

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри КСУ
_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ
_____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня бакалавр

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньо-професійної програми
«Комп'ютеризовані системи управління та робототехніка»
на тему: «Автоматизація процесу випікання хлібу»

Здобувача групи СУ-91

Тітов Павло Віталійович

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Павло ТІТОВ
(підпис)

Керівник:

доцент кафедри КСУ, к.ф.-м.н., доцент Сергій СОКОЛОВ

_____ (підпис)

Ном.поз	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	№ екз.	Примітки
			<u>Документація загальна</u>			
			<u>Застосована</u>			
1	A4		Завдання кафедри	2		
			<u>Новорозроблена</u>			
2	A4	T3	Технічне завдання	3		
3			Анотація	2		
4	A4	СУ-91.6.15101.22.ПЗ	Пояснювальна записка	47		
			<u>Документація конструкторська</u>			
			<u>Новорозроблена</u>			
5	A3	СУ-91.6.15101.22.A2	Функціональна схема автоматизації	1		
6	A3	СУ-91.6.15101.22.E3	Схема електрична принципова	1		
7	A3	СУ-91.6.15101.22.E5	Схема зовнішніх з'єднань	1		

					СУ-91.6.15101.22.ДП		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Павло ТІТОВ			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Сергій СОКОЛОВ					
Реценз.					СумДУ, СУ-91		
Н. Контр.							
Затверд.							
					Автоматизація процесу випікання хлібу.		
					Відомість проекту		

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри КСУ

_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ

_____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра здобувачу вищої освіти
Тітову Павлу Віталійовичу

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизація процесу випікання хлібу» затверджена наказом ректора СумДУ № 0263-VI від "14" березня 2023р.
2. Термін здачі студентом закінченої роботи " 06 " червня 2023 р.
3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: звіт з переддипломної практики, наукові публікації, статті, технічна документація та перелік літературних джерел з матеріалом про подібні системи.
4. Зміст кваліфікаційної роботи (питання, що підлягають розробленню): аналіз існуючих подібних систем керування, загальний опис системи, розробка структурної схеми системи, постановка задач, які потребують вирішення, опис контурів керування, розробка функціональної схеми автоматизації, підбір технічних засобів автоматизації, створення електричної принципової схеми, створення системи керування.
5. Перелік графічних матеріалів: 28 рисунків, 12 таблиць, 3 додатки.

6. Календарний план виконання роботи:

Номер етапу	Зміст етапу виконання роботи	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури і першоджерел.	24.02.2023– 03.03.2023
2	Розробка ТЗ	04.03.2023– 25.03.2023
3	Розробка інформаційно-матеріальних потоків	26.03.2023– 14.04.2023
4	Розробка функціональної схеми	05.04.2023– 25.04.2023
5	Вибір засобів автоматизації	26.04.2023– 15.05.2023
6	Розробка та проектування електричної принципової схеми	16.05.2023– 28.05.2023
7	Оформлення дипломного проекту та технічної документації.	01.06.2023

7. Дата видачі завдання " 24 " лютого 2023 р.

Керівник проекту:

доцент кафедри КСУ,
к.ф.-м.н., доцент

(підпис)

Сергій СОКОЛОВ

Здобувач:
студент гр. СУ-91

(підпис)

Павло ТІТОВ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування системи керування для автоматизації процесу випікання хлібу

Розробник:
студент групи СУ-91

Павло ТІТОВ

Погоджено:
к.ф.-м.н., доцент

Сергій СОКОЛОВ

1. *Назва і галузь застосування:* «Автоматизація процесу випікання хлібу» використовується в харчовій промисловості.

2. *Підстави для проектування:* Наказ ректора Сумського державного університету № 0236-VI від «14» березня 2023р.

3. *Мета і призначення проекту:* Підвищення якості виготовлення продукції та зменшення втрат похідних компонентів. Для досягнення поставленої мети: розробити технічну документацію, а саме: функціональну схему автоматизації, схему інформаційно-матеріальних потоків та таблицю вхідних/вихідних сигналів; розробити алгоритми керування виконавчими механізмами.

4. *Джерела розроблення:*

4.1 Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с

4.2 Теличкун Ю.С., Литовченко І.М., Ковальов О.В. Технологічне обладнання галузі (хлібопекарське виробництво): курс лекцій на пряму підготовки «Харчові технології та інженерія» та спеціальності «Обладнання переробних та харчових виробництв». –2014. – НУХТ. –Київ:. –110с

5. *Режими роботи об'єкта:* автоматичний режим, з перервами для регламентного обслуговування.

6. *Умови експлуатації дозатора та прикладного обладнання:*

- температура приміщення від 10 до 45 °С.
- відносна вологість не вище 60%.
- ступінь захисту складових частин автоматизації від дії навколишнього середовища не нижче IP41.

7. *Технічні вимоги:*

- Систему керування слід використовувати лише за умов експлуатації.
- Компресор повинен забезпечувати роботу при абсолютному тиску газу на виході з нагнітача.
- Раз на квартал проводити технічні огляди елементів системи керування.
- Контролювати рівень запиленості приміщення.
- Забезпечити фільтрацію повітря, газу, та води, що подаються до системи.

- Забезпечити можливість підключення резервного живлення.
- Напрацювання на відмову не менше 2000 год.
- Термін служби - не менш 10 років.

7.1 Живлення- Система має живитись від електромережі 220В/380В

7.2 Швидкість транспортування поду –0.004м/с–0.025м/с

8. *Економічні показники:* система керування повинна забезпечити зменшити рівень відбракованої продукції на 5%, за рахунок точного дотримання технологічних показників, підвищити продуктивність системи на 10%.

9. Стадії та етапи проектування:

№ етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
1	Розробка ТЗ	21.02.2023 – 01.03.2023
2	Розробка інформаційно-матеріальних потоків	02.03.2023-16.04.2023
3	Розробка функціональної схеми	16.04.2023-19.04.2023
4	Вибір засобів автоматизації	20.04.2023-25.04.2023
5	Розробка та проектування електричної принципової схеми	25.04.2023- 05.05.2023
6	Технічне оформлення проекту	06.05.2023-30.05.2023

10. Додатки: повинні включати в себе схеми ФСА та схем з'єднань моделі.

АНОТАЦІЯ

Тема роботи: Автоматизація процесу випікання хліба.

Автор: Тітов Павло Віталійович; Сумський державний університет; 4 курс; 2023, Суми.

Керівник: Соколов Сергій Вікторович; доцент; кандидат фізико-математичних наук; доцент кафедри КСУ.

Робота містить вступ, п'ять розділів та висновки в основному тексті, загальним обсягом 47 сторінок, 28 рисунків, 12 таблиць, 19 джерел інформації.

Завданням цієї роботи є вирішення питань пов'язаних із модернізацією класичної системи керування, що дозволить підвищити ефективність ведення процесу випікання хліба.

Побудова системи керування здійснювалася за даними аналізу впливу параметрів процесу на якість хлібопекарських виробів. Узагальнюючи аналіз, розроблено таблицю вхідних/вихідних сигналів схеми автоматизації процесу.

Модернізація обладнання проводиться шляхом введення в систему наступних контурів керування параметрами процесу:

температура; тиск; витрати; рівень сировини; якісні показники тіста.

На базі таблиці вхідних/вихідних сигналів вибрано технічне забезпечення системи керування процесом.

У дипломному проекті на основі конструкторсько-технологічного аналізу об'єкта керування описано інформаційно-матеріальні потоки процесу випікання хліба.

Функціонування контурів керування описується схемою інформаційно-матеріальних потоків, функціональною схемою автоматизації об'єкта. Схема електрична принципова обладнання процесу випікання хліба дає змогу розробити монтажну схему та впровадити проект.

Модернізація системи керування базується на мікропроцесорних програмно-технічних засобах автоматизації, зокрема вибрано промисловий логічний контролер фірми ОВЕН. Функціонування ПЛК забезпечується

периферійними блоками вводу/виводу сімейства ОВЕН та частотними перетворювачами та виконавчими пристроями.

В результаті моделювання та оцінки параметрів приводу хлібопекарської печі вибрано ПІ-регулятор, який по результатах моделювання повинен забезпечити стабільність процесу у межах 5% .

Реалізація розробленого проекту дозволить підвищити стабільність протікання процесу в умовах дії збурень параметрів сировини та процесу, що у підсумку забезпечить якість випікання хлібу.

Ключові слова: мікроконтролер, електропривод, регулятор , моделювання, налаштування регулятора.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КСУ

_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ

_____ 2023 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

на тему:

«Автоматизація процесу випікання хліба»

Керівник проекту:

к.ф.-м.н., доцент

Сергій СОКОЛОВ

Здобувач:

студент групи СУ-91

Павло ТІТОВ

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ	3
ВСТУП.....	4
1. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ	5
3 ВИБІР КАНАЛІВ КОНТРОЛЮ І КЕРУВАННЯ.....	12
3.1 Контроль і керування температурою	12
Рисунок 3.1 – Контур керування температурою нагрівачів.	12
3.2 Контроль і керування тиском.....	13
Рисунок 3.3 – Контур контролю тиску.....	14
3.3 Контроль і керування витратами.....	14
Рисунок 3. 4 – Схема дозувальника безперервної дії.....	15

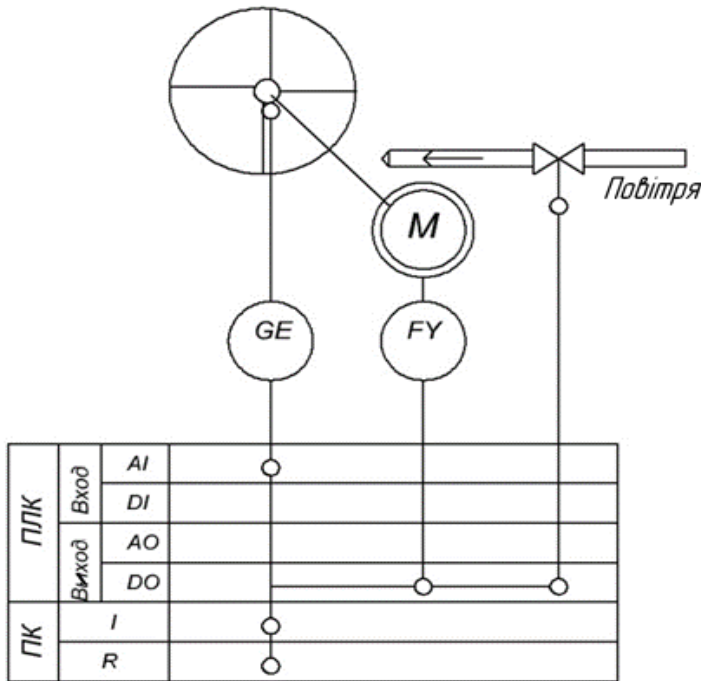


Рисунок 3.5 – Контур керування дозуванням борошна	15
Рисунок 3.6 – Контур керування витратами рідинних компонентів тіста.	16
3.4 Контроль і керування рівнем сировини	16
3.5 Контроль та керування якісними показниками тіста.....	18
Приймаючи до уваги завдання забезпечення якості готового хліба, слід враховувати необхідність забезпечення вимірювання якісних показників проміжних продуктів [8].	18
4.1 Вибір засобів вимірювання	20

Для вимірювання температури в зонах печі необхідно використовувати термопар, оскільки поширені термометри опору мають верхню межу вимірювання +180°C, +250°C. Температура в печі досягає +250°C, а у разі налаштування регулятора з 20% перерегулюванням може досягати +300°C. Для уникнення ризику утратності об'єктивних даних, обрані термоперетворювачі застосовуються і для інших точок вимірювання. Порівнюємо характеристики термопар у таблиці 4.1

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата.				
Розроб.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата.	Лім.	Аркш.	Аркушів	
Перев.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата.		2	20	52
Реценз.								
Н. Контр.								
Утверд.								

Автоматизація процесу випікання хліба:

Пояснювальна записка

СумДУ СУ-91



.....	21
Таблиця 4.4 - Основні технічні характеристики давачів рівня.	23
4.2 Обґрунтування вибору засобів керування	25
4.2.3 Перетворювачі частоти	29
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	47
ДОДАТОК А	49
ДОДАТОК Б	3
ДОДАТОК В	3

					СУ-91.6.15101.22.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Павло ТІТОВ			Автоматизація процесу випікання хліба. Пояснювальна записка	Літ.	Аркш.	Аркушів
Перев.		Сергей СОКОЛОВ					2	52
Реценз.						СумДУ СУ-91		
Н. Контр.								
Утверд.								

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

АСУТП – автоматизована система управління технологічним процесом

АРМ– автоматизоване робоче місце оператора

АФЧХ– амплітудо фазочастотна характеристика

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

ДП – давач положення

КВП– контрольно-вимірювальні прилади (давачі)

ККД – коефіцієнт корисної дії

МВА – модуль вводу аналоговий

МК – мікроконтролер

ОК – об'єкт керування

ПЛК– програмований логічний контролер

САР – система автоматично регулювання

ТП – технологічний процес

ТЕН – трубчастий електронагрівач

ЧП – частотний перетворювач

					СУ-91.6.15101.22.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

ВСТУП

Необхідність автоматизації процесів виробництва хліба визначається чинниками, які пов'язані з мінімізацією витрат та підвищенням якості продукції. Протиріччя між фактором продуктивності процесу випікання хліба і збільшенням *вартості* необхідних *енергоресурсів*, обумовлюють заходи, що спрямовані на модернізацію технологічного обладнання.

Головним напрямком у подоланні цього протиріччя є не мінімізація впливу «людського фактору» при керуванні, а впровадження таких процесів, які б дозволяли проводити необхідну модернізацію обладнання з урахуванням зміни характеристик сировини, що використовується в процесі [1]. Тому, відповідно до вимог к параметрам автоматизації процесів виготовлення хліба, передбачається перехід від багатостадійних процесів до одностадійних. Саме заміна малопродуктивного обладнання на високопродуктивне, передбачає відповідне . вдосконалення програмно-технічних засобів автоматизації.

Завданням цієї роботи є вирішення кола питань пов'язаних із модернізацією класичної, неоптимальної системи керування на більш сучасну, з використанням мікропроцесорних засобів керування. Модернізація програмно – технічних засобів має здійснюватися з урахуванням специфічних властивостей виробництва, необхідності спрощення керування, підвищення його надійності, збільшення стійкості до впливу зовнішніх збурень. Модернізація вестиметься у таких напрямках:

1. Заміна релейно-контактної логіки та застарілих приладів КВП сучасними ПЛК, введення та виведення параметрів управління з АРМ.
2. Підвищення продуктивності та точності керування технологічним процесом.

Сучасний стан засобів автоматизації процесу характеризується різним рівнем впровадження автоматизованих системам. Проте, переважаючим підходом до побудови автоматизованих систем є комплексна автоматизація, яка передбачає створення узгоджено діючої системи керування.

					СУ-91.6.15101.22.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

1. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ

Процес виготовлення хлібних виробів починається із завантаження борошна, яке доставляється на хлібозавод спеціально обладнаними автомобілями. Після зважування борошно під тиском, який створює компресор, від приймального щитка 8 по трубам 10 надходить до силосу 9 для зберігання (рис. 1.1).

Інші інгредієнти хлібного тіста – попередньо приготовані розчин солі та дріжджова емульсія зберігається у ємностях 20 та 21.

Із силосів 9 борошно завантажують у бункер 12, використовуючи аерозольне транспортування, до якого входить компресор 4, ресивер 5 та повітряний фільтр 3. Подавання борошна регулюється за допомогою роторних дозаторів 7 і перемикачів 11. Рівномірність розподілу стиснутого повітря для різних режимів роботи забезпечують з допомогою ультразвукових сопел 6, які встановлюють перед роторними дозаторами.

Дозування витрати борошна з силосів 9 здійснюється на базі даних з лабораторії хлібного підприємства на основі дослідних випічок хліба, які формуються із суміші борошна різних партій. Сторонні включення, які можуть бути присутні у суміші, видаляються на просіювачі 13. Після магнітної пастки суміш борошна через проміжний бункер 14 та автоматичні ваги 15 завантажується у виробничі силоси 16.

У технологічній лінії, що розглядається, застосовується двофазний спосіб приготування тіста. Це дає змогу отримати необхідну якість хліба [2].

Перша фаза полягає у приготуванні опари. Ця операція проходить у тістомісильній машині 17, де борошно, дозоване із виробничого силосу 16, перемішується із відтеперованою водою та дріжджовою емульсією. До складу опари входить від 30 до 70% муки. Пропорції складових тіста забезпечуються з допомогою дозувальної станції 18. З тістомісильної машини 17 опару завантажують в бункерний агрегат 19, який має шість секцій.

					СУ-91.6.15101.22.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

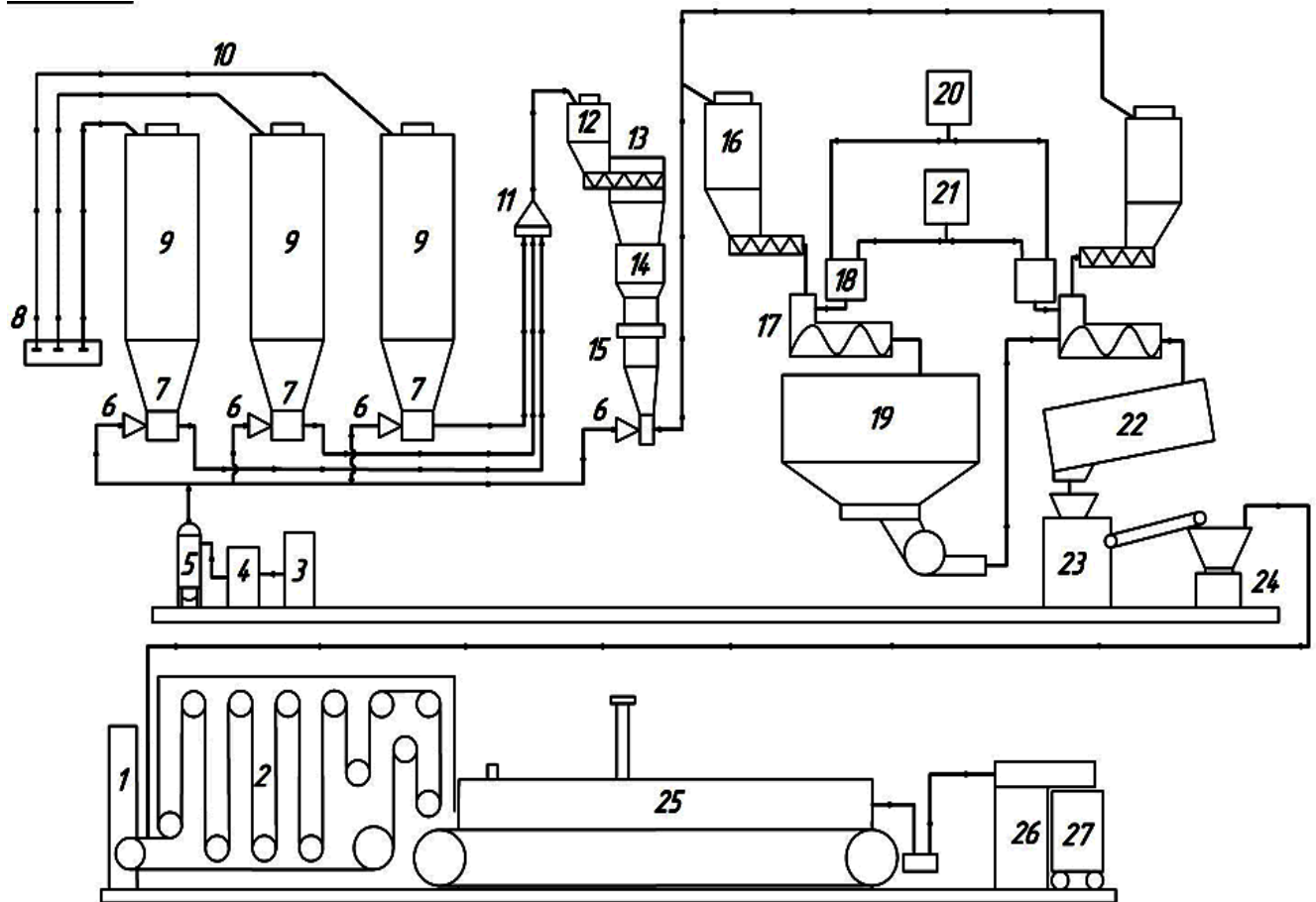


Рисунок 1.1 –Технологічна лінія виробництва хліба

З ємності 22 тісто надходить у приймальну вирву тістоділильної машини 23, де отримуються порції тіста однакової маси. У округлювачі 24 формуються заготовки тіста кулястої форми. Ці порції за допомогою укладача маятнікового типу 1 розкладають в комірки колисок розстійної шафи 2.

Тістові заготовки розстоюються протягом часу 35–50 хв. В результаті бродіння тістових заготовок при кліматичних умовах – вологості повітря 65–85% і температурі 30–40°С, об'єм тістових заготовок збільшується на 40-50 %. В той же час щільність тіста знижується на 30– 40%, в результаті чого поверхня заготовки набуває рівного гладкого вигляду.

Щоб уникнути розриву верхнього шару при випіканні або перекладці заготовок на под печі 25, на них роблять надрізки або наколки.

Зволожуючим пристроєм на входній ділянці камери здійснюється гідротермічна обробка тістових заготовок. Обробка триває 2...3 хв при температурі 105–110°С. Випікання хліба проходить при температурі 250–280°С

у просторі середньої та вихідної ділянок пекарської печі.

Для обігріву пекарної камери використовують низькотемпературні гази, що скорочують втрати тепла в навколишнє середовище без значних втрат на ізоляцію печі. Температура більшої частини обшивки приблизно дорівнює 30 – 40°C. Піч має два незалежних контури обігріву, кожний з яких обслуговує один пальник, який спалює рідке або газоподібне паливо.

До складу кожного контуру обігріву пекарної камери входять: системи подачі газу та повітря; пальникові пристрої; системи газоходів та каналів обігріву; вентилятори рециркуляції газу.

Процес випікання хлібу відбувається в результаті руху тістових заготовок із подом печі. При цьому тістові заготовки за проміжок часу від 20 до 55 хв (в залежності від сорту хліба) послідовно проходять всі теплові зони пекарної камери. Час знаходження заготовок у зонах випікання регулюється швидкістю руху поду печі.

Випечені вироби за допомогою укладача 26 завантажують у контейнери 27 і направляють через відправне відділення експедицію.

					СУ-91.6.15101.22.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

2. АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

Головним фактором розбудови архітектури системи керування, зокрема засобів автоматизації процесу, є якість продукції, що випускається. Якість хлібобулочної продукції, як і будь яких інших виробів, залежить від рівня дотримання технологічних параметрів процесу, тобто алгоритмів керування [3]. Окремим питанням є зберігання сировини, забезпечення її вихідних параметрів, що також впливає на якість продукту, що випускається.

Вплив параметрів процесу виготовлення хлібу, таких, як тривалість випікання, тривалість замісу, температур, вологості та тривалості вистоювання, на якість готового хлібу ілюструються схемою [4], що показана на рис. 2.1.

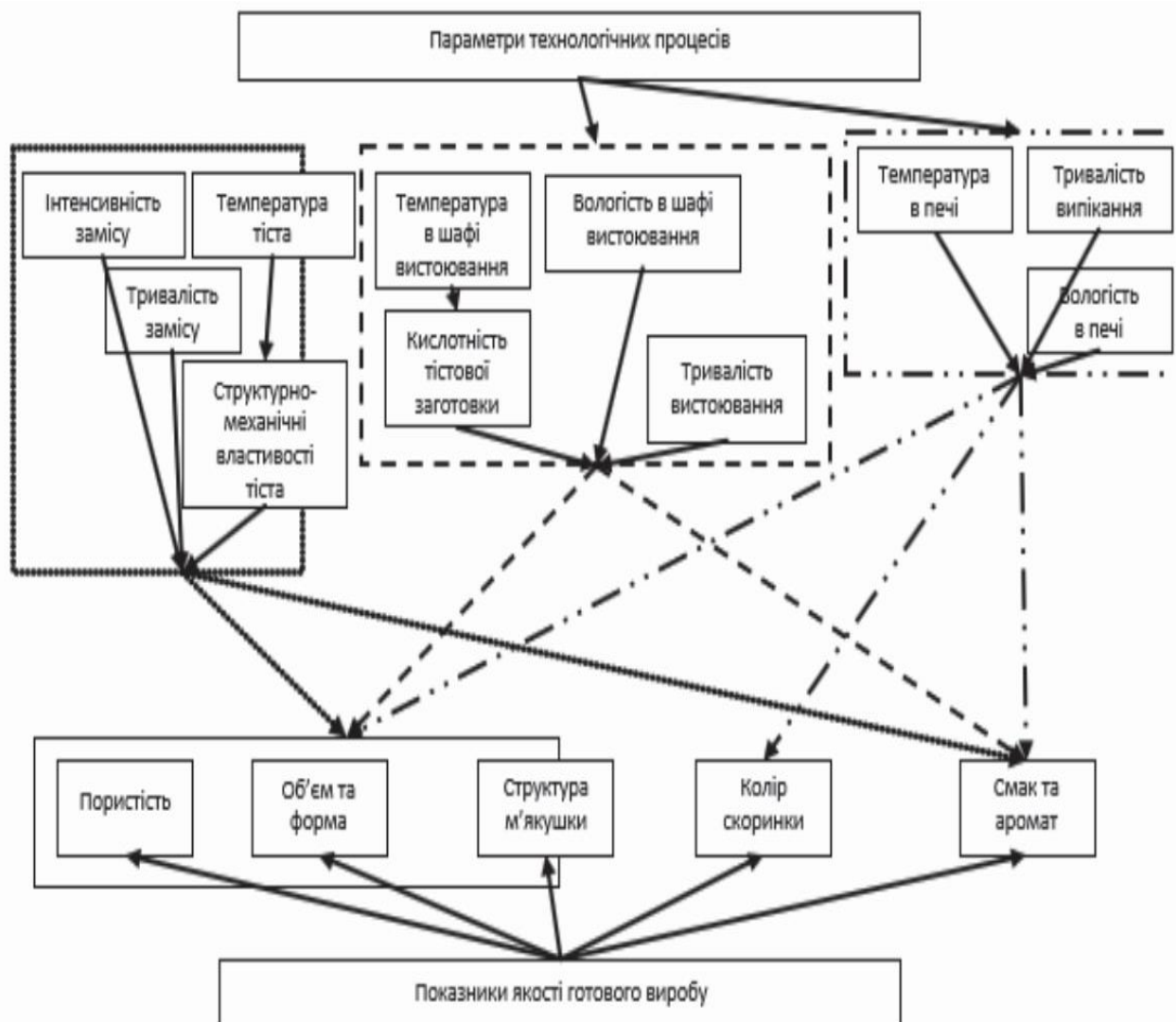


Рисунок 2.1 – Вплив параметрів процесу на якість хлібопекарського виробу

Із аналізу приведеної схеми (рис. 2.1) видно, що об'єкт керування (ОК) характеризується складним характером впливу параметрів процесу на якість хлібу.

Для забезпечення параметрів якості хлібу, крім моніторингу ТП, необхідно задіяти оптимальне та адаптивне керування процесом, що забезпечить врахування змін параметрів процесу у часі. Таке керування можливе в результаті обробки даних про якість продукції та моніторингу неконтрольованих збурень в ОК [5].

Для розроблення системи автоматизації процесом розглянемо схему матеріальних потоків процесу, що зображена на рис 2.2.

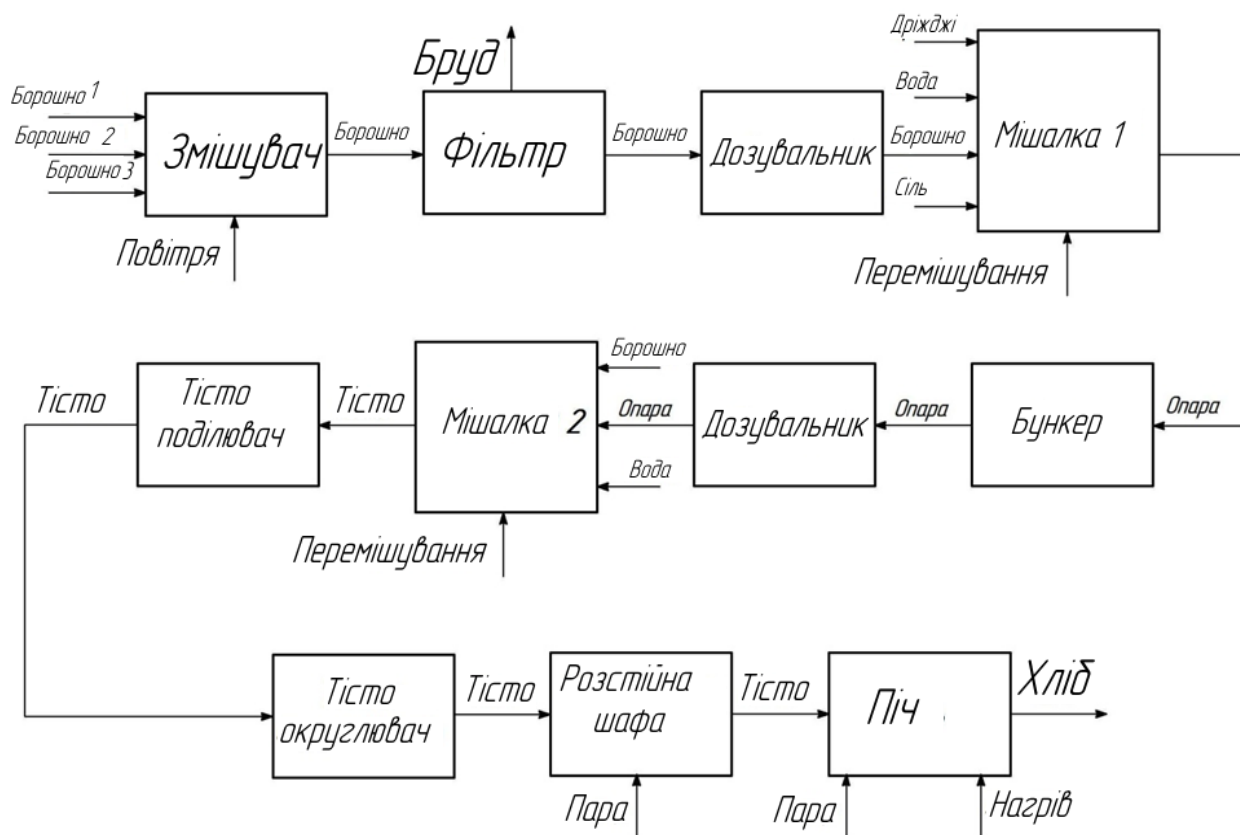


Рисунок 2.2– Схема матеріальних потоків процесу випікання хлібу

Як видно із схеми та конструкторсько-технологічного аналізу ОК, керуванню підлягають тиск, температура, вологість, витрати, рівень компонентів тіста, показник рН, в'язкість у різних точках технологічної лінії. Точки контролю та регулювання вибираються відповідно згаданих ділянок лінії: пічі, розстійної шафи, ресиверу компресора, дозаторів, силосів, тістомісильної машини, бункерах, фільтрах.

Перелік параметрів сигналізації, контролю і керування із значеннями керування

					Лист
СУ-91.6.15101.22.ПЗ					9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

та контрольованих параметрів процесу приведено у Таблиці 1.

Таблиця 2.1 - Перелік параметрів сигналізації, контролю і керування

Параметр	Точка технологічного процесу	Призначення	Величина
Температура	Розстійна шафа	Керув. сигнал. реєст.	30-40°C
	Піч зона 1	Керув. сигнал. реєст	105-110°C
	Піч зона 2	Керув. сигнал. реєст	200-250°C
	Піч зона 3	Керув. сигнал. реєст	200-250°C
	Змішувач водяний	Керув. сигнал. реєст	50-60°C
Тиск	Ресивер компресора	Керування	2-4bar
Витрати	Дозатор силосу 1	Керування, реєстрація	0,1-1 м ³ /год
	Дозатор силосу 2	Керування, реєстрація	0,1-1 м ³ /год
	Дозатор силосу 3	Керування, реєстрація	0,1-1 м ³ /год
	Дозатор бункера	Керування, реєстрація	0,1-1 м ³ /год
	Дозатор соляного розчину	Керування, реєстрація	1-100 л/ год
	Дозатор цукрового розчину	Керування, реєстрація	1-100 л/год
	Дозатор дріжджового розчину	Керування, реєстрація	1-100 л/ год
	Дозатор жиру	Керування, реєстрація	1-100 л/ год
	Дозатор води теплої	Керування, реєстрація	1-100 л/ год
Рівень	Силос 1	Керув., сигналізація	0-10 м
	Силос 2	Керув., сигналізація	0-10 м
	Силос 3	Керув., сигналізація	0-10 м
	Бункер фільтру	Керув., сигналізація	0-4 м
	Робочий бункер 1	Керув., сигналізація	0-4 м
	Робочий бункер 2	Керув., сигналізація	0-4 м
Вологість	Тістомісильна машина 1	Керув. сигнал. реєст.	90-95%
	Тістомісильна машина 2	Керув. сигнал. реєст.	70-80%
	Розстійна шафа	Керув. сигнал. реєст.	65-85%
рН	Тістомісильна машина 1	Керув. сигнал. реєст..	7
	Тістомісильна машина 2	Керув. сигнал. реєст.	7

В'язкість	Тістомісильна машина 1	Керування, реєстрація	70 Па*с
	Тістомісильна машина 2	Керування, реєстрація	450 Па*с

Перелічені параметри процесу випікання хлібу є базою для розробки програмного забезпечення та обґрунтування і вибору технічних засобів автоматизації згаданого процесу [6].

3 ВИБІР КАНАЛІВ КОНТРОЛЮ І КЕРУВАННЯ

3.1 Контроль і керування температурою

3.1.1 Керування температурою печі и розстійної шафи.

Вимірювання температури здійснюється перетворювачем *температура-струм* (TE), який підключається до аналогового входу ПЛК. У цьому ПЛК за заданим алгоритмом через дискретний вихід формується керуючий вплив на підсилювач потужності, виконаний на тиристорах (TY) (рис. 3. 1).

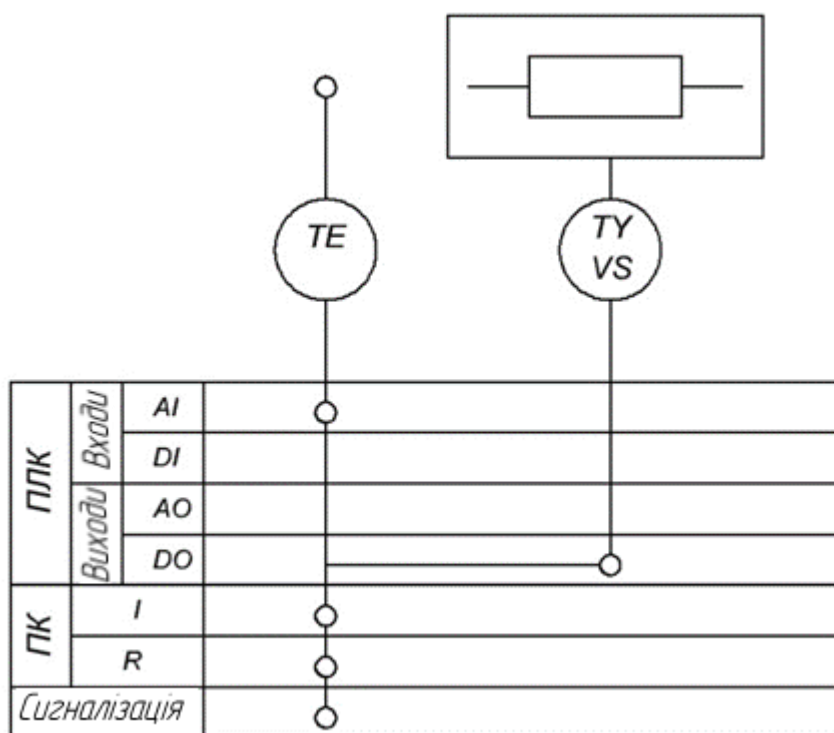


Рисунок 3.1 – Контур керування температурою нагрівачів.

Індикація та реєстрація температури виконується на ПК АРМ оператора. При виході температури з нормального режиму передбачена звукова та світлова сигналізація. У АРМі передбачено ручне відключення звукової сигналізації, світлова сигналізація відключається автоматично, при поверненні температури у робочий режим.

3.1.2 Керування температурою води у змішувачі.

Керування температурою води у змішувачі здійснюється також з допомогою перетворювача температура–струм, але керуючий вплив з дискретного виходу ПЛК подається на клапани подавання холодної та гарячої води (рис. 3.2). Ці потоки змішуються у змішувачі.

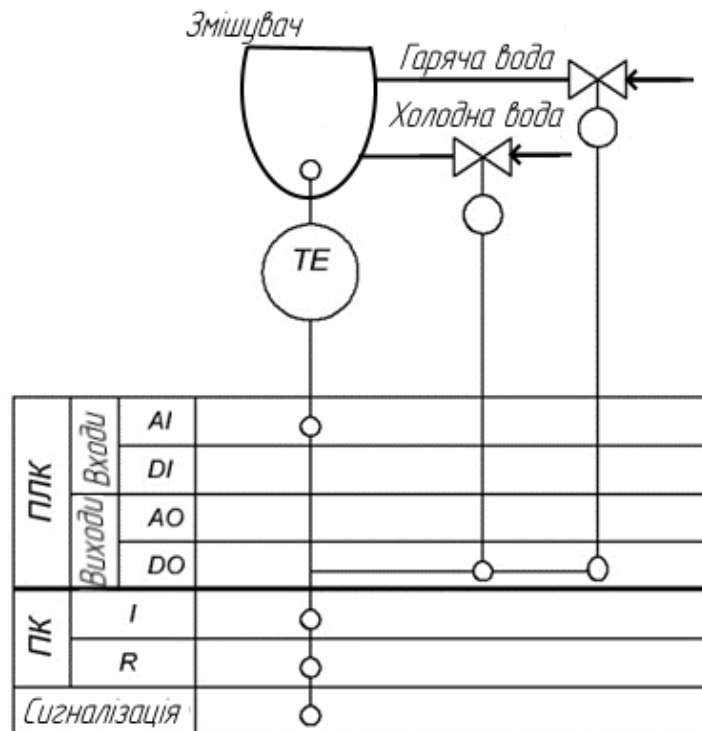


Рисунок 3.2 – Контур керування температурою води у змішувачі

Візуалізація значень температури відбувається на моніторі оператора. Порушення і нормалізація температурного режиму супроводжується відповідною світловою сигналізацією.

3.2 Контроль і керування тиском

Відслідковування значень тиску здійснюється з допомогою перетворювача тиск–струм (PE), який підключається до аналогового входу ПЛК. Відповідно до алгоритму керування тиском з дискретного виходу ПЛК видається керуючий сигнал, який через перетворювач (PY), вмикає двигун компресора (M) (рис. 3.3).

Тиск повітря, що надходить з ресивера задіяно в контурі, що виконує допоміжну функцію, тому в системі керування передбачається лише моніторинг цього параметра.

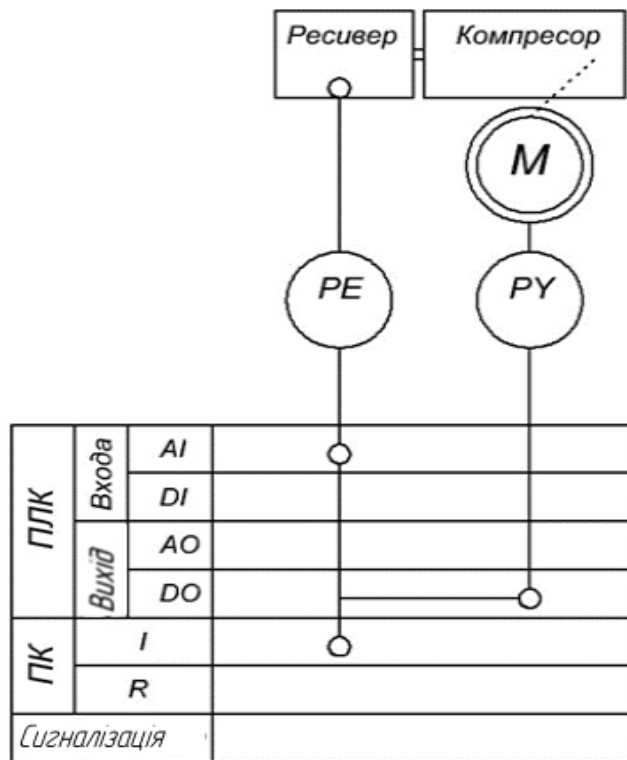


Рисунок 3.3 – Контур контролю тиску

3.3 Контроль і керування витратами

3.3.1 Керування витратами борошна із силосів та проміжного бункера.

Установка, яка представляє собою корпус із турнікетом, що обертається всередині корпусу, здійснює дозування борошна (рис. 3.4). Цей дозатор встановлений під силосом, який створює запас борошна. Для підтримки заданого рівня муки встановлюється давач рівня, що пов'язаний з системою подачі борошна.

Борошно надходить у живильник та заповнює його об'єм. Турнікет дозувальника з кишнями, що заповнені борошном, безперервно обертається, завдяки чому борошно подається в інжектор ультразвукового сопла. Повітряний потік підхоплює борошно та транспортує його у виробничі бункери.

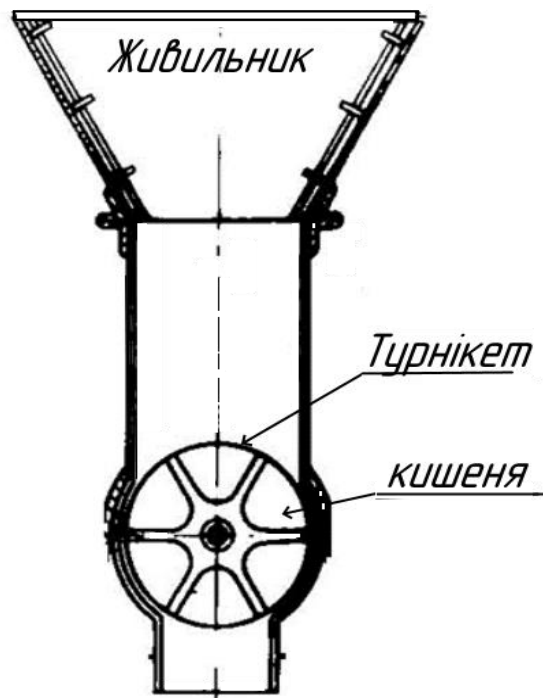


Рисунок 3. 4 – Схема дозувальника безперервної дії

Вимірювання швидкості обертання дозувальника здійснюється перетворювачем кут повороту – імпульс (GE), що підключений до дискретного входу ПЛК. Керування дозуванням борошна виконується з допомогою керованого двигуна (М) через дискретний вихід ПЛК. Керуючі впливи для двигуна виробляються ПЛК та подаються на підсилювач потужності (FY) (рис. 3.5).

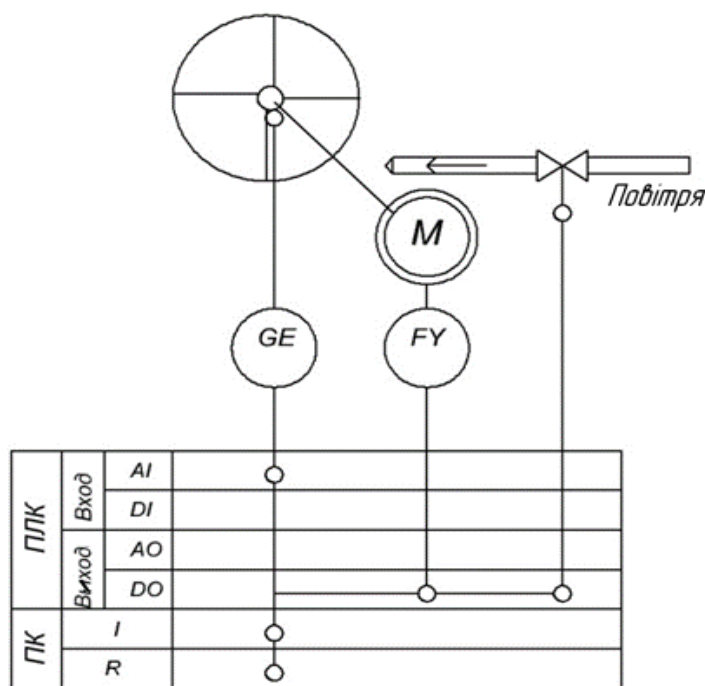


Рисунок 3.5 – Контур керування дозуванням борошна

3.3.2 Керування витратами рідинних компонентів тіста.

Витрати рідинних компонентів тіста контролюються перетворювачем витрати – електричний сигнал (FE), що підключений до аналогового входу ПЛК. Керуючий сигнал ПЛК змінює положення засувки на трубопроводі подачі компонентів тіста відповідно до завдань оператора, (рис. 3.6).

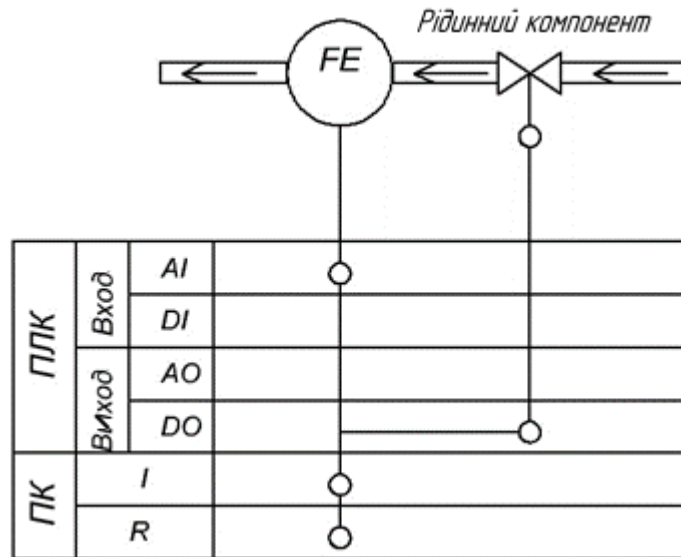


Рисунок 3.6 – Контур керування витратами рідинних компонентів тіста.

Умовою роботи такого рідинного дозатора є стабілізація рівня рідини, яка підтримується за допомогою давача рівня. Регулювання витрат рідини здійснюється завдяки зміні величини прохідного перетину дросельної засувки або зміною величини напору.

При дозуванні розчинів, необхідно брати до уваги, що розчини цукру або жиру можуть відкладати на поверхні трубопроводу відповідні кристали, що призводить до похибок вимірювання витрат. Додаткові похибки при дозуванні розчинів дріжджів і опари виникають внаслідок нелінійної залежності в'язкості і щільності розчину.

3.4 Контроль і керування рівнем сировини

3.4.1 Контроль рівня у силосах.

Рівень борошна у силосах контролюється перетворювачем рівень – електричний сигнал (LE). Від підключається до аналогового входу ПЛК (рис. 3.7). Керування рівнем борошна в автоматичному режимі проблематично, оскільки

подавання борошна у силоси виконується в ручному режимі з транспорту доставки борошна [7].

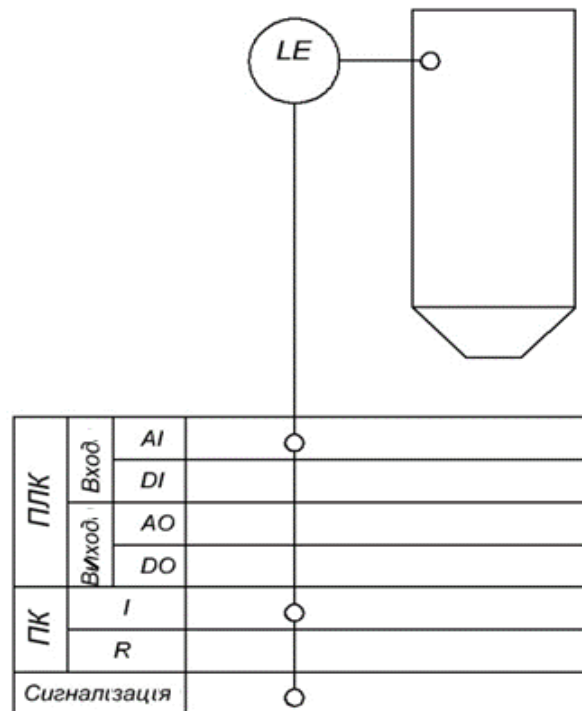


Рисунок 3.7 – Контроль рівня у силосах.

Індикація рівня отримується на панелі АРМу оператора. Також передбачається сигналізація наповнення та спустошення силосів. Світлова сигналізація відключається автоматично, при входженні рівня в робочий режим.

3.4.2 Контроль рівня у робочих бункерах

Рівень борошна у робочих бункерах контролюється перетворювачем рівень – електричний сигнал (LE), підключеним до аналогового входу ПЛК (рис. 3.8).

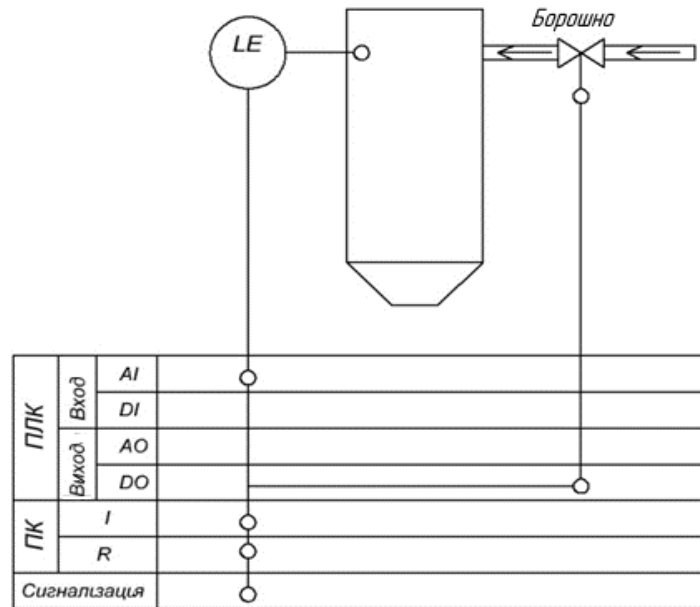


Рисунок 3.8 – Контроль рівня у робочих бункерах

Позмінна комутація робочих бункерів здійснюється командою з дискретного виходу ПЛК, якою відкривається необхідний робочий бункер, після чого необхідна кількість борошна, яка раніше відміряна дозувальником, потрапляє у бункер.

Відображення значення рівня та його реєстрація виконується на ПК АРМу оператора. Також передбачена сигналізація попередження про переповнення та спустошення робочих бункерів. Звукова сигналізація може бути відключена оператором, а світлова вимикається автоматично, при повертанні параметра у робочий діапазон.

3.5 Контроль та керування якісними показниками тіста

Приймаючи до уваги завдання забезпечення якості готового хліба, слід враховувати необхідність забезпечення вимірювання якісних показників проміжних продуктів [8].

У процесі приготування тіста в тістомісильних машинах, періодично проводиться контроль основних показників якості тіста:

- кислотності рН (позначення давача QE);
- вологості (давач ME)

Ці давачі підключаються до аналогових входів ПЛК (рис. 3.9).

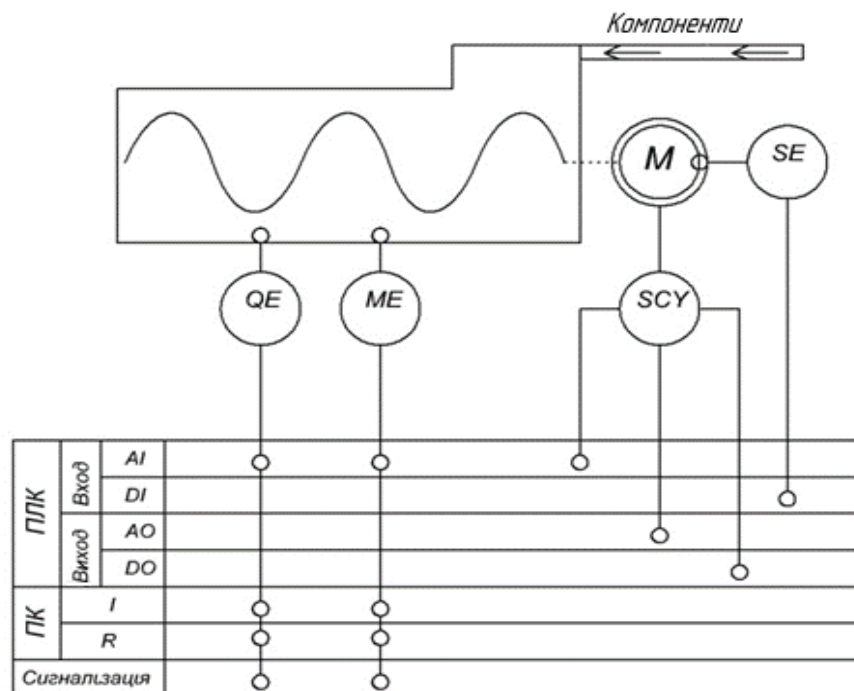


Рисунок 3.9 – Контроль за якісними показниками тіста

Контроль в'язкості тісту виконується непрямим методом шляхом вимірювання швидкості за допомогою перетворювача кут повороту - частота (SE), підключеного до дискретного входу ПЛК і моменту обертання на валу приводу мішалки. Величина моменту обчислюється з величини споживаного струму, напруги на статорі і частоти, із частотного перетворювача (ПЧ) (SCY) і видається на аналоговий вихід, який підключений до аналогового входу ПЛК.

В ПЛК обраховується вплив, який здійснює корекцію якості тіста шляхом видачі керуючих сигналів на дозатори відповідних компонентів.

На підставі аналізу ОК, його контурів керування та сигналізації розроблена схема функціональна автоматизації СУ-91.6.15101.22.А2. (Додаток А).

4 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

4.1 Вибір засобів вимірювання

4.1.1 Вимірювання температури

Для вимірювання температури в зонах печі необхідно використовувати термопари, оскільки поширені термометри опору мають верхню межу вимірювання $+180^{\circ}\text{C}$, $+250^{\circ}\text{C}$. Температура в печі досягає $+250^{\circ}\text{C}$, а у разі налаштування регулятора з 20% перерегулюванням може досягати і $+300^{\circ}\text{C}$. Для уникнення різної сортності обладнання, обрані термоперетворювачі застосовуються і для інших точок вимірювання. Порівняємо характеристики термопар у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Основні технічні характеристики термопар.

Тип	Позначення	Найменування	Робочий діапазон, $^{\circ}\text{C}$	Опис
ХК	L	Хромель-копель	-40...600	Добра термочутливість. Чутлива до деформації. Мінус - відсутність проводів із сучасними типами ізоляцій.
ЖК	J (Fe-CuNi)	Залізо-константан	40...750	Міжнародний стандарт. Гарна термостабільність. Може працювати також у відновлювальному середовищі. Неізольовані - не використовувати
ХА	K (NiCr-NiAl)	Хромель-алюмель	0...1200	Міжнародний стандарт. Середня термостабільність. Найпоширеніша у світі. Відносно недорога.
НН	N (NiCrSi-NiSi)	Нихросил-нисил	0...1250	Міжнародний стандарт. Термостабільність у кілька разів краща, ніж у ХА. Ідеальна для застосування в діапазоні від 1000 до 1250°C
ПП	S (Pt10Rh-Pt)	Платинородій-платина	0...1300	Міжнародний стандарт. Відмінна термостабільність та стійкість до окисних середовищ. Чутлива до забруднення.
ПП	R (Pt13Rh-Pt)	Платинородій-платина	0...1300	Міжнародний стандарт. Те ж, що і тип S, але з трохи іншою характеристикою.

				Раніше застосовувалася тільки за кордоном.
ПР	В(Pt30Rh-Pt6Rh)	Платинородій-платино родій	600...1600	Міжнародний стандарт. Більш стійка до забруднення і меншою чутливістю, ніж ПП. Компенсується звичайним мідним проводом

Для цього процесу найбільше підходить термопара ХА, так як вона має достатній робочий діапазон, прийнятну точність, і найбільш дешева. Відтак застосуємо термопари марки: ТХА-У-1-23-К-2-І-800-400-310S-10-70-А/0...1000/.

ТХА – тип; У – наявність перетворювача – 4...20 мА; 1-23 – модель-конструктивне виконання; К – номінальна статична характеристика; 2 – Клас допуску; І – тип спаю; 800 – довжина монтажної частини L, мм; 400 - довжина повантажної (високотемпературної) частини; 310S – матеріал занурювальної (високоперетурної) частини сталь 310SS; 10 - діаметр монтажної частини, мм; 70 - довжина зовнішньої частини, мм (відстань від опорної площини фланця до головки або монтажних висновків); А – тип голівки алюмінієва; /0...1000/ – робочий діапазон температури, °С.

4.1.2 Вимірювання тиску

Для забезпечення вимірювання тиску в лінії виробництва хліба проаналізуємо параметри давачів ПД100-ДІ-1,0-0,5 виробництва Овен [9] та Сапфір 22ДІ, зовнішній вигляд яких показано на рис. 4.1



Рисунок 4.1 – Перетворювач надлишкового тиску ПД100-ДІ-1,0-0,5. та Перетворювач надлишкового тиску Сапфір 22ДІ

Таблиця 4.2 - Основні технічні характеристики перетворювачів тиску

Найменування	Сапфір 22ДІ	ПД100-ДІ-1,0-0,5
Вихідний сигнал	4 - 20/ 20 - 4; 0 - 5/5 - 0;	4...20 мА

					СУ-91.6.15101.22.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
					21	

Основна похибка	$\pm 0,15; 0,25; 0,5$	1%
Діапазон робочих температур середовища	- 40...+ 80	- 40...95 ⁰ С
Напруга живлення	15... 42 В DC	12...36 В DC
Опір навантаження	-	0...1кОм
Споживана потужність	-	0,75 Вт
Ступінь захисту корпусу	IP65	IP 65
Середній час напрацювання на відмову		Не менш 100 000 год.
Маса	2,6 кг	0,2 кг
Штуцер для підключення	-	M20x1,5

Із порівняння технічних характеристики давачів тиску, можна констатувати, що характеристики давачів суттєво не відрізняються. Точність та вартість, яку має давач ПД100-ДІ-1,0-0,5 дає підставу для його використання в засобах автоматизації виробництва хліба.

4.1.3 Вимірювання витрат

Відомо декілька принципів вимірювання витрат [10]:

- принцип базується на вимірюванні різниці тисків до і після звужуючого пристрою у корпусі витратоміра. Різниця тисків пропорційна значенню витрат.

- принцип робочого колеса турбіни. Обертання колеса турбіни безконтактно передається на перетворювач сигналів с допомогою вмонтованих у лопатки магнітів. Швидкість обертання прямо пропорційна значенню витрат.

- шестеренні витратоміри призначаються для вимірювання витрат середовищ з в'язкістю 20...5000 мм²/с. Такими середовищами є різні мастила, нафта, смоли, силікон, гальмівні рідини, мастильні матеріали, фарби та ін. Вимірювальний елемент складається з пари шестерень, які обертаються під тиском потоку рідини. Обертання шестерень перетворюється на імпульсний сигнал витрати.

З перерахованих витратомірів для всіх розчинів, що використовуються у виробництві хліба, найбільш прийнятним типом вимірювання є шестеренні, оскільки в'язка олія і дріжджове молоко характеризуються суттєвими значеннями в'язкості.

У Таблиці 4.3 представлені порівняльні параметри різних витратомірів.

Таблиця 4.3 Основні технічні характеристики витратомірів

					СУ-91.6.15101.22.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
						22

Модель	DZR-1...	DZR-2...	DZR-3...	DZR-4...	DZR-5...	DZR-6...
Монтаж	горизонтальний/вертикальний					
В'язкість середовища	Низька	Середня	Висока	Середня		Низька
Змашувальна здатність середовища	Висока			Низька		Висока
Матеріал корпусу	Чавун				Нержавіюча сталь	
Клас точності	± 0,3%	± 0,5%	± 1,0%	± 0,5%	± 0,5%	± 0,3%
Максимальний тиск	350/400 бар					

Із розглянутої таблиці найбільш прийнятним для застосування є витратомір марки DZR – 5. Його перевагами є виконання корпусу з нержавіючої сталі (чавун несумісний з харчовими продуктами), достатня точність вимірювань та необхідна класифікація вимірювального середовища.

4.1.4 Вимірювання рівня

Рівень борошна у силосах та бункерах необхідно вимірювати постійно. Отже, дискретні давачі вібраційного, моментного та інших типів не задовольняють потреб вимірювання. Найбільшого поширення у харчовій промисловості набули ультразвукові та ємнісні давачі. Ультразвукові рівнеміри використовуються для безконтактного безперервного вимірювання. Компактний пристрій містить вбудований температурний датчик для компенсації часу руху звуку. Діапазон виміру регулюється. У давачі генерується ультразвуковий імпульс, який відбивається від поверхні рідини або сипучого матеріалу. Відбитий сигнал фіксується приймачем давача. Враховуючи час розповсюдження ультразвукового імпульсу, обраховується вимірюваний рівень.

Таблиця 4.4 - Основні технічні характеристики давачів рівня.

Тип давача	Ємнісний	Ультразвуковий
Найменування	CA30CLC30BP-M1	HRTU418RM/P-5220-400-S12
Вихідний сигнал	4-20 мА	4-20 мА
Макс. частота	15 Hz	10 Hz
Корпус	M30x1,5x50	M18x1x50
Відстань спрацювань	0,5...300 мм	40...4000 мм
Ціна	\$66,00.	\$163,00.

Із представлених даних видно, що прийнятним варіантом вимірювання рівня є давач HRTU 418RM/P-5220-400-S12, оскільки діапазон вимірювання рівня набагато більший.

4.1.5 Вимірювання швидкості обертання

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

СУ-91.6.15101.22.ПЗ

Лист

23

При вимірюванні витрати борошна в силосах і бункерах, в'язкості в тістомісильних машинах, потрібно враховувати частоту обертання виконавчих органів. Досить дешевими та простими вимірювачами є тахогенератори. Однак їм притаманні деякі недоліки:

нелінійність характеристики в області малих частот обертання, наявність контактних щіток і колектора, що труться і зношуються [11].

Найбільш суттєвим їх недоліком є зниження надійності в умовах сильно запилених приміщень. Альтернативою до таких давачів є використання в якості давачів швидкості обертання інкрементальних енкодерів. На рис. 4.2 показано зовнішній вигляд енкодерів E40, а в Таблиці 4.5 – їх основні технічні характеристики.

Таблиця 4.5 – Основні технічні характеристики енкодерів

Тип	розмір D/d, мм	Розд. здатність имп/оборот	Вихід	Живлення
<i>Інкрементальні енкодери</i>				
E40S8-xxx-3-x-24	40 / 6...8	1...300 360...1800 2000...3600 5000		12-24 VDC
E40S8-xxx-6-L-5	40 / 6...8	1...300 360...1800 2000...3600 5000	3-T (Totempole output)	5 VDC
E40Hxx-xxx-3- x-24	40 / 6...12	1...300 360...1800 2000...3600 5000	3-N (NPN o.k)	12-24 VDC
E40Hxx-xxx-6-L-5	40 / 6...12	1...300 360...1800 2000...3600 5000	6-L (Line driver output)	5 VDC
E80H30-xxx-3- x-24 E80H30-xxx-6-L-5	80 / 30, 32	60...512 1024		12-24 VDC, 5 VDC
ENA-xxx-3-x-24	50 / 10	1 - 800 1000-3600		12-24 VDC
ENH	77 / -	25, 100		12-24 VDC, 5 VDC
<i>/ інкрементальні енкодери з редуктором</i>				
ENC-1-x-T		1 мм, 1 см, 1 м		12-24 VDC
<i>Абсолютні енкодери (Код Грея, двійковий , двійково десятиковий код)</i>				
EP50S8	50 / 8	6...1024		12-24 VDC, 5VDC
ENP	60 / 10	6...24, 360		12-24 VDC, 5-12VDC



Рисунок 4.2 – Енкодери E40

З представлених у таблиці, вибираємо енкодери серії E40H з порожнім валом, оскільки конструкція енкодера E40H забезпечує можливість простоти кріплення на валі виконавчого органу. Вихід давача *n-p-n* відкритий колектор, дає змогу простого підключення до ПЛК та захисту від електричних завад. Кількість імпульсів на оборот 255– достатньо, щоб використовувати 8 бітні змінні при написанні програми.

4.2 Обґрунтування вибору засобів керування

4.2.1 Вибір ПЛК

Відповідно до даних таблиці 4.1 сформулюємо вимоги до портів контролера, що викладені у Таблиці 4.6

Таблиця 4.6 – Вимоги до портів контролера

Сигнали	Кількість сигналів
Аналогові вхідні	24
Дискретні вхідні	7
Аналогові вихідні	9
Дискретні вихідні	25

Орієнтуючись на розглянуті технічні характеристики давачів та виконавчих механізмів, для компоновки системи керування засобами автоматизації логічним кроком реалізації представляється вибір ПЛК сімейства OVEN [12]. Просте й зручне програмування в системі CODESYS V. 2 через порти USB Device, Ethernet,

RS-232 Debug дозволяють використовувати згадане сімейство для розбудови середніх систем керування.

Додаткові переваги використання ПЛК ОВЕН полягають у можливостях керування частотними перетворювачами, під'єднання панелей операторів та GSM-модемів.

Конструктивні особливості ОВЕН ПЛК 160

Контролер монтується в компактному DIN-рейковому корпусі.

Розширення кількості точок введення/виведення здійснюється шляхом підключення зовнішніх модулів введення/виведення за будь-яким із вбудованих інтерфейсів (рис. 4.3).

Обчислювальні ресурси ОВЕН ПЛК 160

У контролері закладено потужні обчислювальні ресурси за відсутності операційної системи:

- високопродуктивний процесор RISC архітектури ARM9 з частотою 180МГц компанії Atmel;
- великий обсяг оперативної пам'яті – 8МБ;
- великий обсяг постійної пам'яті – пам'ять Flash, 4МБ;
- обсяг енергонезалежної пам'яті для зберігання змінних – до 16КБ.

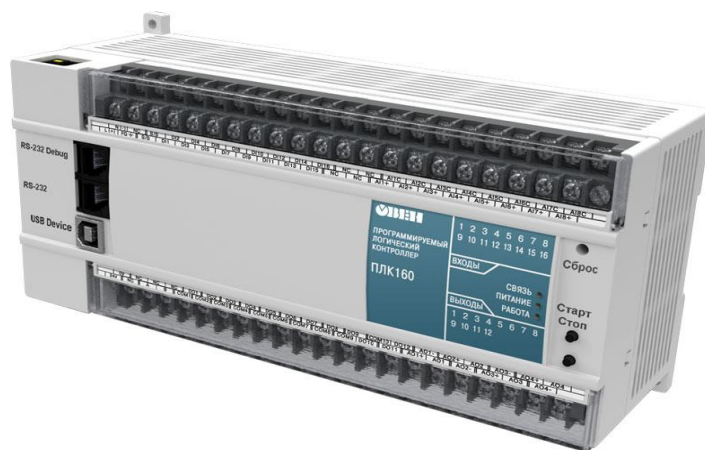


Рисунок 4.3 – Зовнішній вигляд ОВЕН ПЛК 160.

Електричні параметри

- Два варіанти живлення для кожного контролера:
- змінний струм: (90-265), (47 ... 63) Гц;
- постійний струм: (18-29).

					СУ-91.6.15101.22.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

- Невелика споживана потужність до 10Вт.
- Дискретні входи – 16
- Дискретні виходи – 12
- Аналогові входи – 8
- Аналогові виходи – 4
- Усі дискретні входи контролера вимірюють сигнал 24В.
- Тип сигналу може бути як n-p-n, так і p-n-p.
- Дискретні виходи типу: Р – реле.

«Швидкі» аналогові входи для підключення уніфікованих давачів струму, напруги. Дискретні виходи контролерів даної лінійки можуть бути налаштовані на видачу ШІМ або генератора з високою точністю.

4.2.2 Модуль вводу аналогових сигналів ОВЕН МВ110-8А

Пристрій призначений для перетворення вимірюваних аналогових сигналів цифровий код і передачі результатів вимірювання в мережу RS-485. Застосовується для побудови автоматизованих систем збору даних у різних галузях промисловості, сільського та комунального господарства, на транспорті.

Прилад працює у мережі RS-485 за протоколами ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON.

Прилад має такі групи гальванічно ізольованих ланцюгів:

ланцюги живлення приладу;

кола інтерфейсу RS-485;

ланцюги вимірювальних входів

Прилад не є Майстром мережі, тому мережа RS-485 повинна мати Майстер мережі, наприклад, ПК із запущеною на ньому SCADA-системою, контролером або регулятором.

Прилад відповідає вимогам щодо стійкості до впливу перешкод відповідно до ДСТУ EN 61131-2 для обладнання класу А. Його зовнішній вигляд показано на рис. 4.4.

					СУ-91.6.15101.22.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27



Рисунок 4.4 – Зовнішній вигляд ОВЕН МВ110-8А.

Основні особливості модуля швидкісного введення аналогових сигналів МВ110-8АС

- 8 каналів аналогового введення
- Типи вхідних сигналів: уніфіковані сигнали струму (0-20 мА, 4-20 мА, 0-5 мА) та напруги (0-10 В)
- Частота вимірювань: до 200 відліків за секунду
- Напруга живлення: ~220 В або 24 В (залежно від модифікації)
- Вбудоване джерело живлення датчиків: 24 В, 180 мА (для модифікації зі змінною напругою живлення)

Модуль дискретного виведення ОВЕН МУ110-32Р

Пристрій призначений для керування сигналами з мережі RS-485 вбудованими дискретними ВЕ, що використовуються для підключення виконавчих механізмів з дискретним керуванням. Вбудовані ВЕ можуть працювати в режимі ШІМ.

До МУ110 надається безкоштовний OPC-драйвер та бібліотека стандарту WIN DLL, які рекомендується використовувати при підключенні приладу до SCADA-систем та контролерів інших виробників.

Пристрій відповідає вимогам щодо стійкості до впливу перешкод відповідно до ДСТУ EN 61131-2 для обладнання класу А. Його зовнішній вигляд показано на рис. 4.5.

					СУ-91.6.15101.22.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28



Рисунок 4.5 – Зовнішній вигляд ОВЕН МУ110-32Р

Основні особливості модуля дискретного виведення ОВЕН МУ110-32Р

- 32 канали дискретного виводу, групова розв'язка
- Типи вихідних елементів: Р – е/м реле 3 А ~250 або =30 В
- Можливість видачі ШИМ-сигналу з будь-якого виходу

4.2.3 Перетворювачі частоти

На ринку представлена велика кількість виробників перетворювачів частоти, як іноземних - азіатських (китайських, японських), європейських, американських та ін. Найбільшою популярністю користується продукція такі виробники перетворювачів частоти, як Siemens (перетворювачі Micromaster), ABB, Control Techniques, Schneider Electric (перетворювачі Altivar), Danfoss, Lenze. До менш відомих європейських виробників перетворювачів частоти належать Vacon, Elettronica Santerno, Emotron. До найпопулярніших американських виробників відносяться General Electric. Серед азіатських компаній найбільш відома продукція таких виробників частоти як японські Mitsubishi Electric, Omron, Hitachi, Toshiba, Fuji Electric, корейські та тайванські LG Hyundai Electronics, Long Shenq Electronic, Delta Electronics. Перетворювачі частоти випускає і Китай, проте китайські перетворювачі частоти, на відміну від корейських, не відрізняються високою якістю.

Вимоги до асортименту продукції виробника частотних перетворювачів:

1. Потрібний асортимент номіналів потужностей.
2. Наявність моделей з векторним та скалярним керуванням.
3. Необхідна точність та діапазон регулювання швидкостей.
4. Можливість реалізації зворотного зв'язку зі швидкістю.

					Лист
					СУ-91.6.15101.22.ПЗ
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	29

5. Виносний пульт керування та налаштувань.
6. Наявність аналогового виходу, що конфігурується.
7. Можливість керування аналоговим сигналом.
8. Наявність зовнішнього гальмівного резистора.
9. Можливість збереження та конфігурації налаштувань на ПК.
10. Наявність інтерфейсу RS-232.

Усі викладені вимоги до лінійки своїх моделей задовольняє декілька виробників, але найбільш комплексно ним відповідає частотний перетворювач фірми Altivar [13], зовнішній вигляд якого показано на рис. 4.6

Перетворювачі частоти ALTIVAR 31 (ATV31) призначаються для трифазних та однофазних асинхронних двигунів з живленням від 220 і 380В до 600В та потужністю від 0,18 до 15 кВт.



Рисунок 4.6 – Частотний перетворювач частоти Altivar.

Використовується на виробництвах:

- Транспортвальне обладнання (невеликі конвеєри, електроталі);
- фасувально -пакувальне обладнання;
- Спеціальні механізми (мішалки, змішувачі, текстильні машини);
- вентилятори, насоси та компресори.

Перетворювач відрізняється надійністю та компактністю, простотою введення в експлуатацію.

Він відповідає стандартам EN 50178, МЕК/EN 61800-2, МЕК/EN 61800-3, сертифікатам UL, CSA та має маркування CE.

Перетворювачі Altivar 31 розташовують шістьма дискретними і трьома аналоговими входами, одним дискретним/аналоговим і двома релейними виходами. Основними функціями перетворювача частоти є:

- захист двигуна та перетворювача;

					СУ-91.6.15101.22.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		30

- лінійні S, U образні та індивідуальні криві розгону гальмування;
- робота в режимі "швидше повільніше";
- ПД- регулятор та завдання для нього;
- Дво - та трипровідне управління;
- логіка управління гальмом;
- автоматичне захоплення з пошуком швидкості та повторний пуск;
- конфігурування несправностей та типів зупинки;
- збереження конфігурації у пам'яті ПЧ;
- Декілька функцій можуть бути призначені на один і той же дискретний вхід.

					СУ-91.6.15101.22.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

5. ОЦІНКА ХАРАКТЕРИСТИК ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

5.1 Оцінка параметрів печі

Хлібопекарська піч встановлюється в лінію між агрегатом розстоювання тістових заготовок і обладнанням для транспортування готових виробів для укладки та фасування хліба [14].

На рис. 5.1 зображено хлібопекарська піч ПХК – 25, а на рис. 5.2 –кінематична схема приводу сітчастого поду.

Кінематична схема та регулювання електроприводу сітчастого поду хлібобулочної печі визначають час випікання хліба шляхом регулювання швидкості переміщення виробів. Таким чином якість продукту залежатиме від точності стабілізації швидкості переміщення або налаштувань системи керування електроприводу поду.

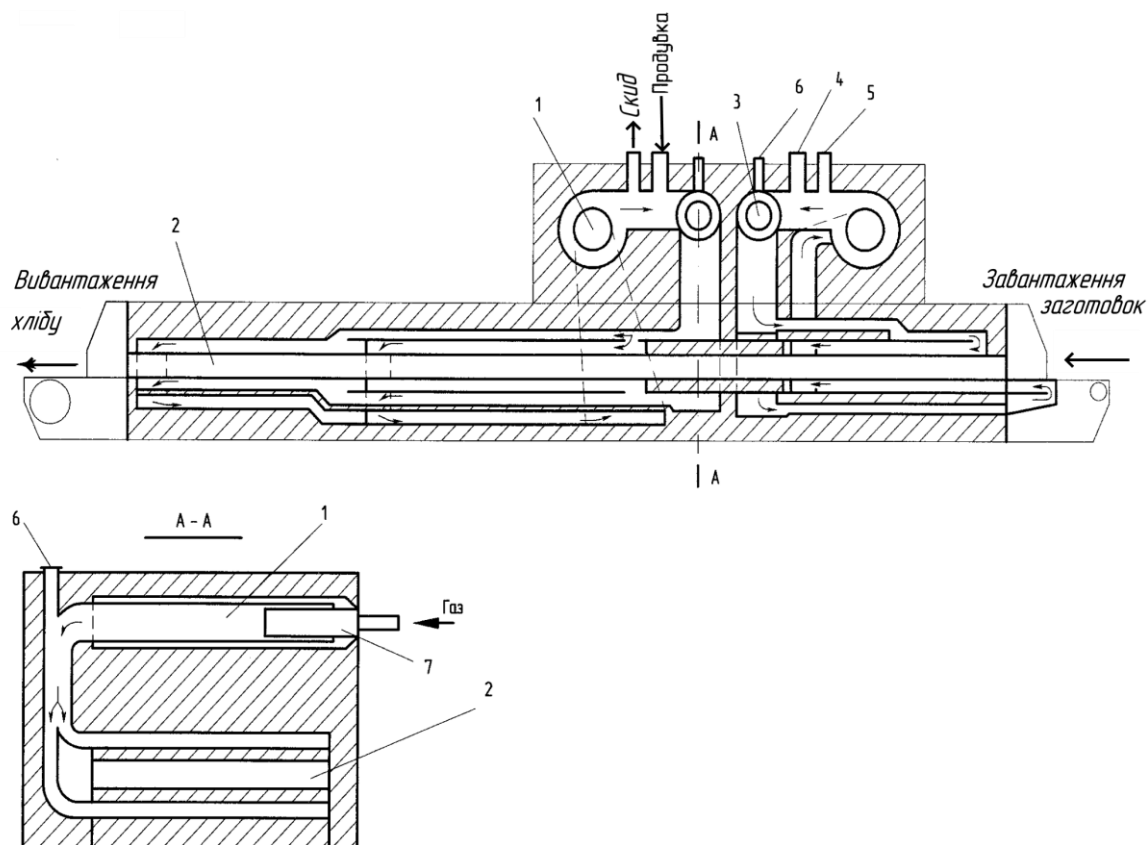


Рисунок 5.1– Піч хлібопекарська

1 – вентилятор рециркуляції; 2 – пекарна камера; 3 – топковий пристрій;

5 – запобіжний (вибуховий) клапан; 6 – димова труба; 7 – пальник.

										Лист
										32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

СУ-91.6.15101.22.ПЗ

Піч є металевою конструкцією, що складається з пекарної камери, конвеєрного поду з приводним і натяжними механізмами, топкового пристрою, системи гріючих і розподільчих каналів і димососа (вентилятора рециркуляції).

Пекарна камера є горизонтальним тунелем прямокутної форми. Верхня та нижня стінки пекарної камери є одночасно тепловіддаючих стінок газових каналів верхнього та нижнього обігріву камери. По нижньому металевому листу (підставі пекарної камери) переміщається робоча гілка конвеєрної металевої сітки, на якій розташовані тестові заготовки.

Для зволоження поверхні тестових заготовок у початковій ділянці пекарної камери є парозволожувальний пристрій, що складається з металевого ковпака, під яким вміщено чотири труби з отворами. Надлишок пари видаляється з пекарної камери, до яких примикають патрубки із заслінками, та систему вентиляційних трубопроводів, приєднаних до витяжного вентилятора. Останній встановлюють над піччю.

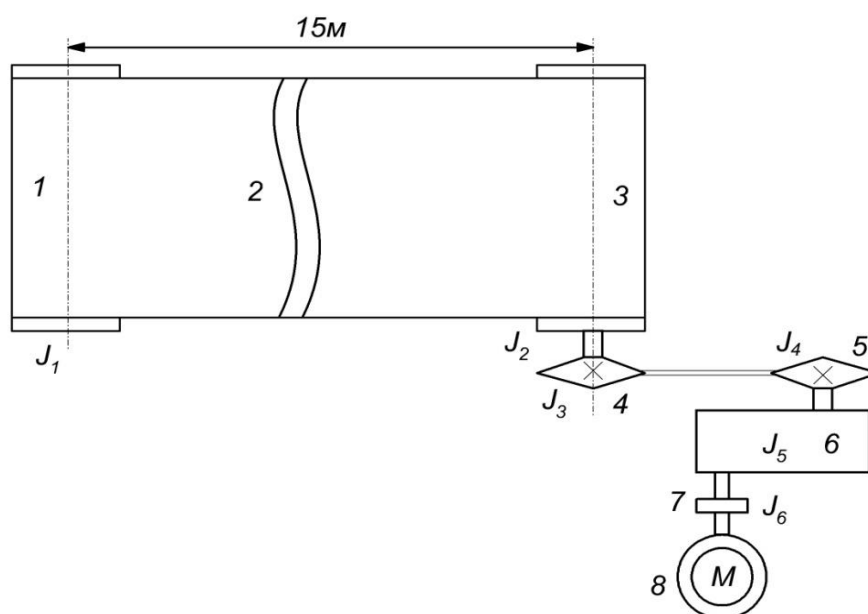


Рисунок 5.2 – Кінематична схема приводу сітчастого поду (1- натяжний барабан; 2 – сітчастий под; 3 – приводний барабан; 4,5 – ланцюгова передача; 6 – редуктор циліндричний; 7 – напівмуфта сполучна; 8 – електродвигун).

J_1 – момент інерції натяжного барабану; J_2 – момент інерції приводного барабану; J_3 – момент інерції зірки; J_4 – момент інерції зірки; J_5 – момент інерції редуктора; J_6 – момент інерції сполучної напівмуфти; m – маса стрічки.

Основні технічні характеристики печі представлені у Таблиці 5.1.

Таблиця 5.1- Основні технічні характеристики сітчастого поду

Sp	Робоча площа поду, м ²	25
bp	Робоча ширина поду, м	2.1
t	Межі регулювання часу випічки, хв	10...80
β	Кут завантаження, °	10
Rб	Радіус приводного барабану, м	0.125
l	Довжина печі, м	15.5

Значення коефіцієнтів елементів кінематичного ланцюга визначаються за кінематичною схемою.

Якщо i_z - передавальне число ланцюгової передачі;

z_4 - число зубів веденої зірочки;

z_5 - число зубів провідної зірочки. (рис. 5.2)

То передавальне число ланцюгової передачі:

$$i_z = \frac{z_4}{z_5} = \frac{95}{12} = 7.96$$

Лінійні швидкості руху стрічки конвеєра, виходячи із значень меж регулювання часу випічки: $t_{\min}=10$ хв і $t_{\max}=60$ хв.(Згідно ТЗ)

Максимальна лінійна швидкість:

$$V_{\max} = \frac{L}{t_{\min} * 60} = \frac{15}{10 * 60} = 0.025 \text{ м/с}$$

Мінімальна лінійна швидкість:

$$V_{\min} = \frac{L}{t_{\max} * 60} = \frac{15}{60 * 60} = 0.004 \text{ м/с}$$

де: V_{\max} - максимальна лінійна швидкість поду;

V_{\min} - мінімальна лінійна швидкість поду;

L - довжина поду; t_{\min} - мінімальний; t_{\max} - максимальний час випічки

Якщо для приводу поду використати асинхронний електродвигун із короткозамкненим ротором, номінальною швидкістю обертання $n = 750$ об/хв, то потрібне передатне число всієї кінематичної схеми Σi вирахуємо із співвідношення:

$$\Sigma i = \frac{\omega * R}{V_{\max}} = \frac{78.54 * 0.125}{0.02} = 490.1$$

де: i – передатне число всієї кінематичної схеми;

ω – частота обертання валу двигуна; R – радіус приводного барабана.

Тоді необхідне передатне число редуктора:

$$i_r = \frac{\Sigma i}{i_z} = \frac{490.1}{7.96} = 61.57$$

Умовою руху конвеєрної стрічки є подолання статичного опору навантаження, який виникає внаслідок наявності сили тяжіння вантажу, що рухається конвеєром та сил тертя у всіх рухомих елементах конвеєра. Ці сили виникають у підшипниках обертання, а також у місцях контакту роликів з опорою, зокрема у тягових елементах. Збільшення або зменшення сил тертя залежить від довжини конвеєра, особливо для горизонтальних конвеєрів.

Сили опору руху конвеєра поділяються на дві категорії:

- перші сили – не залежать від натягу тягового елемента, виникають на прямолінійних горизонтальних та похилих ділянках та розподілені по ділянці рівномірно.
- другі – залежать від натягу, виникають на ділянках згинання тягового елемента та зосереджені у просторі дуги цієї ділянки.

Попередній вибір потужності електродвигуна здійснюється виходячи із значень навантажень механізму [15]. Для цього скористаємось даними, що наведено у таблиці. 5.2.

Таблиця 5.2.

Продуктивність, П, кг/год	642
Маса погонного метра стрічки, т л, кг	18.2
Кут обхвату приводного барабана, α , рад	3.1416
Кут завантаження, β , рад	0.174
Коефіцієнт тертя, μ	0.35

Коефіцієнт опору на ділянках вигину	0,06
Коефіцієнт опору на прямолінійній ділянці	0,025
Припустиме прискорення $a_{\text{доп}}$, м/с ²	0,4

Маса 1м вантажу, що транспортується відповідно до заданої продуктивності:

$$m_g = \frac{\Pi}{3600 * V_{\text{max}}} = \frac{642}{3600 * 0.025} = 7.15 \text{ кг}$$

де: m_g - маса 1м вантажу, що транспортується; Π – продуктивність.

Для розрахунку потужності приводної станції необхідно знати ККД кінематичного ланцюга. Із довідкових джерел приймемо орієнтовні значення ККД елементів кінематичного ланцюга (Таблиця 5.3).

Таблиця 5.3 Значення ККД для елементів кінематичного ланцюга

ККД ланцюгової передачі, $\eta_{\text{щп}}$	0.9
КПД сполучної муфти, $\eta_{\text{м}}$	0.98
ККД редуктора, $\eta_{\text{р}}$	0.95
КПД підшипникових опор, $\eta_{\text{п}}$	0.99

Результуючий ККД кінематичного ланцюга приводу:

$$\eta = \eta_{\text{щп}} * \eta_{\text{м}} * \eta_{\text{р}} * \eta_{\text{п}} * \eta_{\text{п}} * \eta_{\text{п}} * \eta_{\text{п}} = 0.9 * 0.98 * 0.95 * 0.99 * 0.99 * 0.99 * 0.99 = 0.8$$

Тоді статичний момент опору руху:

$$M_{\text{ст}} = k_3 \frac{(T_{\text{нб}} - T_{\text{сб}})D}{2 * i_z * i_r * \eta} = 1.2 \frac{(708.2 - 285.5)}{2 * 7.96 * 63 * 0.8} = 1.62 \text{ Н * м}$$

де: $k_3=1.2$ – коефіцієнт запасу, що враховує неточність розрахунку сили опору; D – діаметр приводного барабана.

Спираючись на розраховані дані та методику вибору редуктора [16], вибираємо редуктор типу Ц2-100-16-12-АУ2 з наступними паспортними даними (Таблиця 5.4).

Таблиця 5.4

Максимальна потужність, що передається, кВт	12
Передатне число	63
Частота обертання бистрохідного валу, об/хв	750

З урахуванням реального передавального числа редуктора передатне число кінематичного ланцюга $i_{кц}$ дорівнює:

$$i_{кц} = i_p \cdot i_{цп} = 7,96 \cdot 63 = 501,48$$

Максимальна та мінімальна *кутові* швидкості обертання електродвигуна, виходячи з діапазону регулювання та передавального числа кінематичного ланцюга визначаються:

$$\omega_{эдmax} = \frac{i_{кц} \cdot V_{max}}{R_б} = \frac{501,48 \cdot 0,02}{0,125} = 80,24 \text{ рад}^{-1}$$

$$\omega_{эдmin} = \frac{i_{кц} \cdot V_{min}}{R_б} = \frac{501,48 \cdot 0,0035}{0,125} = 14,04 \text{ рад}^{-1}$$

Конвеєр плавно розганятиметься з малим прискоренням $a \leq 0.4 \text{ м/с}^2$. Відповідно механічні коливання в тяговому органі можуть виникнути, якщо конвеєр розганяється з прискоренням $a > 0.4 \text{ м/с}^2$.

Оскільки всередині печі стрічка ковзає по металевих напрямних, то сила тертя, що виникає між стрічкою і напрямними, буде демпфувати коливання в механічній частині електроприводу.

Останнє міркування дає змогу призвести двохмасову систему до одномасової і податність тягового органу не враховувати.

Визначимо момент інерції приводного та натяжного барабанів, з урахуванням їх розмірів. Барабани виготовлені з товстостінної сталеві труби ($\gamma = 7800 \text{ кг/м}^3$) із зовнішнім діаметром $D = 250 \text{ мм}$ і внутрішнім діаметром $d = 200 \text{ мм}$. Цапфи і посадкові місця під підшипники у розрахунку не враховуються у зв'язку з малим моментом інерції.

$$J_1 = J_2 = \frac{\pi \cdot \gamma}{2} L (R^4 - r^4) = \frac{3,14 \cdot 7800}{2} \cdot 15 \cdot (0,125^4 - 0,1^4) = 260 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

де: γ – щільність; L – довжина валу; R – зовнішній радіус труби; r – внутрішній радіус труби.

Момент інерції веденої зірочки:

					СУ-91.6.15101.22.ПЗ	Лист
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$J_3 = \frac{\pi * \gamma}{2} L * R^4 = \frac{3,14 * 7800}{2} * 0,01 * 0,4^4 = 31 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

де: L – товщина зірочки; R – радіус зірочки.

Моментом інерції провідної зірочки знехтуємо у зв'язку з малим моментом інерції, порівняно з валами.

Момент інерції сполучної муфти:

$$J_6 = \frac{\pi * \gamma}{2} L * R^4 = \frac{3,14 * 7800}{2} * 0,03 * 0,1^4 = 0,36 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

де: L – товщина сполучної муфти; R – радіус сполучної муфти.

Момент інерції стрічки та вантажу:

$$J_7 = \frac{m_{\Sigma} R^2}{2} = \frac{703,9 * 0,125^2}{2} = 54,9 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Визначимо момент інерції механічної частини приводу приведений до валу двигуна:

$$J_{\text{мех}} = J_5 + J_6 + \frac{J_1 + J_2 + J_3 + J_7}{i_{\text{кц}}^2} = 0,49 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Необхідна потужність двигуна приводу конвеєра:

$$P = M * \omega = \left(M_{\text{ст}} + J_{\text{мех}} \frac{\omega}{t} \right) \omega = 6439,67 \text{ Вт}$$

Виберемо з [17] асинхронний двигун для проектованого електроприводу. Мінімальна потужність електродвигуна була складає 6.5кВт. Тому вибираємо АІР160S8 з наступними технічними даними (Таблиця 5.5):

Таблиця 5.5

Рн, кВт	n, об/хв	ηн	cosφн	m	λl	R1, Ом	J, кг·м ²
7.5	730	0.86	0.74	2.6	5.5	1.06	55*10 ⁻¹

5.2 Розрахунок та налаштування регулятора.

Визначимо динамічні показники двигуна з номінальним навантаженням на валу.

Номинальна частота обертання:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi * 730}{60} = 76.45 \text{ рад}^{-1}$$

Критичний момент двигуна:

$$M_k = \lambda m \frac{P}{\omega} = 2,6 \frac{7500}{76,45} = 255,07 \text{ Н * м}$$

Синхронна частота обертання:

$$\omega_0 = \frac{2\pi n_0}{60} = \frac{2\pi * 750}{60} = 78.54 \text{ рад}^{-1}$$

Номинальне ковзання:

$$S_n = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} = \frac{78.54 - 76.45}{78.54} = 0,028$$

Критичне ковзання:

$$S_k = S_n \left(\lambda m + \sqrt{\lambda m^2 - 1} \right) = 0,028 * \left(2,6 + \sqrt{2,6^2 - 1} \right) = 0,15$$

Електромагнітна стала часу:

$$T_e = \frac{1}{\omega S_k} = \frac{1}{76.45 * 0,15} = 0.022 \text{ с}$$

Механічна стала часу систему з урахуванням навантаження на валу:

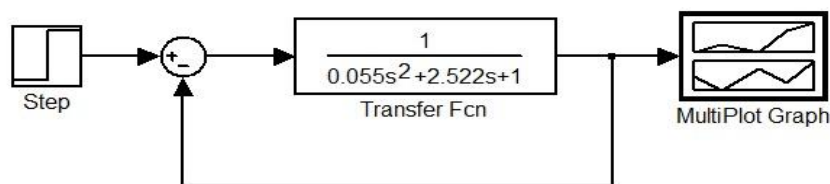
$$T_m = \frac{(J_{\text{мех}} + J_{\text{мот}})\omega S_k}{M_k} = \frac{(0,49 + 5,5) * 76.45 * 0,15}{255,07} = 2,496 \text{ с}$$

Отже, передатна функція запишеться як:

$$W(s) = \frac{1}{0.022s + 1} * \frac{1}{2.5s + 1} = \frac{1}{0.055s^2 + 2.522s + 1}$$

									Лист
									39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Для отримання перехідної характеристики об'єкта, зберемо модель у математичному пакеті Simulink рис. 5.3. Результати моделювання подано на рис.



5.4.

Рисунок 5.3 – Модель системи керування в середовищі Simulink.

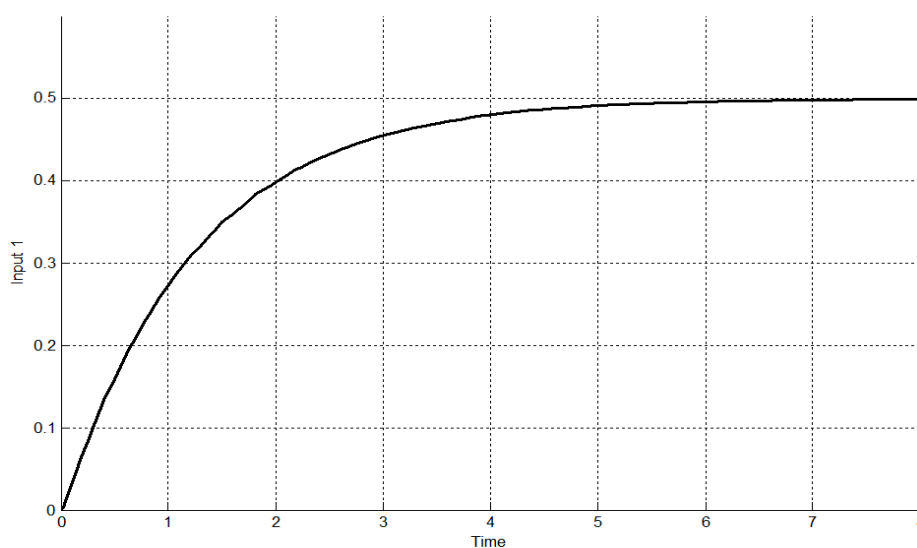


Рисунок 5.4 – Перехідна характеристика

5.2.1 Вибір налаштувань регулятора

При великих діапазонах регулювання швидкості та високих вимог до динаміки застосовується частотне векторне керування без давачів і з давачами зворотного зв'язку. Векторне управління з датчиком зворотного зв'язку по швидкості дозволяє отримати діапазон регулювання не менше 1000 при постійній перевантажувальній здатності приводу і високих динамічних показниках.

Вибір типу регулятора для контуру швидкості

Вибір типу регулятора та його налаштувань залежить від наступних чинників: типу об'єкта, тобто. його статичних та динамічних характеристик; місця прикладення збурюючого впливу f та його типу; прийнятого критерію якості керування. Відповідно до класики керування електроприводами ПД регулятор

застосовується, коли система представляється двомасовою структурою, і стала часу другої маси еквівалентна або більше першої маси. В інших випадках цілком достатньо ПІ регулятора [18].

5.2.2 Розрахунок налаштувань регулятора за показником коливання

Розрахунок параметрів налаштування автоматичного регулятора за показником коливальності [19] полягає у визначенні такого коефіцієнта регулятора, при якому АФЧХ розімкнутої системи (об'єкта та регулятора) була дотичною, але не заходила в заборонену зону, тобто. не повинна заходити всередину області комплексної площини, що оточує точку з координатами $(-1, j0)$.

Для розрахунку коефіцієнтів регулятора ОК побудуємо систему із від'ємним зворотнім зв'язком, що зображена на рис. 5.5.

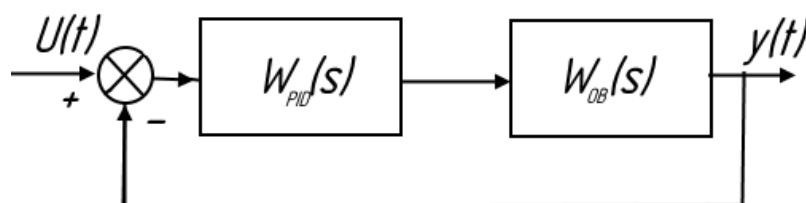


Рисунок 5.5 – Система керування з регулятором, замкнена зворотним зв'язком.

Розрахунок оптимальних налаштувань ПІ регулятора будемо проводити для забезпечення показника коливання системи не нижче 1,62, що приблизно відповідає ступеню згасання 0,9.

Ця область є коло радіусом

$$Mz := 1.61$$

$$r(Mz) := \frac{Mz}{Mz^2 - 1}$$

$$r(Mz) = 1.011$$

з центром, розташованим на негативній дійсній вісі на відстані від початку координат.

$$u(Mz) := \frac{Mz^2}{Mz^2 - 1}$$

$$u(Mz) = 1.628$$

					СУ-91.6.15101.22.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Кут α променя, проведеного з початку координат і дотикається кола, визначається:

$$\gamma (Mz) := \text{asin} \left(\frac{1}{Mz} \right)$$

Побудуємо межі області із заданим показником коливальності M (рис. 5.6)

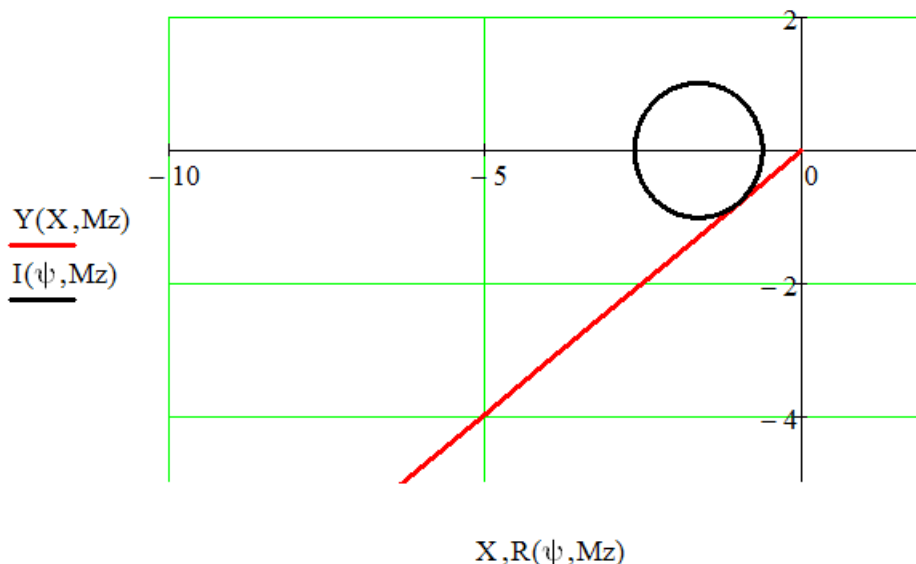


Рисунок 5.6 – Побудова меж області із заданим показником коливання.

Методика виконання розрахунку полягає в наступному:

Для різних частот ω будемо АФЧХ розімкнутої системи з ПІ – регулятором:

$$W(s) := \frac{1}{0.055 \cdot s^2 + 2.522 \cdot s + 1}$$

$$W_{pi}(k, T, s) := \left(1 + \frac{1}{T \cdot s} \right) \cdot (W(s))$$

При $k_p=1$

$$W(j\omega) = W_0(j\omega) + j \cdot \frac{W_0(j\omega)}{\omega \cdot T_u}$$

Задамося кількома значеннями часу ізодрому $T_i = 0,1$, $T_i = 0,2$, $T_i = 0,3$ і $k_p = 1$. Побудуємо для кожного з цих значень АФЧХ розімкнутої системи. Для цього на комплексній площині креслимо кола радіусів R_1 , R_2 , R_3 , що відповідають різним значенням згасання параметра, або різним значенням передатної функції системи.

$$U(T, \omega) := \text{Re}(W_{pi}(k, T, i \cdot \omega))$$

$$V(T, \omega) := \text{Im}(W_{pi}(k, T, i \cdot \omega))$$

$$\gamma(Mz) := \text{asin}\left(\frac{1}{Mz}\right)$$

$$Y(X, Mz) := \tan(\gamma(Mz)) \cdot X$$

$$R(\psi, Mz) := r(Mz) \cdot \sin(\psi) - u(Mz)$$

$$I(\psi, Mz) := r(Mz) \cdot \cos(\psi)$$

$$d1(\psi) := 9.2 \cdot \sin(\psi) \quad d2(\psi) := 3.35 \cdot \sin(\psi) \quad d3(\psi) := 1.5 \cdot \sin(\psi)$$

$$z1(\psi) := 9.2 \cdot \cos(\psi) - 14.9 \quad z2(\psi) := 3.35 \cdot \cos(\psi) - 5.5$$

$$z3(\psi) := 1.5 \cdot \cos(\psi) - 2.4$$

$$\psi := 0, 0.01 \dots 2\pi$$

$$\omega := 0.001, 0.0012 \dots 20$$

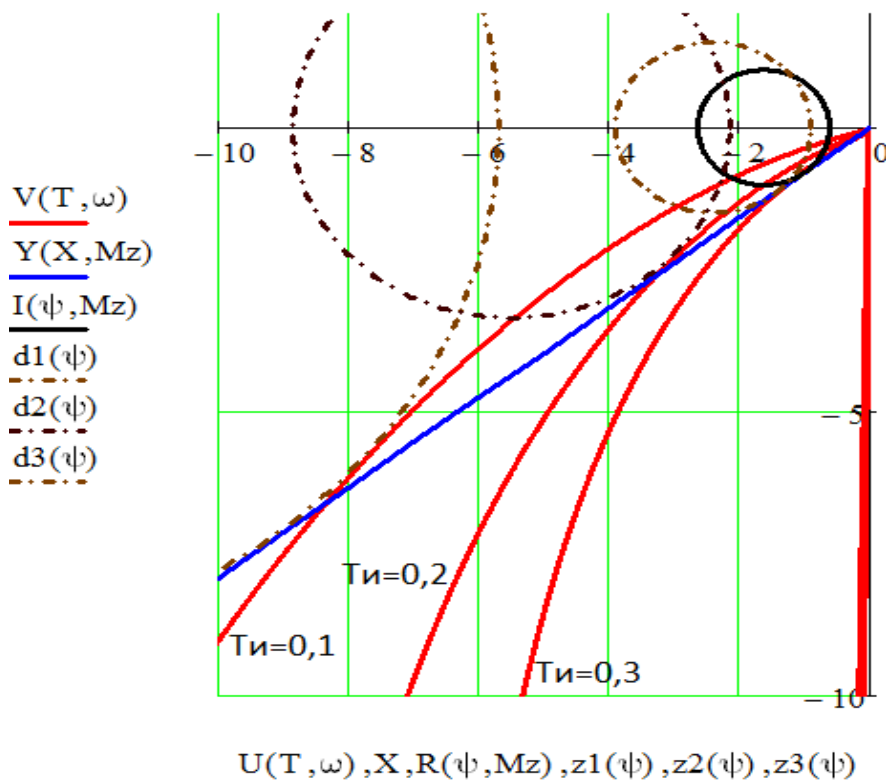


Рисунок 5.7 - Побудова АФЧХ розімкнутої системи та визначення коефіцієнта посилення ПІ-регулятора

Отримано: $R_1 = 9,2$ $R_2 = 3,35$ $R_3 = 1,5$

5) Відповідні коефіцієнти посилення регулятора

$$k1 := \frac{Mz}{Mz^2 - 1} \cdot \frac{1}{9.2}$$

$$k2 := \frac{Mz}{Mz^2 - 1} \cdot \frac{1}{3.35}$$

$$k3 := \frac{Mz}{Mz^2 - 1} \cdot \frac{1}{1.5}$$

$$k1 = 0.11$$

$$k2 = 0.302$$

$$k3 = 0.674$$

Ці значення визначають межі допустимого запасу стійкості у площині P/I (рис. 5.8):

$$PI := \begin{pmatrix} 0.1 & 0.11 \\ 0.2 & 0.302 \\ 0.3 & 0.674 \end{pmatrix}$$

$$I := PI^{(0)}$$

$$P := PI^{(1)}$$

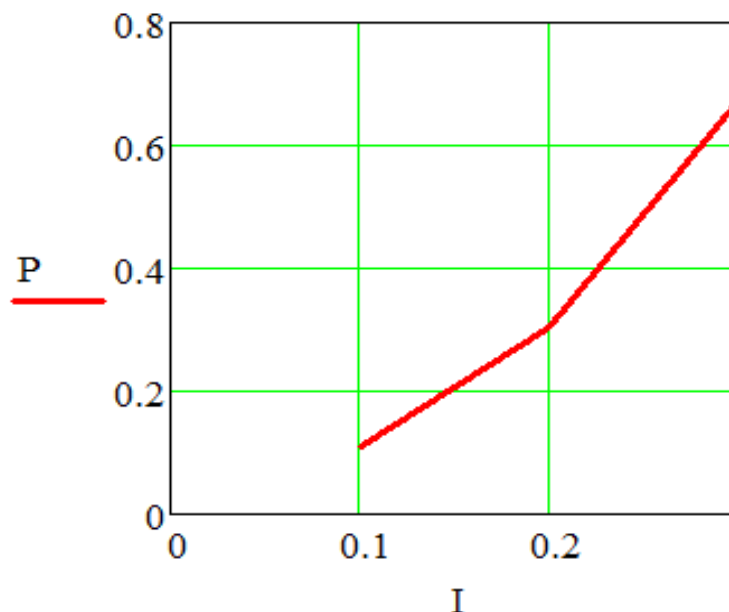


Рисунок 5.8 – Межі області заданого M.

Характер залежності рис.5.6 із заданим показником коливань не дає можливості визначити максимальне співвідношення $k\tau/Ti \rightarrow \text{макс}$.

Для з'ясування яка пара налаштувань дає найкращі показники якості, побудуємо графіки перехідних характеристик для кількох значень і простежимо тенденцію.

Результати подано на рис. 5.10.

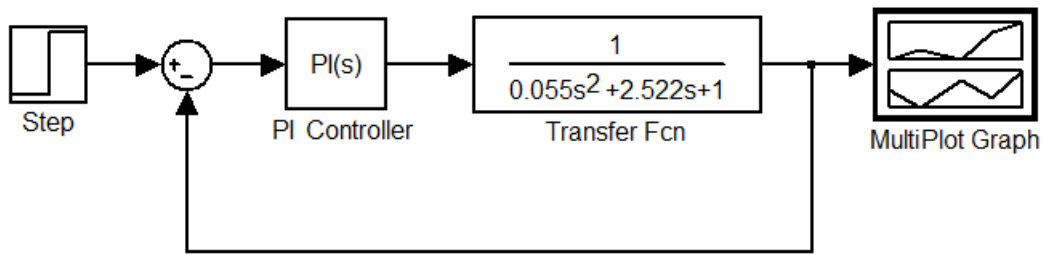


Рисунок 5.9 – Схема для перевірки налаштувань ІІІ –регулятора.

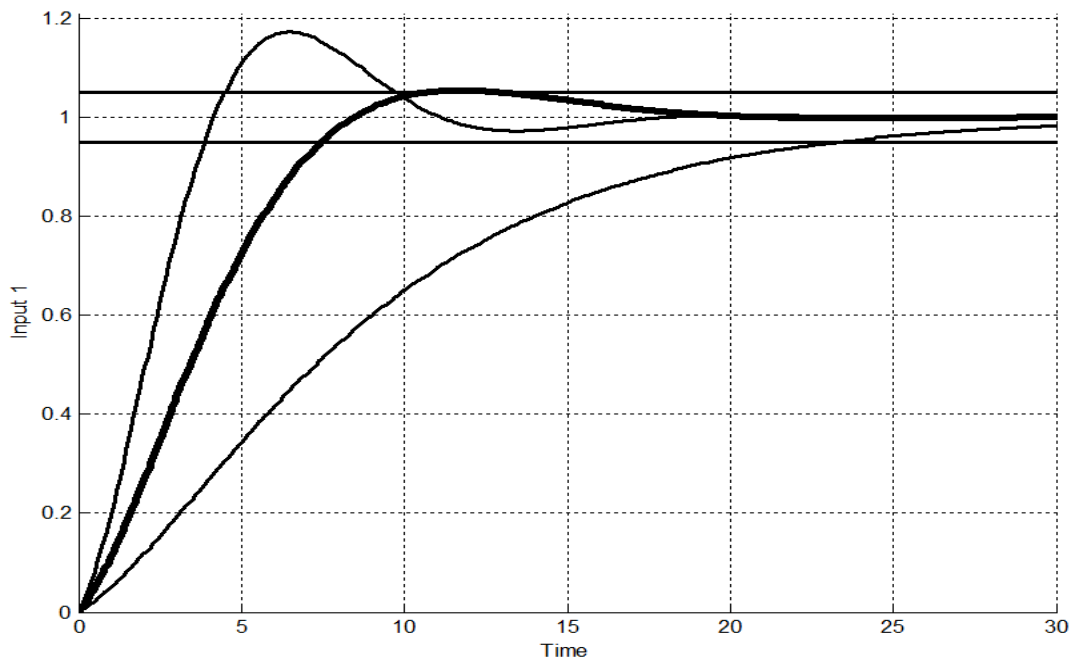


Рисунок 5.10 – Перехідні характеристики САК.

Із дослідів різних комбінацій k_p/T_i найкращі показники якості регулювання досягаються при: $k_p = 0,2$; $T_i = 0,302$.

При цьому перерегулювання складає:

$$\sigma = \frac{h_{\max} - h_y}{h_y} = \frac{1,05 - 1}{1} * 100\% = 5\%$$

Час входу у 5% зону $t = 7\text{с}$;

Таким чином, можна констатувати, що система ІІІ регулятор електроприводу печі з розрахованими коефіцієнтами має забезпечити необхідні показники якості регулювання.

ВИСНОВКИ

У представленому дипломному проекті на основі конструкторсько-технологічного аналізу об'єкта керування описано інформаційно-матеріальні потоки процесу випікання хліба.

В результаті обґрунтування функціональних контурів керування розроблена функціональна схема автоматизації об'єкта (Додаток А). У Додатку Б приведена розроблена схема електрична принципова автоматизованого процесу та схема зовнішніх з'єднань (Додаток В).

Модернізація системи керування базується на мікропроцесорних програмно-технічних засобах автоматизації, зокрема вибрано промисловий логічний контролер фірми ОВЕН. Функціонування ПЛК забезпечується периферійними блоками вводу/виводу сімейства ОВЕН та частотними перетворювачами та виконавчими пристроями.

В результаті моделювання та оцінки параметрів приводу хлібопекарської печі вибрано ПІ-регулятор, який по результатам моделювання повинен забезпечити стабільність процесу у межах 5% .

Реалізація розробленого проекту дозволить підвищити стабільність протікання процесу в умовах дії збурень параметрів сировини та процесу, що у підсумку забезпечить якість випікання хлібу.

					СУ-91.6.15101.22.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Теличкун В. І., Гавва О. М., Теличкун Ю. С., Губеня О.О. [та ін.]. Технологічні комплекси харчових виробництв: Навчальний посібник, 2-е видання/– Київ: Видавництво «Сталь» . –2019. – 456 с.
2. Новікова О.В. Технологія виробництва хлібобулочних і борошняних кондитерських виробів: навч. посібник. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2017. – 540 с.
3. Гончаренко Б.М., Ладанюк А.П. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій підручник. –. 2014. –Київ: НУХТ. – 600 с
4. Гончаренко Б. М., Кишенько В. Д., Лобок О. П. [та ін.] Розроблення автоматизованої системи керування технологічними процесами виробництва хліба з використанням сценарного підходу/ Загальнодержавний міжвід. наук.-техн. зб. - Кропивницький : КНТУ, 2016. –Випуск 46. –С. 132 –139.
5. Ладанюк А.П., Решетюк В.М., Кишенько В.Д., Смітюх Я В. Інноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об'єктами агропромислового комплексу. –Київ: «Центр учбової літератури» . –2014. –280 с.
6. Хорольський В.П., Кореноць Ю.М., Возняк А.В., Омельченко О.В., [та ін.] за ред. В.П. Хорольського. Інтелектуальні системи управління виробництвом хлібобулочних виробів. – Кривий Ріг. – ФОП Чернявський Д.О. – 2019. –204 с.
7. Farah Bader, Shahin Rahimifard, A methodology for the selection of industrial robots in food handling, Innovative Food Science & Emerging Technologies, Volume 64, 2020, P.102379.
8. Papasidero Davide & Manenti, Flavio & Corbetta Michele & Rossi, Francesco. (2014). Relating Bread Baking Process Operating Conditions to the Product Quality: a Modelling Approach. Chemical Engineering Transactions. 39. 1729-1734. 10.3303/CET1439289
9. <https://owen.ua/ua/news/datchyky-owen-dlja-hlibobulochnoji-promyslovosti>
10. Бондаренко С. Г., Складанний Д. М., Абрамова А. О. Технологічні вимірювання і прилади. Вимірювання рівня та витрат [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно інтегровані технології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ :КПІ ім. Ігоря Сікорського. –2020. – 117 с.

					СУ-91.6.15101.22.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

11. Кухарчук В. В., Ведміцький Ю.Г., Граняк В. Ф. Вимірювання параметрів обертального руху електромеханічних перетворювачів енергії в перехідних режимах роботи. Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. –2018. – 155 с
12. <https://owen.ua/ua/programovani-logichni-kontrolery>
13. <https://www.se.com/ua/uk/product-category/2900>
14. Теличкун Ю.С., Литовченко І.М., Ковальов О.В. Технологічне обладнання галузі (хлібопекарське виробництво): курс лекцій для студентів Напрямку підготовки «Харчові технології та інженерія» та спеціальності «Обладнання переробних та харчових виробництв». –2014. – НУХТ. –Київ:. –110с.
15. Павленко Т. П., Донець О. В., Петренко О. М. Автоматизований електропривод загальнопромислових механізмів. Конспект лекцій (для студентів усіх форм навчання за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка) – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова. –2018. – 132 с
16. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання. – 2020. –Харків: НТУ «ХП». – 275 с
17. Яцун М.А. Електричні машини. –2011. –Львів: Львівська політехніка. –464с.
18. Osadchyy V., Nazarova O and Olieinikov M., "The Research of a Two-Mass System with a PID Controller, Considering the Control Object Identification," 2021 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/MEES52427.2021.9598542.
19. Бондаренко С.Г., Сангінова О.В. Теорія автоматичного керування. Методичні вказівки і завдання до виконання домашньої контрольної роботи для студентів напрямку підготовки “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології ”. – 2013. –Київ: НТУУ «КП». – 102с.

					СУ-91.6.15101.22.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

ДОДАТОК А

(обов'язковий)

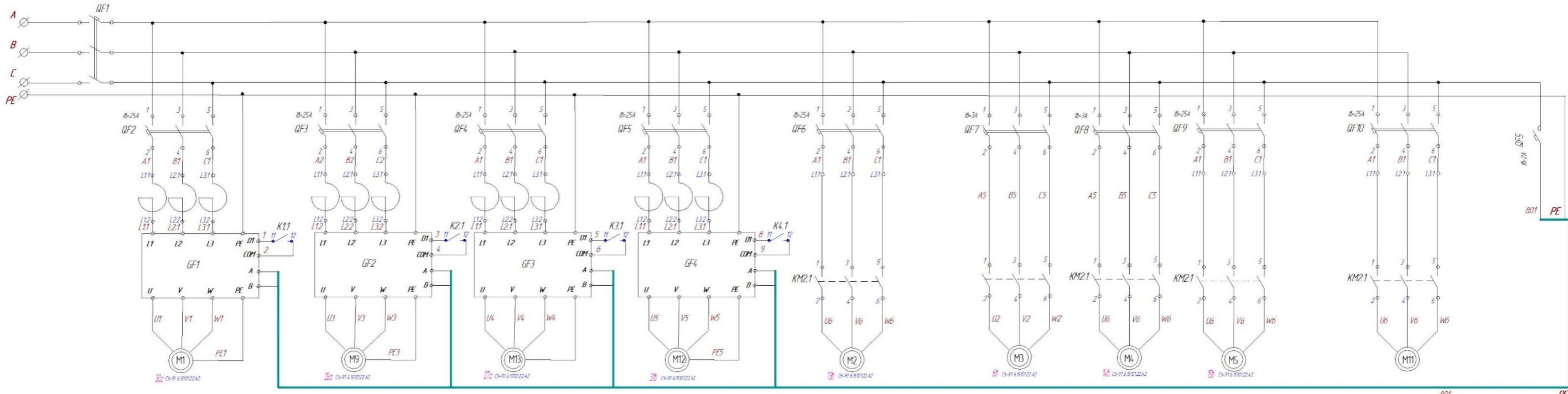
СУ-91.6.15101.22.А2 – Функціональна схема автоматизації

					СУ-91.6.15101.22.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

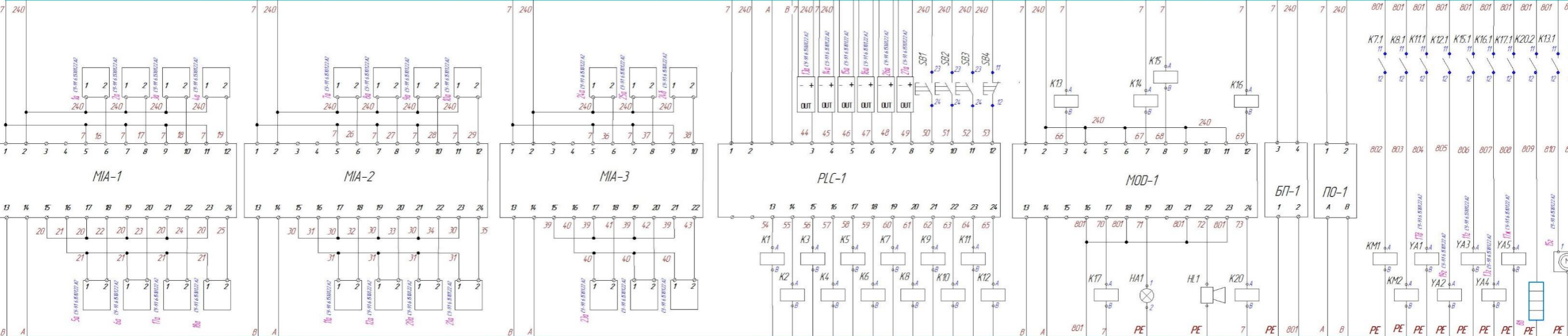
ДОДАТОК Б
(обов'язковий)

СУ-91.6.15101.22.ЕЗ – Схема електрична принципова

					СУ-91.6.15101.22.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49



Живлення 0V	Живлення 24V	Температура розсіювального шафи	Температура печі зона1	Температура печі зона2	Температура печі зона3	Живлення 0V	Живлення 24V	Рівень силоса№1	Рівень силоса№2	Рівень силоса№3	Рівень дункера	Живлення 0V	Живлення 24V	Вологість тлістошайли №1	Вологість у тлістошайли 2	Кислотність у тлістошайли №1	Живлення 0V	Живлення 24V	RS - 485	Дозатор №1	Дозатор №2	Дозатор №3	Дозатор №4	Тлістошайлика №1	Тлістошайлика №2	Пуск ТП	Склад збук. сигнал	Перевірка сигналіз.	Аварійна зупинка	Живлення 0V	Живлення 24V	Відкриття МЕО	Зачинення МЕО	Зачинення ТРВ	Клапан зволоження	Живлення 0V	Живлення 24V	Живлення 0V	Живлення 24V
-------------	--------------	---------------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	-------------	--------------	-----------------	-----------------	-----------------	----------------	-------------	--------------	--------------------------	---------------------------	------------------------------	-------------	--------------	----------	------------	------------	------------	------------	------------------	------------------	---------	--------------------	---------------------	------------------	-------------	--------------	---------------	---------------	---------------	-------------------	-------------	--------------	-------------	--------------



RS - 485	RS - 485	Вологість печі	Пуск мікропроцедури	Витрати розчинної солі	Витрати розчинної дріжджів	RS - 485	RS - 485	Рівень робочого дункера №1	Рівень робочого дункера №2	Витрати розчинної цукру	Витрати води	RS - 485	RS - 485	Кислотність у тлістошайли №1	Вологість розсіювального шафи	Відкриття розсіювального шафи	Вмк. приводу пода	Вмк. компресору	Нагрів зона№1	Нагрів зона№2	Нагрів зона№3	Нагрів зона№4	Вмк. мішалки №1	Вмк. мішалки №2	Вмк. силоса№1	Вмк. силоса№2	Вмк. силоса№3	Вмк. дункера	RS - 485	RS - 485	Клапан ПС	Світлова аварійна сигналізація	Звукова аварійна сигналізація	Електронагрівач	Живлення 220V	Живлення 220V	RS - 485	RS - 485	Вмк. насосу	Вмк. насосу	Клапан авар. дил. ПС	Клапан авар. дил. ОР	Перепуск. клапан КВС	Перепуск. клапан КНС	Клапан ПС	Електронагрівач	МЕО
----------	----------	----------------	---------------------	------------------------	----------------------------	----------	----------	----------------------------	----------------------------	-------------------------	--------------	----------	----------	------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------	-----------------	---------------	---------------	---------------	---------------	-----------------	-----------------	---------------	---------------	---------------	--------------	----------	----------	-----------	--------------------------------	-------------------------------	-----------------	---------------	---------------	----------	----------	-------------	-------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	-----------	-----------------	-----

Лист № 1 з 1
Лист № 2 з 2
Лист № 3 з 3
Лист № 4 з 4
Лист № 5 з 5
Лист № 6 з 6
Лист № 7 з 7
Лист № 8 з 8
Лист № 9 з 9
Лист № 10 з 10
Лист № 11 з 11
Лист № 12 з 12
Лист № 13 з 13
Лист № 14 з 14
Лист № 15 з 15
Лист № 16 з 16
Лист № 17 з 17
Лист № 18 з 18
Лист № 19 з 19
Лист № 20 з 20
Лист № 21 з 21
Лист № 22 з 22
Лист № 23 з 23
Лист № 24 з 24
Лист № 25 з 25
Лист № 26 з 26
Лист № 27 з 27
Лист № 28 з 28
Лист № 29 з 29
Лист № 30 з 30
Лист № 31 з 31
Лист № 32 з 32
Лист № 33 з 33
Лист № 34 з 34
Лист № 35 з 35
Лист № 36 з 36
Лист № 37 з 37
Лист № 38 з 38
Лист № 39 з 39
Лист № 40 з 40
Лист № 41 з 41
Лист № 42 з 42
Лист № 43 з 43
Лист № 44 з 44
Лист № 45 з 45
Лист № 46 з 46
Лист № 47 з 47
Лист № 48 з 48
Лист № 49 з 49
Лист № 50 з 50
Лист № 51 з 51
Лист № 52 з 52
Лист № 53 з 53
Лист № 54 з 54
Лист № 55 з 55
Лист № 56 з 56
Лист № 57 з 57
Лист № 58 з 58
Лист № 59 з 59
Лист № 60 з 60
Лист № 61 з 61
Лист № 62 з 62
Лист № 63 з 63
Лист № 64 з 64
Лист № 65 з 65
Лист № 66 з 66
Лист № 67 з 67
Лист № 68 з 68
Лист № 69 з 69
Лист № 70 з 70
Лист № 71 з 71
Лист № 72 з 72
Лист № 73 з 73
Лист № 74 з 74
Лист № 75 з 75
Лист № 76 з 76
Лист № 77 з 77
Лист № 78 з 78
Лист № 79 з 79
Лист № 80 з 80
Лист № 81 з 81
Лист № 82 з 82
Лист № 83 з 83
Лист № 84 з 84
Лист № 85 з 85
Лист № 86 з 86
Лист № 87 з 87
Лист № 88 з 88
Лист № 89 з 89
Лист № 90 з 90
Лист № 91 з 91
Лист № 92 з 92
Лист № 93 з 93
Лист № 94 з 94
Лист № 95 з 95
Лист № 96 з 96
Лист № 97 з 97
Лист № 98 з 98
Лист № 99 з 99
Лист № 100 з 100

СЧ-91 6.15101.22.Е3

Лист	Масса	Масштаб
Лист	Листов	1
Сумма		

Изм. Лист № 1
Разраб. Листов П.В.
Проб. Саколов С.В.
Т.контр.

Исполн. Утв. Лесинский П.В.

Автоматизация процесса выполнения клбу

Схема электрическая принципиальная

Копировать

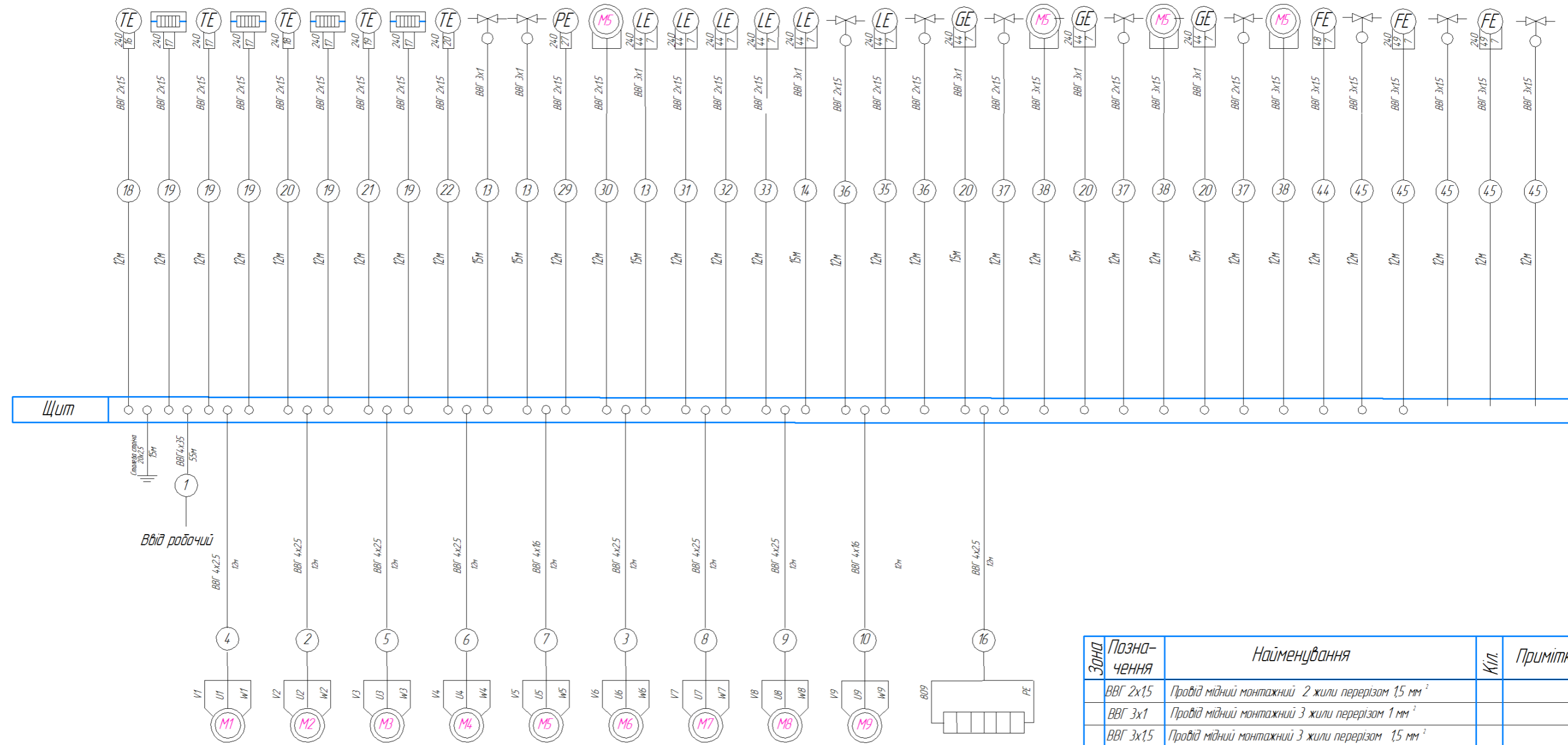
Формат А1

ДОДАТОК В
(обов'язковий)

СУ-91.6.15101.22.Е5 – Схема зовнішніх з'єднань

					СУ-91.6.15101.22.ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Найменування параметра і місце вибору імпульсу	Температура											Тиск	Рівень						Витрати																	
	Розтілюючі шафри	Нагрів розтілюючі шафри	ЛН зона №1	Нагрів зони печі №1	ЛН зона №2	Нагрів зони печі №2	ЛН зона №3	Нагрів зони печі №3	Змишувач води	подача холодної води у змишувач	подача гарячої води в змішувач	Ресивер компресору	Прийом компресора	Силос №1	Силос №1	Силос №1	Бункер	Робочий бункер №1	Подача в робочий бункер №1	Робочий бункер №2	Подача в робочий бункер №2	на виїзд випарівна	Олі	приміжна пасудина	приміжна пасудина	приміжна пасудина	вирібно випускна оточу	Олі	вділювач рідни	вділювач рідни	вирібно випускна оточу	олі КВС	олі КВС			
Позиція	1а	1б	2а	2б	3а	3б	4а	4б	5а	5б	5б	6а	6б	7а	8а	9а	10а	11а	11б	12а	12б	13а	13б	13з	14а	14а	14а	15а	15б	15з	16а	16а	17а	17б	16а	16а



Зона	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
	ВВГ 2х15	Провід мідний монтажний 2 жили перерізом 1,5 мм ²		
	ВВГ 3х1	Провід мідний монтажний 3 жили перерізом 1 мм ²		
	ВВГ 3х15	Провід мідний монтажний 3 жили перерізом 1,5 мм ²		
	ВВГ 4х25	Провід мідний монтажний 4 жили перерізом 2,5 мм ²		
	ВВГ 4х16	Кабель силовий, 4 мідні жили перерізом 16 мм ²		
	ВВГ 4х35	Провід мідний монтажний 4 жили перерізом 35 мм ²		

Позиція	10б	16б	12б	2з	22б	18б	14б	5з	23б	8б
Найменування та місце керуючого впливу	Вентилятор конденсатора	НШ 1	насоси охолодження КВС	Вентилятор охолодження КВС	КВС	НШ 2	насоса охолодження КНС	Вентилятор охолодження КНС	КНС	Випарівна
Електропривод										
Обігрів										

СЧ-916.15101.22.E5			
Ізх. Лист	№ докум.	Підп.	Дата
Разрад.	Гитов П.В.		
Пров.	Соколов С.В.		
Г.контр.			
Н.контр.			
Утв.	Леонтьєв П.В.		
Автоматизація процесу випікання хлібу			Лит. Масса Масштаб
Схема зовнішніх з'єднань			у
СумДу			Лист 1 / Листов 1

Інв. № лад. / Підп. і дата / Взам. інв. № / Інв. № дубл. / Підп. і дата / Справ. № / Перв. примен.