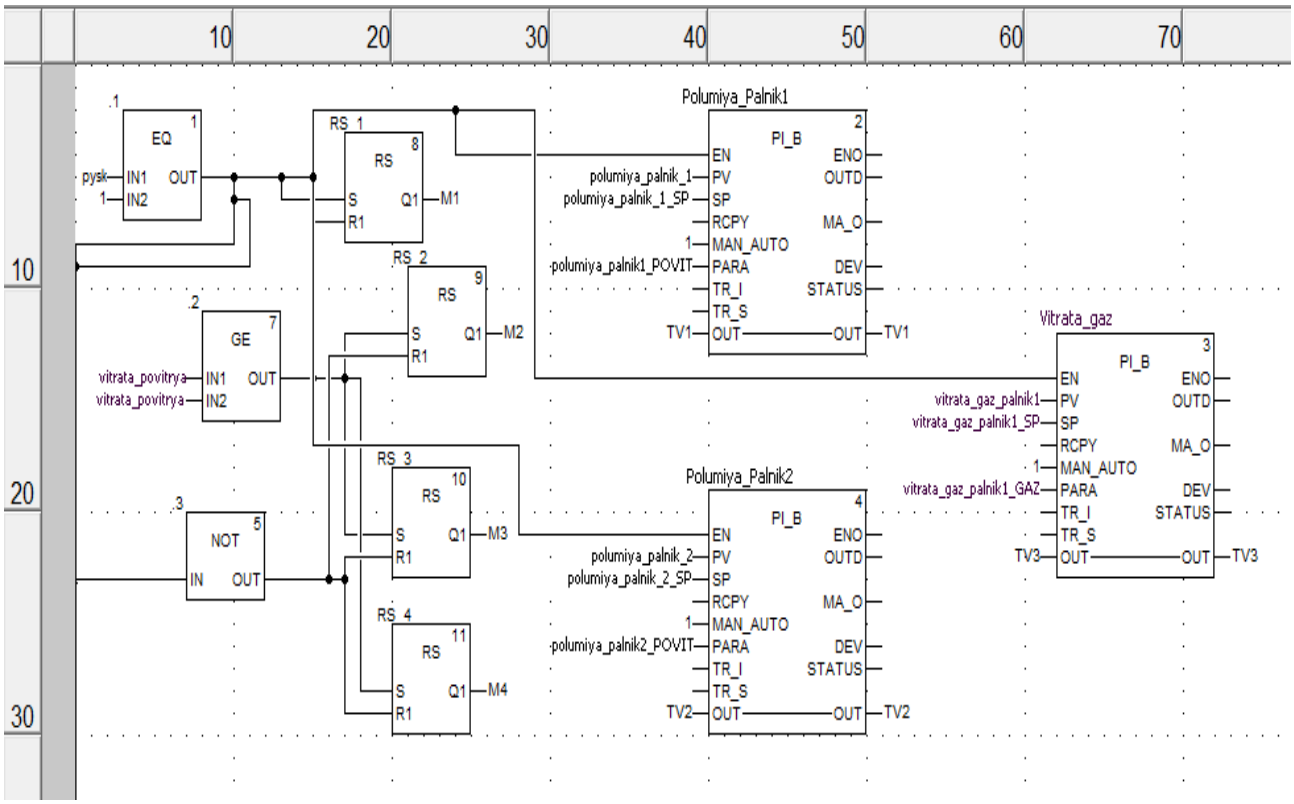
Таблиця дискретних входів для Modicon M340

ТАБЛИЦЯ 5.2.

Назва сигналу	Позначення на СА	Адреса
1	**2**	**3**
Датчик наявності полум’я в 1-му пальнику	BSA 12б	%I1.0
Датчик наявності полум’я в 2-му пальнику	BSA 13б	%I1.1

Фрагмент програми для ПЛК Modicon M340





Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

Для розробки інтерфейсу HMI/SCADA було обрано програмне середовище Zenon SCADA. Zenon – це простий у використанні, але потужний програмний пакет для систем автоматизації, створений світовим лідером у HMI/SCADA-рішеннях, компанією COPA-DATA. Використовується багатьма компаніями по всьому світу для візуалізації процесів, машинних операцій та управління виробництвом.

Zenon пропонує інтуїтивно зрозумілий об'єктно-орієнтований дизайн, забезпечуючи повну сумісність та інтеграцію в єдину систему пристроїв, починаючи від окремих терміналів до великих пунктів управління. Рівень безпеки відповідає міжнародним стандартам. Відкритість Zenon дозволяє швидко та ефективно підключати будь-яке апаратне та програмне забезпечення, наприклад, ERP-системи. Він чудово функціонує на промислових ПК та пристроях Windows CE. Розробник надає найновіші програмні інтерфейси, такі як VSTA та VBA.

SCADA – програмний пакет для розробки або підтримки систем реального часу, призначений для збору, обробки, відображення та архівування інформації про об'єкт моніторингу або управління. SCADA може входити до складу ACS TP, ASKOE, системи моніторингу навколишнього середовища, наукових експериментів, автоматизації будівель тощо. Ці системи використовуються у всіх галузях економіки, де потрібен операторський контроль над технологічними процесами в режимі реального часу. Програмне забезпечення встановлюється на комп'ютерах і використовує драйвери вводу-виводу або сервери OPC/DDE для зв'язку з об'єктом. Код програми може бути написаний однією з мов програмування і створюється у середовищі проектування.

Іноді SCADA-системи доповнюються додатковим програмним забезпеченням для програмування промислових контролерів. Такі системи SCADA називаються інтегрованими, і до них додається термін SoftLogic. Термін SCADA зазвичай

позначає централізовані системи контролю та управління цілою системою або комплексами систем, що здійснюються за участю людини. Більшість контрольних дій виконуються автоматично RTU або PLC. Пряме управління процесом зазвичай забезпечується RTU або PLC, а SCADA контролює режими роботи.

Наприклад, PLC може контролювати потік охолоджуючої води в рамках частини виробничого процесу, а система SCADA може дозволяти операторам змінювати налаштування потоку, змінювати маршрути рідини, наповнювати певні резервуари та контролювати повідомлення про тривогу, такі як втрата потоку та висока температура. Інформація відображається, записується, і на неї оператор повинен своєчасно реагувати. Цикл управління зворотним зв'язком проходить через RTU або PLC, тоді як система SCADA контролює повне виконання циклу.

SoftLogic додає гнучкості та потужності до SCADA-систем, дозволяючи комплексне програмування та налаштування промислових контролерів прямо з середовища SCADA. Це інтегроване рішення дозволяє оптимізувати процеси, скорочуючи час на налаштування та обслуговування. Впровадження таких систем забезпечує високий рівень автоматизації та контролю над виробничими процесами, що є критично важливим для сучасних промислових підприємств.

Отже, SCADA-системи не лише виконують функції моніторингу та контролю, але й інтегруються з іншими технологіями, забезпечуючи повну синергію між апаратними та програмними компонентами виробничої інфраструктури. Це дозволяє досягти максимальної ефективності та надійності у роботі, забезпечуючи безперервність процесів і швидку реакцію на будь-які зміни або непередбачені ситуації.

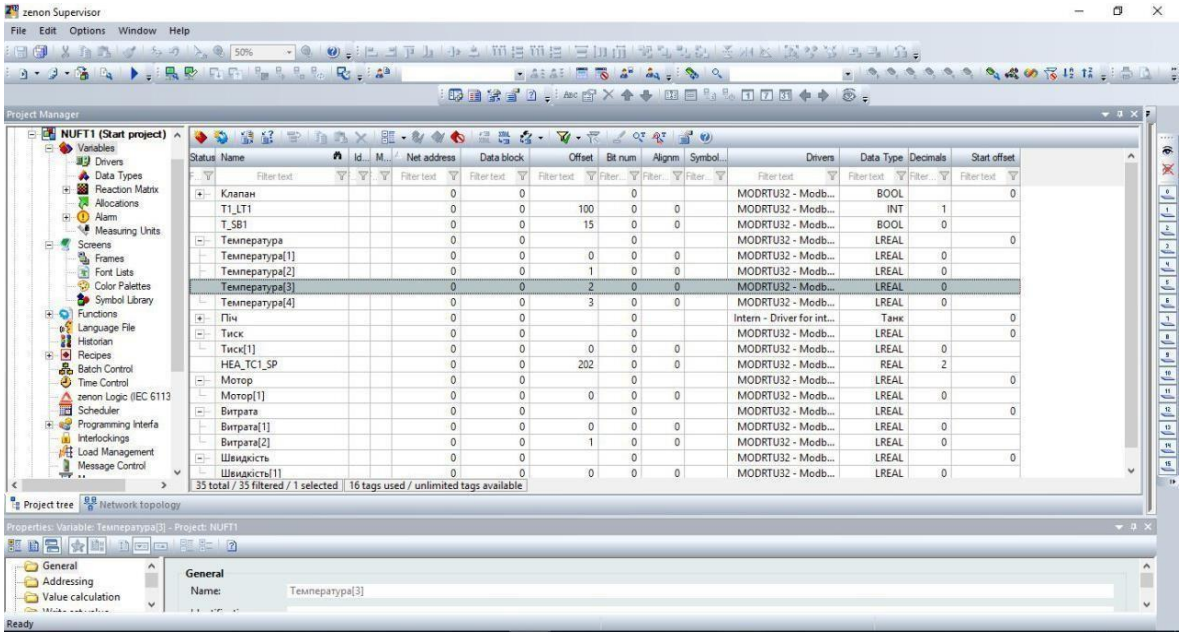


Рис.6.1. Таблиця змінних використаних при розробці SCADA/HMI.

Система автоматизації в нормальному стані:

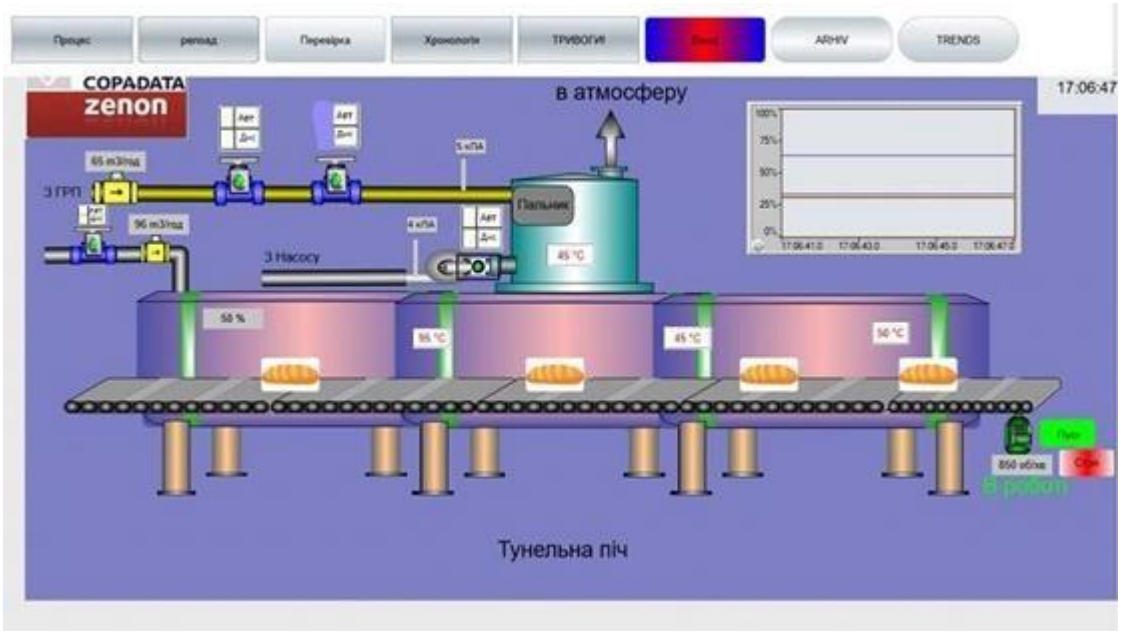


Рис.6.2. Система автоматизації в нормальному стані.

Вкладка хронологія системи автоматизації. На цьому вікні відображаються всі події в хронологічному порядку:

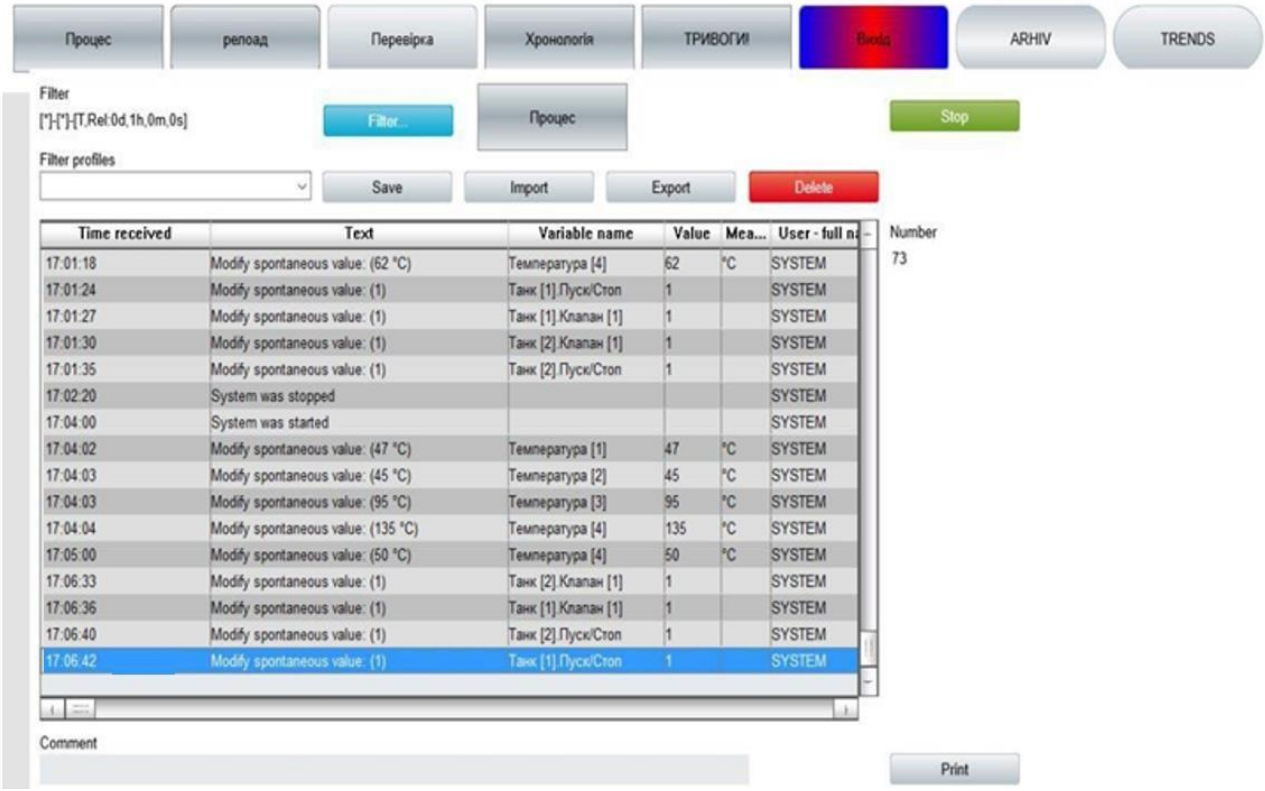


Рис.6.3. Вкладка хронології.

Висновок

Впровадження Автоматизованої Системи Керування для Тунельної Хлібопекарської Печі: Підвищення Продуктивності та Зменшення Втрат

Через інноваційне впровадження автоматизованої системи керування тунльною хлібопекарською піччю ми спостерігали приголомшливі покращення надійності, якості продукції, і значне зниження проценту браку. Це стало можливим завдяки ретельному контролю основних технологічних параметрів, що дозволяє не лише підвищити якість готового хліба, але й скоротити енерговитрати завдяки зменшенню часу випікання та оптимізації роботи обладнання.

Запропонована система орієнтована на підвищення техніко-економічних показників, що суттєво впливає на стабільну роботу всього підприємства і покликана приносити значний прибуток. Розроблена система автоматизації відповідає сучасним вимогам якості і надійності, базуючись на переважно іноземному обладнанні, яке забезпечує високу точність регулювання і стабільність процесів у відділенні.

Основні Переваги та Технічні Особливості:

- Точність Регулювання та Стабілізація**: Завдяки мікропроцесорній техніці, обраній для даної кваліфікаційної роботи, досягнуто високої точності регулювання та стабільності роботи відділення, що підвищує надійність системи і забезпечує ефективне керування виробничим процесом.

- Контролер Modicon M340: Цей контролер, який є економічно вигідним на ринку автоматизації, дозволяє автоматично керувати технологічним процесом, забезпечуючи контроль, реєстрацію регульованих величин, відображення ходу процесу на мнемосхемі, і ручне управління виконавчими механізмами. Він також сприяє покращенню якості кінцевого продукту завдяки точним налаштуванням регуляторів.

- Unity Pro та Vijeo Citect: Програмне забезпечення для керування піччю розроблене за допомогою Unity Pro від Schneider Electric, що дозволяє використовувати SCADA-систему Vijeo Citect 7.0 для оперативного керування. Це рішення забезпечує можливість отримувати дані як в реальному часі, так і з історичної бази даних, полегшуючи операторам контроль з локальної станції.

- Оперативний Контроль: Відмінне програмне забезпечення дає змогу оператору керувати технологічним процесом з єдиного операторського пункту, не витрачаючи час на керування з місцевих пунктів. Це забезпечує оперативну та достовірну інформацію про роботу всіх підсистем відділення у зручному для сприйняття вигляді.

- Інноваційне Оновлення Датчиків: Виконано якісну і кількісну заміну датчиків для вимірювання вологості в зоні зволоження тістових заготовок, з урахуванням технологічних особливостей і принципових відмінностей в місцях відбору технологічних параметрів. Обрано високоточний датчик JUMO з занурювальним зондом і подовжуючим кабелем для важкодоступних місць та вимірювальний перетворювач вологості 907023/333.

- Інтелектуальна Підсистема Оптимального Керування: В основі процесу оптимального керування лежать нечіткі системи FIS, реалізовані в Matlab через Editor Fuzzy Logic Toolbox. Використання бази знань, алгоритму нечіткого висновку та бази правил дозволяє визначити відсоток якості хліба за певного температурного режиму, сприяючи вибору оптимального режиму випікання, що підвищує якість продукції і знижує кількість браку.

Таким чином, впровадження цієї автоматизованої системи керування значно підвищило продуктивність та ефективність виробничого процесу, забезпечивши кращий контроль над технологічними параметрами, зменшення втрат і покращення якості кінцевого продукту.

Список використаної літератури

1. Дробот В.І. „Технологія хлібопекарського виробництва / В.І. Дробот. – К.: Логос, 2002. – 365с.

2. Ладанюк А.П. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості"/А.П. Ладанюк, В.Г. Трегуб, І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра. -.: Аграрна освіта, 2001. – 478 с.

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

4. Трегуб В.Г. Проектирование, монтаж й експлуатация систем автоматизации в пищевой промышености / В.Г. Трегуб, А.П. Ладанюк, Л.Н. Плужников. – М.: Агропромиздат, 1995. – 536 с.

5. Трегуб В.Г. Основи проектування систем автоматизації [Текст]: Метод.вказівки до вивч. дисц. та викон. контрол. роботи для студ. напр. 0925 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» ден. та заоч. форм навч. / В.Г. Трегуб. – К.: НУХТ, 2006. – 20 с.

6. Ладанюк А. П. Особенности задач робастного управления технологическими объектами. Часть 1. Технологические объекты и их математические модели / А. П. Ладанюк, Н. Н. Луцкая // Проблемы управления и информатики. – 2016. – №5. – С. 16-23.

7. Ладанюк А. П. Методи сучасної теорії управління: Навч. посіб. / А.П. Ладанюк, В. Д. Кишенько, Н. М. Луцька, В. В. Іващук. – К.: НУХТ, 2010. - 196 с.

8. Пупена О.М. Контролери та їх програмне забезпечення. Курс лекцій для студ. напр. 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання. Частина 3. / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2011. – 48 с.

9. Ладанюк А.П. Системний аналіз складних систем керування: Навч. посіб. / А. П. Ладанюк, Я. В. Смітюх, Л. О. Власенко, Н. А. Заєць, І. В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2013. – 274 с.

10. Ладанюк А.П. Основи системного аналізу: Навчальний посібник./ А.П. Ладанюк – Вінниця.: Нова книга, 2004. – 176 с.

11. Coughanowr, Donald R. Process systems analysis and control.—3rd ed. / Donald R. Coughanowr, Steven E. LeBlanc. – NY: McGraw-Hill, 2009. – 602 p.

12. Волкова В. Н. Теория систем: Учеб. пособие / В. Н. Волкова, А. А. Денисов. – М.:Высш.шк., 2006. – 511 с.

13. Разладин Ю. С. Справочное пособие по экономии топливных энергоресурсов на предприятиях пищевой промышлености / Ю. С. Разладин, С. Ю. Разладин. – К.: Щек, 2010. – 582 с.

14. Гончаренко Б. М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій : підручник / Б. М. Гончаренко, А. П. Ладанюк. – К. : НУХТ, 2014. – 530 с.

15. Ладанюк А. П. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами : навч. посіб. / А. П. Ладанюк, К. С. Архангельська , Л. О. Власенко — К.: НУХТ, 2014. — 274 с.

16. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів: підручник для студ. ВТНЗ / Б. М. Гончаренко, С. І. Осадчий, Л. Г. Віхрова, В. М. Каліч, О. К. Дідик

17. Rodic A. D. Automation & Control: Theory and Practice / A. D. Rodic. – Croatia: In-Teh, 2009. – 350 p.

18. Ladanyuk A. Automation of Evaporation Plants Using Energy-Saving Technologies / A. Ladanyuk, O. Shkolna, V. Kyshenko // Advances in Intelligent Systems and Computing, Warsaw, Poland, 2016. - Volume 543. – P. 220-226.

19. Благовещенская М. М. Автоматика и автоматизация пищевых производств / М. М. Благовещенская. – М.: Агропромиздат, 1991. – 239 с.

20. Луцька Н. М. Дослідження та синтез оптимальних регуляторів для систем автоматизації технологічних комплексів неперервного типу: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.13.07 / Н. М. Луцька. – К.: НУХТ, 2006. – 16 с.

21. Elhaq S. Experimental identification of five-effect evaporator in sugar industry / S. Elhaq, F. Giri, H. Unbehauen // Ecole Mohammdia d'Ingénieurs. – Ruhr-University. – 1996. – P. 12 – 16.

22. Документація на датчик вологості для вимірювання при високих температурах типу 907023/333 фірми JUMO.

23. Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи. Метод. вказівки до викон. лаб. робіт для студ. за напр. підготовки 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання / Уклад.: В.Д. Кишенько, Я.В. Смітюх, М.Д. Місюра, Є.С. Проскурка. – К.: НУХТ, 2011. – 48 с.

24. Дорф Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. – 832 с.

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

26. SCADA. – Режим доступа: www. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/SCADA

27. Citect SCADA - ПО для построения систем диспетчеризации. - Режим доступа:https://www.se.com/ru/ru/product-range-presentation/1500-citect-scada/