

**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»
Декан факультету
Андрій Форсюк
(ім'я та прізвище)

«05» червня 2023 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
Ярослав Смітюх
(ім'я та прізвище)

«05» червня 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

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

освітньо-професійної програми «Комп'ютерні системи та програмна
інженерія в автоматизації»
на тему: Розробка системи автоматизації процесу випічки хлібу

Виконав: здобувач 4 курсу, групи АК-4-1

Зленко Євген Вячеславович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Міркевич Роман Миколайович
(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 Юлія Куєвда
(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 – 2023 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

Я.В. Смітюх

«03» квітня 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Зленко Євгену Вячеславовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації процесу випічки хлібу

керівник роботи к.т.н. доц. Міркевич Роман Миколайович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «03» квітня 2023 р. № 204-кс

2. Строк подання здобувачем роботи «05» червня 2023 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. Опис об'єкта автоматизації. 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації. 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації. 2. Система автоматизації. 2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО). 2.2. Схема автоматизації. 2.3. Специфікація засобів автоматизації. 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення. 3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК). 3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру. 4. Креслення встановлення технічного засобу.

5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК). 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога. 6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI. 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора. 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання. 7.1. Постановка задачі дослідження. 7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі. 7.3. Моделювання САР. 7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.

5. Перелік графічного матеріалу

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

3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 03 квітня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Видача та затвердження завдання	Перед переддипломною практикою	
2	Розділ 1	Захист переддипломної практики	
3	Розділ 2	1 тиждень	
4	Розділ 3	2 тиждень	
5	Розділ 4 та 5	3 тиждень	
6	Розділ 6 та 7	4 тиждень	
7	Підготовка матеріалів до захисту	5 тиждень	
8	Захист кваліфікаційної роботи	6 тиждень	

Здобувач Зленко Є.В.

_____ (підпис)

Керівник роботи Міркевич Р.М.

_____ (підпис)

Анотація

В кваліфікаційній роботі описано розробку системи автоматизації процесу випічки хлібу.

Для системи автоматизації процесу випічки хлібу задіяно ПЛК Schneider Electric M340.

В роботі наведено схему монтажу датчика вологості KOBOLD AFK-G.

Дисплейна мнемосхема процесу випічки хлібу для АРМ (автоматизованого робочого місця) оператора розроблена за допомогою програмного середовища Vijeo Citect 7.20.

За допомогою комп'ютерного моделювання визначено оптимальні параметри налаштування ПІ-регулятора для регулювання температури випікання в II-й зоні печі методом – процес з мінімальною інтегрально-квадратичною оцінкою.

Ключові слова: хліб, випічка, система, автоматизація, Vijeo Citect 7.20, KOBOLD AFK-G.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						4
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Annotation

The qualification paper describes the development of the system for automating the bread baking process.

Schneider Electric M340 PLC is used for the bread baking process automation system.

In the work shows the installation diagram of the KOBOLD AFK-G humidity sensor.

The display mnemonic diagram of the bread baking process for the operator's automated workstation was developed using the Vijeo Citect 7.20 software environment.

With the help of computer simulation, the optimal settings of the PI controller for regulating the baking temperature in the II zone of the oven were determined by the method – the process with a minimum integral-quadratic evaluation.

Keywords: bread, baking, system, automation, Vijeo Citect 7.20, KOBOLD AFK-G.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

Зміст

Вступ	7
Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації	8
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.....	8
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.....	17
Розділ 2. Система автоматизації	18
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО).....	13
2.2. Схема автоматизації.....	40
2.3. Специфікація засобів автоматизації.....	41
Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення	43
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК).....	43
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	45
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру.....	46
Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів	49
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)	52
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога	58
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	58
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	60
Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання	61
7.1. Постановка задачі дослідження.....	61
7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі.....	62
7.3. Моделювання САР.....	63
7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.....	66
Висновки	67
Список використаної літератури	68

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						6
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Вступ

Від правильності проходження процесу випічки хлібу залежить якість кінцевого продукту – хлібу.

А дотримання якості випеченого хлібу, зменшення витрат енергоресурсів, за рахунок використання сучасних засобів автоматизації, дозволяє збільшити прибутковість виробництва.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка системи автоматизації процесу випічки хлібу.

Планується розробити систему автоматизації процесу випічки хлібу з використанням сучасного ПЛК, датчиків та виконавчих механізмів, щоб проводити оптимальне управління технологічним процесом випічки хлібу для зменшення витрат енергоресурсів та збільшення прибутковості виробництва.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації.

1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.

На хлібозаводах найбільшого поширення набули конвеєрні печі тупикового типу. Вони дозволяють виробляти практично всі види продукції.

Піч ФТЛ-2 відноситься до групи тупикових печей середньої продуктивності з ланцюговим люльковим подом та каналним обігрівом та призначена для вироблення хлібних виробів широкого асортименту.

Піч (рис. 1.1 а) складається з топки 1, пекарної камери 2, ланцюгового конвеєра 3 з люльками 4 та приводного механізму. Топка печі пристосована для спалювання дров, вугілля, мазуту та газу.

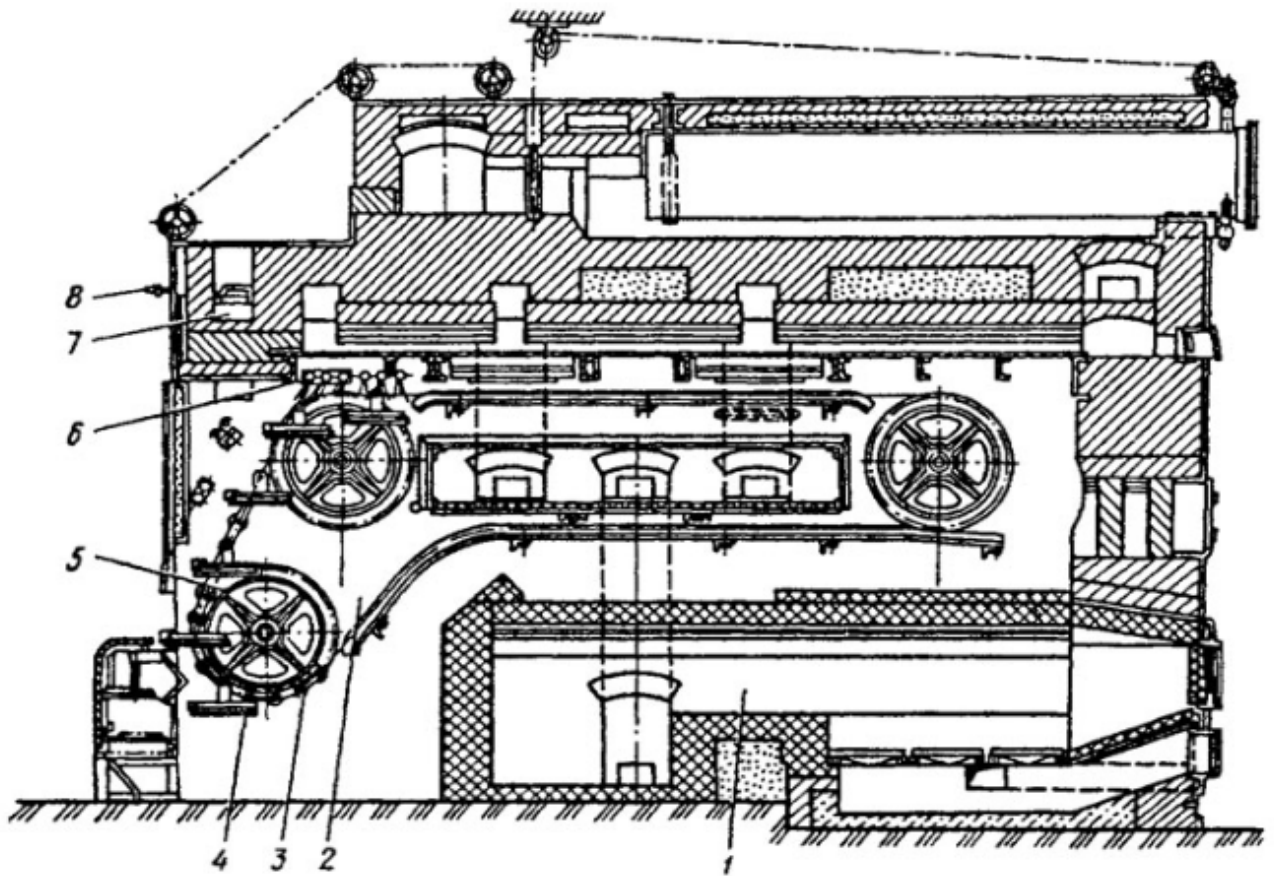
При випіканні житнього хліба, коли необхідно створити високу температуру в першій зоні пекарної камери, перекриваються шибери 8 і всі гази направляються у канали верхнього газоходу 7.

При випіканні пшеничного хліба, що не потребує високої температури в першій зоні шибери 8 повинні бути закриті, а шибери 9 відкриті. При цьому гази з радіатора надходять у середню частину каналів верхнього газоходу. Після верхнього газоходу гази омивають три водогрійні казанки 12 і прямують до борів 10.

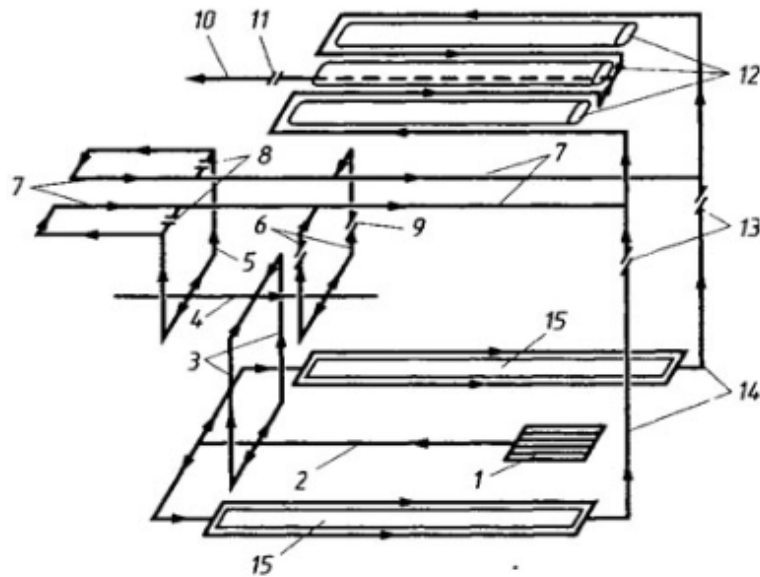
При відкритті шиберів 13 водогрійні казанки можуть обігріватися активними газами, що надходять з топки вертикальними каналами 14.

Розрідження в топці печі регулюють за допомогою шибера 11 розташованого перед килимком печі.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Зленко Є.В.</i>			<i>Розробка системи автоматизації процесу випічки хлібу</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Міркевич Р.М.</i>					8	10
<i>Зав. каф.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>				<i>НУХТ АК-4-1</i>		
<i>Секр. ЕК</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>						



а



б

а – поздовжній розріз; б – схема руху газів.

Рис. 1.1. Піч ФТЛ-2.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

9

Ланцюговий конвеєр (рис. 1.1 а) являє собою дві пластинчасті шарнірні ланцюги з кроком 140 мм, перекинуті через три пари чавунних ланцюгових блоків 5, укріплених на сталевих валах.

Між ланцюгами підвішені люльки 4. Для випікання формового хліба люльки роблять із кутової сталі у вигляді рамок, в які вставляють секції з форм, а для подових виробів використовують люльки з подиками з листової сталі з бортами із трьох сторін. При випіканні подових виробів у печі розміщуються 24 люльки.

Для випікання формових виробів на конвеєрі розміщується 36 люльки з кроком. На такій люльці встановлюються 16 форм.

Привідна станція конвеєра печі складається з електродвигуна та редуктора, з'єданого з двигуном ремінною передачею. Від редуктора за допомогою ланцюгової передачі рух передається приводного валу конвеєра. Піч має також ручний привод.

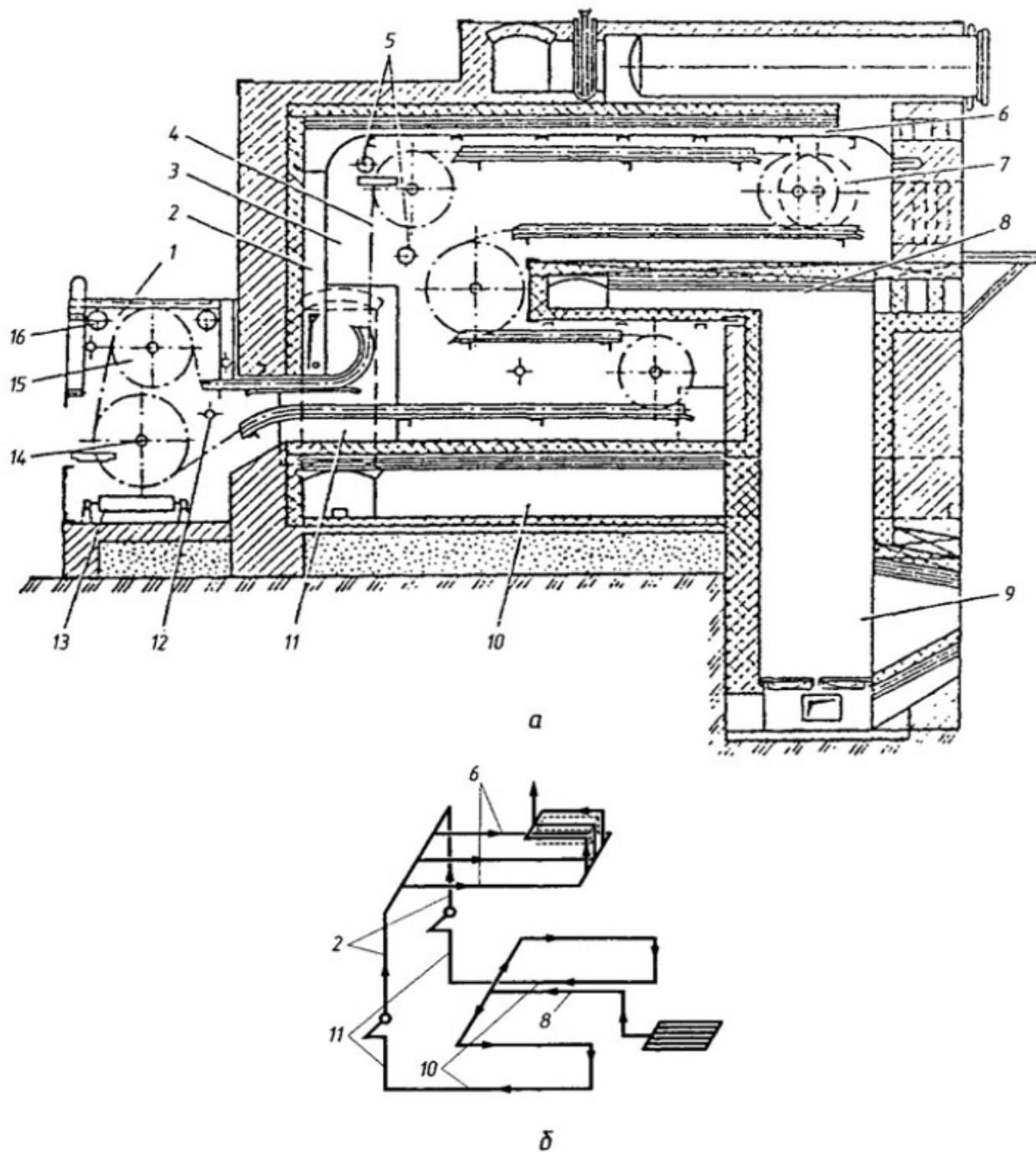
Під час завантаження печі тістовими заготовками та вивантаження виробів конвеєр стоїть, потім починає рухатися з постійною швидкістю, потім знову зупиняється для чергового завантаження та розвантаження.

Тривалість випічки регулюється за допомогою реле часу в межах 10-100 хвилин. Конвеєр зупиняється автоматично за допомогою кінцевого вимикача в той момент, коли чергова коліска підходить до посадкового отвору печі.

Пар, необхідний для зволоження тістових заготовок, що підводиться в першу зону пекарної камери по трубах 6 від парогенераторів 15 (рис. 1.1 б). Надлишок пари з пекарної камери видаляється через канал 7, що перекривається шибером, ручка 8 якого виходить до місця посадки.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Піч ХПП-25 являє собою реконструйований варіант печі ФТЛ-2 і призначена в основному для вироблення формового хліба.



а – поздовжній розріз; б – схема руху газів.

Рис. 1.2. Піч ХПП-25.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Піч (рис. 1.2 а) складається з камери зволоження 7, пекарної камери 3 і топки 9. У пекарній камері розташовані чотириярусний люлечно-подіковий конвеєр 4 з 65 люльками або 43 і шість пар блоків, з яких крайній праворуч 7 верхньому ряду є натяжним.

У камері зволоження розташовані приводний 14 і направляючий 7 і 5 вали із зірочками. Конвеєр приводиться в безперервний рух від електродвигуна через черв'ячний та циліндричний редуктори, клинопасову, плоскочасну та ланцюгову передачі до приводного валу.

Тривалість випікання регулюється варіатором швидкості. З топки печі (рис. 1.2 б) газу надходять у центральний газохід підвісного каналу 8. Наприкінці каналу газу поділяються на два паралельні потоки, які по двох бокових каналах опускаються в два нижні канали 10, звідки по двох стояках 11 вони направляються в передні вертикальні газоходи 2, а потім по верхніх каналах 6 під водогрійні казанки.

Вертикальний газохід 2, відокремлений від пекарної камери металеву стінкою з малим термічним опором, що створює в посадковій частині пекарної камери високої температури, тобто. зону обсмажування, необхідну при виробленні житніх виробів.

Однак при виробленні виробів з пшеничного борошна необхідно в цій зоні знизити температуру та підвищити вологість. Для цього у вертикальних стояках бічних стін печі розміщуються два парогенератори, за допомогою яких знижують температуру газів, що надходять у канал 2, та зменшують подачу теплоти в пекарну камеру. Підвищення вологості в цій зоні досягається подачею пари трубами 5 (рис. 2а).

Пара в камеру зволоження подається по двох труб 16, а для обприскування водою готових виробів передбачена труба 12 з форсунками, спрямованими вниз, у бік люлек, що проходять під ними.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вивантаження готових виробів на стрічковий транспортер 13 здійснюється автоматично за допомогою упору, що нахиляє люльки на 30-45°.

Піч РЗ-ХПА (рис. 1.3) забезпечена каналним обігрівом з рециркуляції продуктів згоряння. Піч складається з тупикової пекарної камери 5, топкового пристрою 9, трубчастих обігрівальних каналів 6 верхньої гілки конвеєра та двох каналів на нижній гілці конвеєра, а також натяжного барабана 7.

Усередині пекарної камери розміщено паровий зволожувальний пристрій 3 і люлечно-подіковий конвеєр 4, на якому на шарнірах підвішені 36 люльок.

Завантаження печі відбувається через посадкове гирло 2 випечені вироби скидаються на транспортер 1.

Управління тривалістю випічки здійснюється за допомога реле часу. Обігрів печі каркасно-блокового виконання виробляється в результаті спалювання газоподібного або рідкого палива в пальниковому пристрої 8. Продукти згоряння з топкового пристрою 9 направляються в камеру змішування 10, куди надходить потік рециркуляційних газів.

Піч обладнана системами автоматичного регулювання температурного режиму та безпеки спалювання палива.

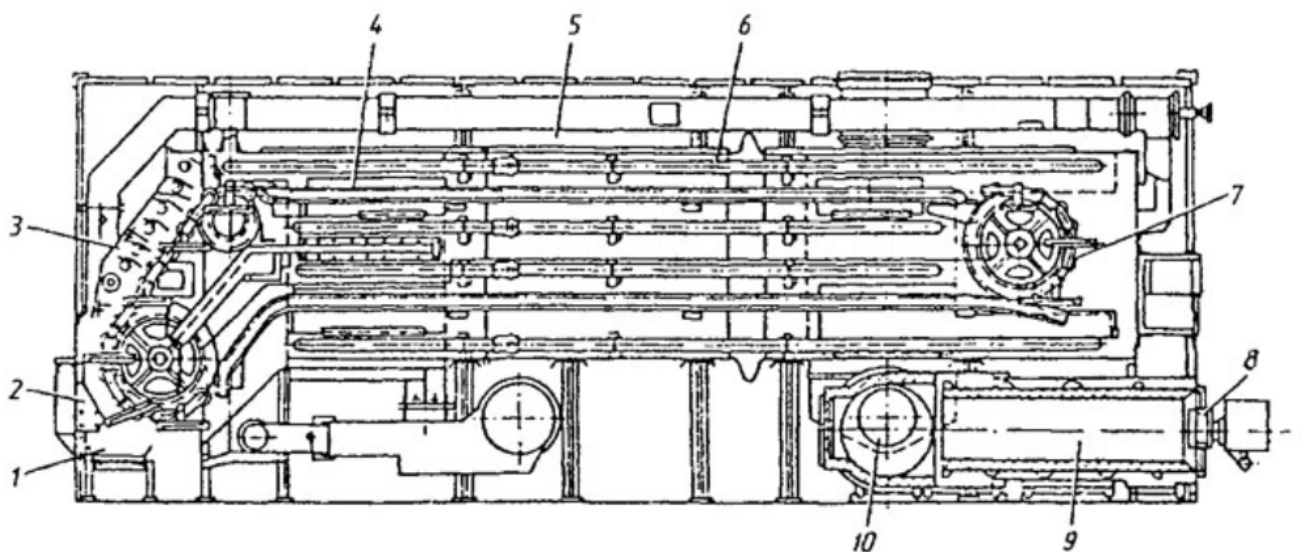


Рис. 1.3. Піч РЗ-ХПА.

Піч ХПА-40 (рис. 1.4) має комбіновану систему обігріву, що складається з пароводяних трубок та каналів.

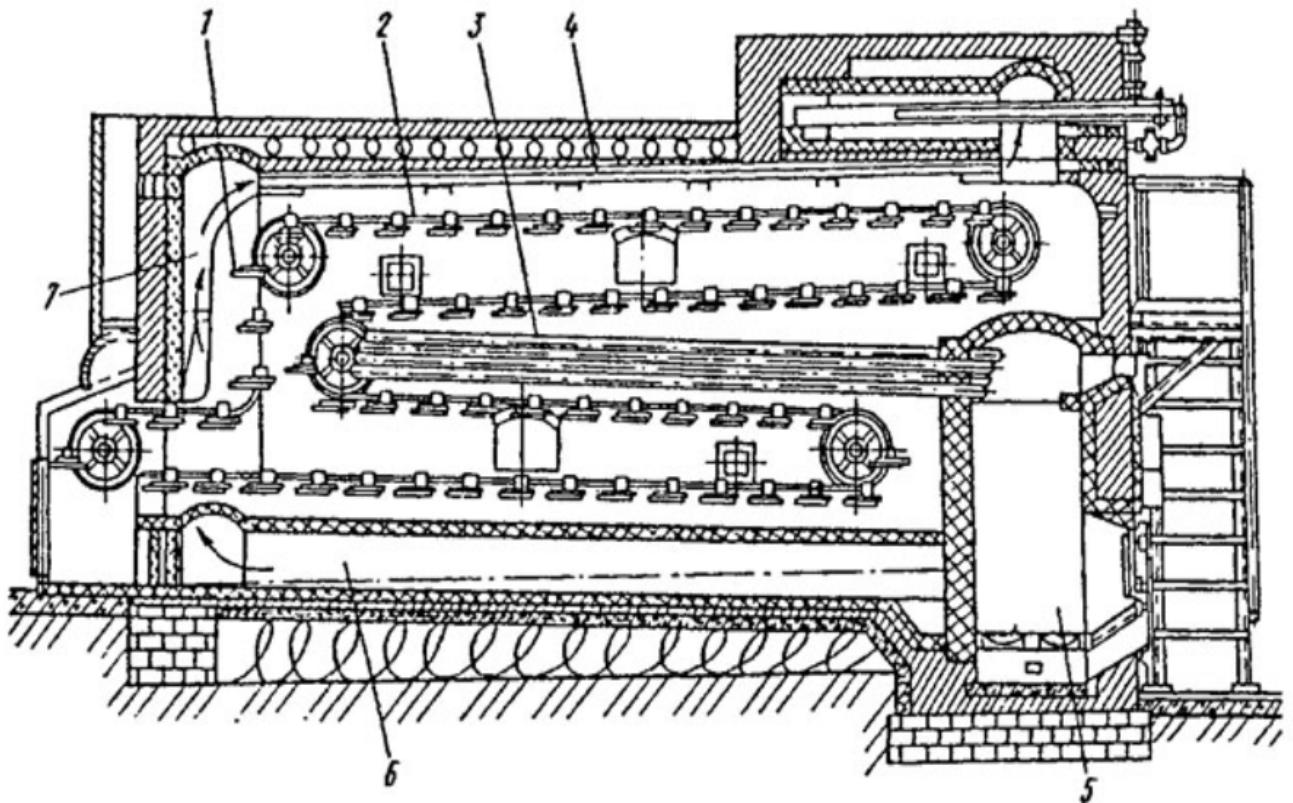


Рис. 1.4. Піч ХПА-40.

Піч обладнана чотиринитковим ланцюговим люльковим конвеєром 2, до якого підвішені 100 колісок 1. Пічний конвеєр наводиться в рух через варіатор швидкості, за допомогою якого тривалість випічки можна регулювати від 40 до 65 хвилин. Вантажна натяжна станція забезпечує постійний натяг ланцюгів.

Два цегляні канали 6 розташовані внизу камери, а 9 димогарних труб 4 - під її верхнім перекриттям. У середній частині камери встановлено 110 нагрівальних трубок 3 у вигляді чотирирядного нагрівального пучка.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Димові гази, віддавши частину теплоти нагрівальним трубкам, з топки 5 надходять у канали 6, потім гази піднімаються по вертикальним каналам 7 у димарні труби і, віддавши частину теплоти водогрійним казанкам, прямують у димову трубу. Пучок пароводяних трубок компактний і має більш просту конструкцію порівняно з каналами.

Перевагою печі ХПА-40 є наявність зони обсмажування на початковій стадії випічки, що особливо важливо при виробленні хліба з житнього або житньо-пшеничного борошна. Передача теплоти у цій зоні відбувається через металеву стінку, що відокремлює збірну камеру 4 від пекарної камери печі. У пекарній камері над нижньою гілкою конвеєра встановлений механізм, який обприскує водою чотири люльки із хлібом.

Піч П-104 відноситься до групи тупикових конвеєрних люлечно-подікових печей середньої потужності з електрообігрівом. Піч призначена для випікання широкого асортименту хлібобулочних, баранкових та борошняних кондитерських виробів.

Піч (рис. 1.5) складається з блочно-каркасного огороження 1 і пекарної камери 3, в якій розміщений двонитковий конвеєр 4 з втулочно-роликівими ланцюгами. На конвеєрі через кожні три ланки підвішені 34 люльки 5 зі знімними подіками. Передній вал 11 конвеєра приводний, а задній 8 натяжний.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

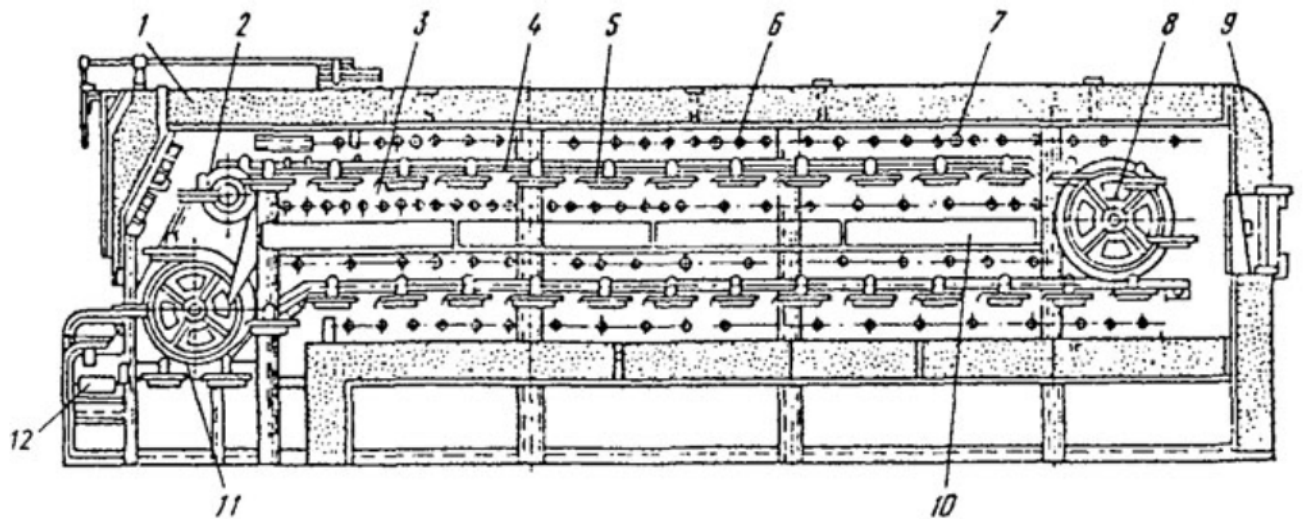


Рис. 1.5. Піч П-104.

Напрямні зірочки 2 кріпляться на осях. Рух конвеєра печі здійснюється за допомогою реле часу та вимикача, встановленого у приводній зірочки. Привід печі складається з електродвигуна, клинопасової та ланцюгової передачі та черв'ячного редуктора. Температура в пекарній камері печі П-104 регулюється автоматично.

Бічні стінки печі та верхнє перекриття є пустотілими металевими панелями, що заповнені ізоляційним матеріалом – мінеральною ватою. Між гілками конвеєра розміщені заповнені теплоізоляцією короба 10, які дозволяють створювати гнучкіше регулювання температури у всіх зонах випічки.

Тепловий режим випічки контролюють чотири термопарами 6 та 7. Зволоження середовища пекарної камери здійснюється паром, яка подається трьома паровими колекторами (гребінками), розміщеними по ходу конвеєра (від отвору). Тістові заготовки звожуються на перших чотирьох люльках. В печі також передбачено вузол 12 автоматичного розвантаження готових виробів. [1]

1.2. Розробка завдання на систему автоматизації

Таблиця 1.1. Завдання на розробку системи автоматизації.

Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Припустиме значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії	Додаткові умови
Конвеєри	Двигун М1	60 об/хв	Управління	Стабілізація	Вплив на стан роботи двигуна М1	
	Двигун М3	60 об/хв	Управління	Стабілізація	Вплив на стан роботи двигуна М3	
Піч	Вологість	80 %	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі пари 4б	
	Температура	110 °С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на ТЕН 1в	
	Температура	200 °С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на ТЕН 2в	
	Температура	150 °С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на ТЕН 3в	
	Двигун М2	60 об/хв	Управління	Стабілізація	Вплив на стан роботи двигуна М2	

Розділ 2. Система автоматизації

2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО)

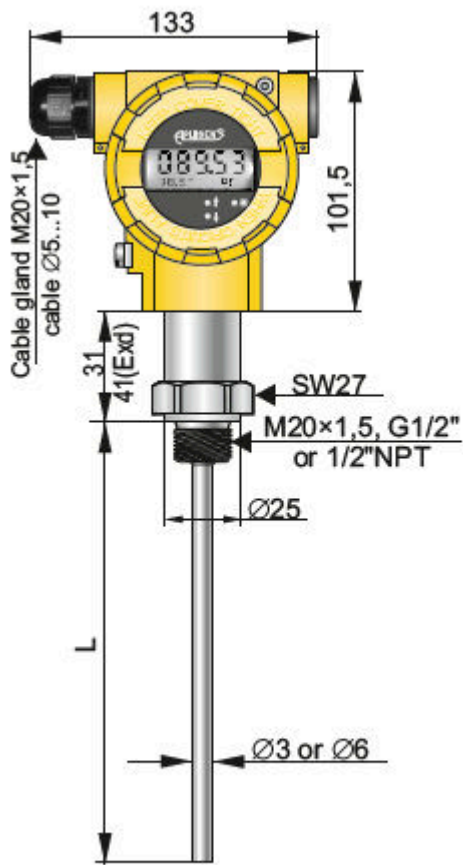
Температура випічки

Значення температури випічки хлібу в 3-х зонах печі отримується датчиком Aplsens APT-2000ALW (рис. 2.1). [2]

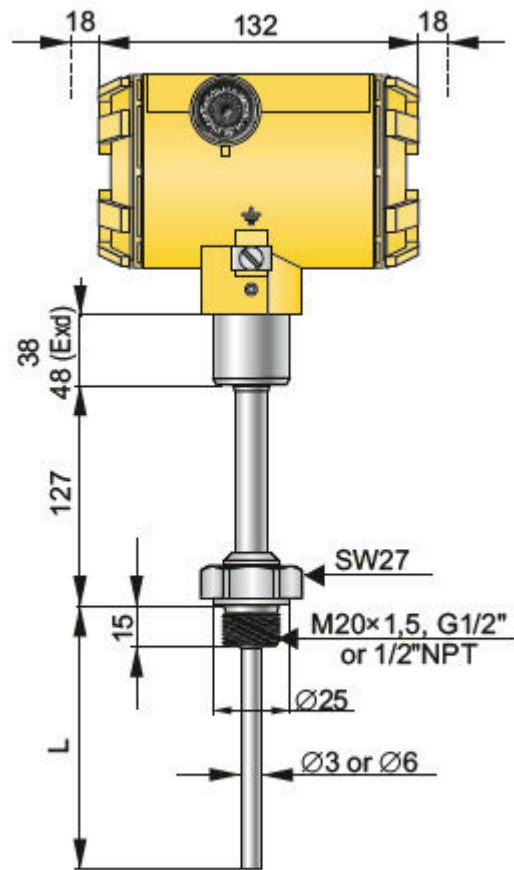


Рис. 2.1. Вигляд Aplsens APT2000-ALW.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Зленко Є.В.</i>			<i>Розробка системи автоматизації процесу випічки хлібу</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Міркевич Р.М.</i>					18	25
<i>Зав. каф.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>				<i>НУХТ АК-4-1</i>		
<i>Секр. ЕК</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>						



APT-2000ALW/GB



APT-2000ALW/GN

Рис. 2.2. Розміри датчика Aplisens APT2000-ALW.

Thermowell

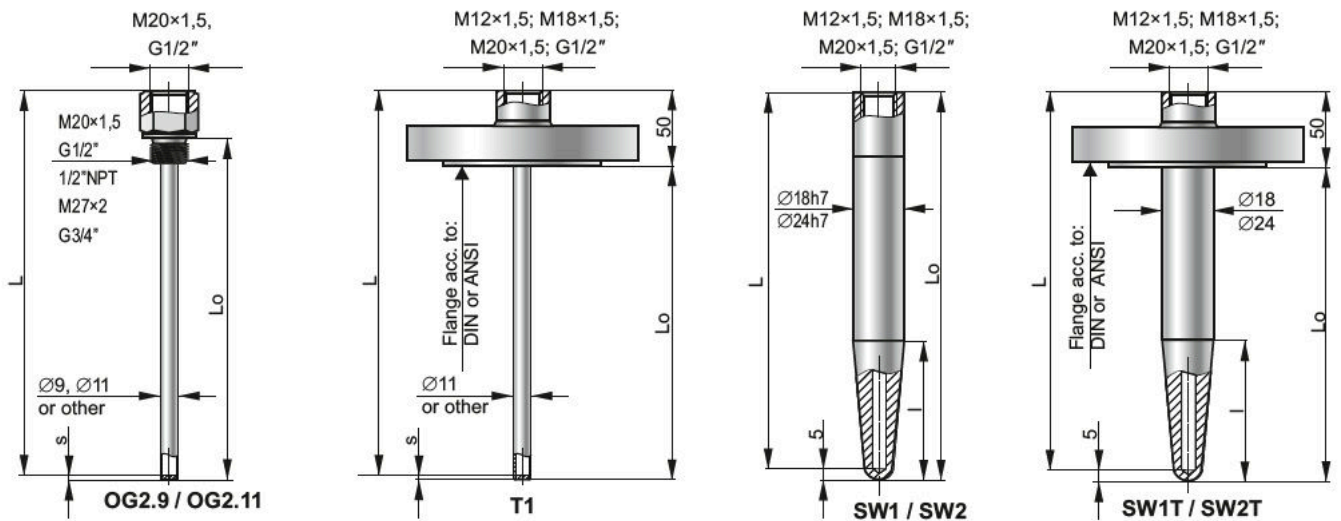


Рис. 2.3. Розміри гільзи Aplisens APT2000-ALW.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Technical data

Metrological parameters

Error (digital value)

Standard version:

$\pm (0,2 + 0,002 \cdot |t|)$ °C for Pt100

$\pm 1,5$ °C for TC K and $t \leq 375$ °C

$\pm (0,004 \cdot t)$ °C for TC K and $t > 375$ °C

Version with better accuracy (version KT):

$\pm (0,05 + 0,05\% \cdot z + 0,001 \cdot |t|)$ °C for Pt100

$\pm (0,5 + 0,05\% \cdot z)$ °C for TC K and $t \leq 375$ °C

$\pm (0,5 + 0,05\% \cdot z + 0,002 \cdot (t-375))$ °C for TC K and $t > 375$ °C

Additional error for analog output $\pm 0,04\% \cdot z$

where:

|t| – absolute value of the measured temperature °C

t - value of the measured temperature °C

z – transmitter setting range °C

Measuring range

Sensor type	Min set range	Nominal range
Pt100	10°C	-200...550°C
K	10°C	-40...550°C

Load resistance

$$R[\Omega] = \frac{U_{ZAS}[V] - 12V^*}{0,0225A}$$

* – 15 V when display illumination switched on

Operating conditions

Ambient temperature

-40...85°C

for version with Ex ia -40...80°C

for version with Ex d -40...75°C

Min. immersion length

L=100mm

Materials

Casing

Aluminum,

316Lss- special version

Sensor material

321ss

Thermowell

according to table page.

Electrical parameters

Power supply 12...55 V DC (Ex 13,5...28 V)

Additional voltage drop

when display illumination switched on 3 V

Output signal 4...20 mA + Hart protocol

Resistance required for

communication (HART)

min. 240Ω

Рис. 2.4. Технічні дані Aplisens APT2000-ALW.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Управління ТЕНми печі

Для управління трубчастими електричними нагрівачами (ТЕНми) печі застосовується твердотіле реле FOTEK SSR (рис. 2.5). [3]

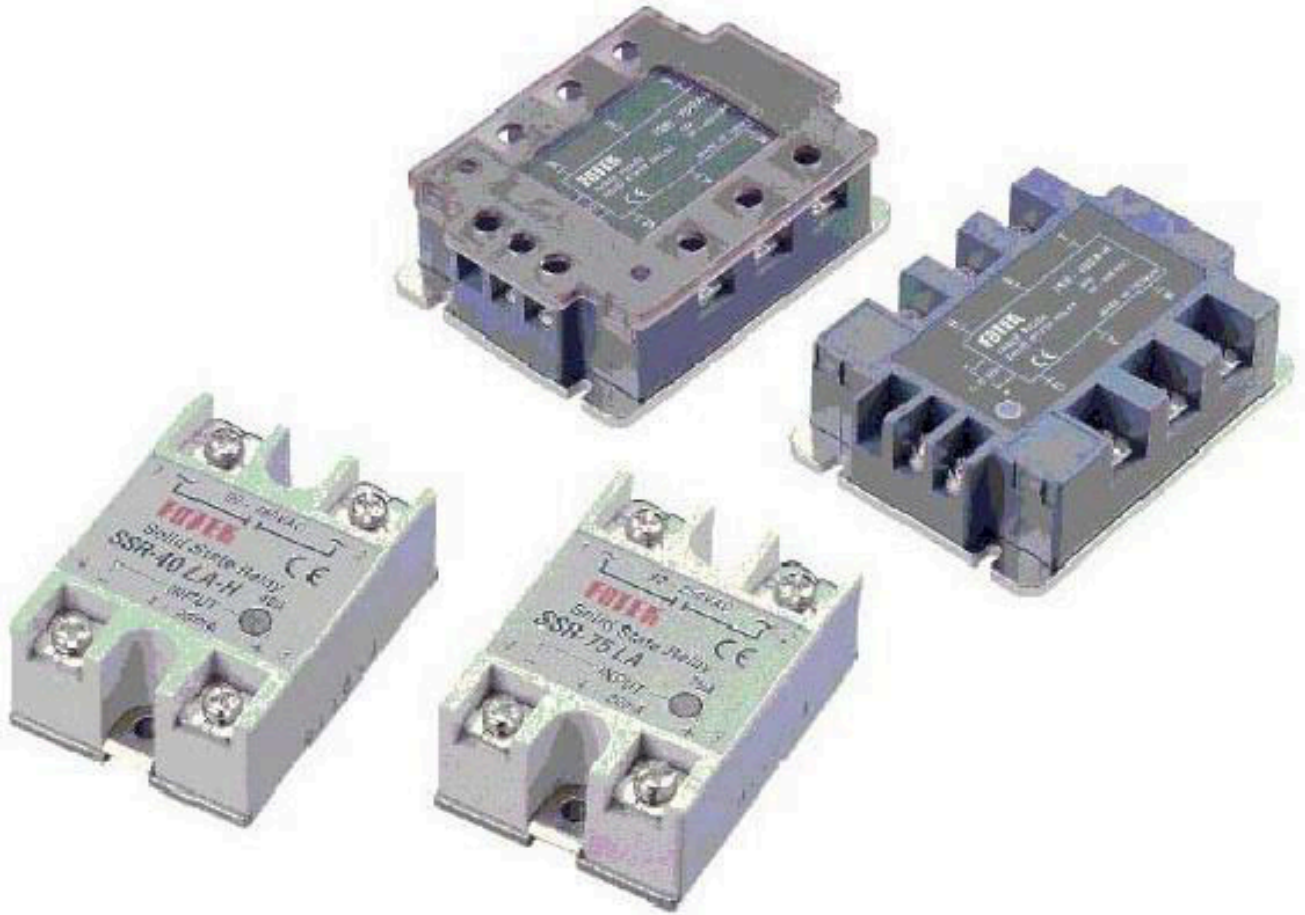


Рис. 2.5. Вигляд FOTEK SSR.

Лінійні однофазні реле з регулюванням вихідної напруги струмом (SSR-LA серія)				
Модель	SSR-25LA	SSR-40LA	SSR-50LA	SSR-75LA
Управляючий сигнал	4 ... 20 мА			
Вхідний опір	1.2 кОм			
Метод управління	Фазове управління			
Номинальна напруга навантаження	90 ... 250 В AC 250 ... 480 В AC ("Н" в позначенні)			
Пікова напруга	більше 1200 В			
Номинальний струм навантаження	25 А	40 А	50 А	75 А
Максимальний короткочасний струм	275 А	410 А	550 А	820 А
Струм виток	< 0.5 % при повному навантаженні			
Діелектрична міцність	більше 2.5 кВ AC / 1 хв.			
Опір ізоляції	більше 50МОм / 500 В DC			
Діапазон робочих температур	-20 °С ... +80 °С			
Вага	105 г		110 г	

Рис. 2.6. Технічні дані FOTEK SSR.

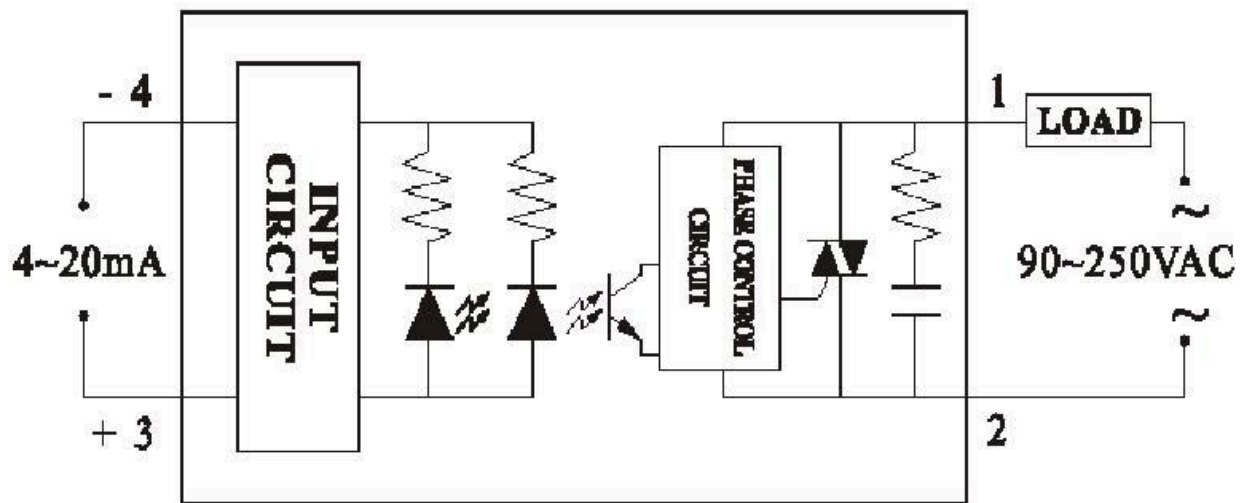


Рис. 2.7. Будова FOTEK SSR.

SSR-40 D A-H

1 2 3 4 5

1 – серія:

SSR: однофазне твердотіле реле;

TSR: трифазне твердотіле реле.

2 – струм навантаження: 10 = 10А; 25 = 25А; 40 = 40А; 50 = 50А; 75 = 75А.

3 – вхідний сигнал:

D: DC 3–32 В (вкл / викл реле);

A: AC 80–250 В (вкл / викл реле);

L: 4–20 мА (лінійне реле);

V: змінний резистор

4 – вихідна напруга:

A: AC (змінна) напруга;

D: DC (постійна) напруга.

5 – діапазон вихідної напруги:

H: 90–480 В (AC);

H_i: 24–380 В (AC).

Рис. 2.8. Замовлення FOTEK SSR.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Швидкість обертів двигуна

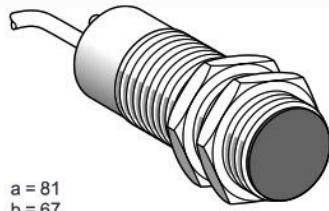
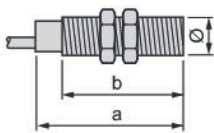
Значення швидкості обертів двигунів конвеєрів отримується індуктивним датчиком швидкості Schneider Electric XSAV11373 (рис. 2.9). [4]



Рис. 2.9. Вигляд Schneider Electric XSAV11373.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Flush mountable in metal



Lengths (mm):
 a = Overall a = 81
 b = Threaded section b = 67
 Ø = M30

	DC	DC	AC/DC	AC/DC
Nominal sensing distance (Sn)	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Adjustable frequency range	6...150 impulses/min	120...3000 impulses/min	6...150 impulses/min	120...3000 impulses/min

References

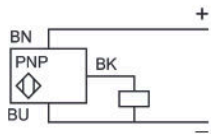
3-wire $\overline{\text{---}}$ PNP / NC	XSAV11373	XSAV12373	–	–
2-wire $\overline{\text{---}}$ or \sim / NC	–	–	XSAV11801	XSAV12801
Weight (kg)	0.300			

Characteristics

Connection	Pre-cabled, 3 x 0.34 mm , length 2 m (1)	Pre-cabled, 2 x 0.34 mm , length 2 m (1)
Degree of protection conforming to IEC 60529	IP 67	
Operating zone	0...8 mm	
Repeat accuracy	3 % of Sr	
Differential travel	3...15 % of Fr	
Operating temperature	-25...+70 °C	
Output state indication	Red LED	
Rated supply voltage	$\overline{\text{---}}$ 12...48 V with protection against reverse polarity	\sim 24...240 V (50/60 Hz) or $\overline{\text{---}}$ 24...210 V
Voltage limits (including ripple)	$\overline{\text{---}}$ 10...58 V	\sim or $\overline{\text{---}}$ 20...264 V
Switching capacity	\leq 200 mA with overload and short-circuit protection	\sim 5...350 mA or $\overline{\text{---}}$ 5...200 mA (2)
Voltage drop, closed state	\leq 1.8 V	\leq 5.7 V
Residual current, open state	–	\leq 1.5 mA
Current consumption, no-load	\leq 15 mA	–
Maximum switching frequency	6000 impulses/min (for XSAV11●●●); 48,000 impulses/min (for XSAV12●●●)	
"Run-up" delay following power-up	9 seconds \pm 20 % + 1/Fr (3)	

Wiring schemes

3-wire $\overline{\text{---}}$
 XSAV1●373



2-wire \sim or $\overline{\text{---}}$
 XSAV1●801

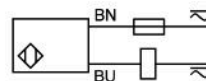


Рис. 2.10. Технічні дані Schneider Electric XSAV11373.

Частотний перетворювач

Для управління конвеєрами застосовується частотний перетворювач Lenze 8200 Vector (рис. 2.11). [5]



Рис. 2.11. Вигляд Lenze 8200 Vector.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Ratings at 400 V mains voltage

Typical motor power	P_r [kW]	0.55	0.75	1.5	2.2						
Three-phase asynchronous motor (4-pole)	P_r [hp]	0.75	1.0	2.0	3.0						
8200 vector - type	EMC filter integrated	E82EV551 K4C0xx	E82EV751 K4C0xx	E82EV152 K4C0xx	E82EV222 K4C0xx						
	without EMC filter	E82EV551 K4C2xx	E82EV751 K4C2xx	E82EV152 K4C2xx	E82EV222 K4C2xx						
Mains voltage	U_{mains} [V]	3/PE 320 V AC - 0%...550 V + 0%; 45 Hz - 0%...65 Hz + 0%									
Alternative DC supply	U_{DC} [V]	450 V DC 0%...775 V + 0%									
Data for operation at 3/PE 400 V AC or 565 V DC											
Rated mains current											
Without mains choke	I_{mains} [A]	2.5	3.3	5.5	7.3						
With mains choke	I_{mains} [A]	2.0	2.3	3.9	5.1						
Output power U, V, W (at 8 kHz)	S_r [kVA]	1.3	1.7	2.7	3.9						
Output power + U_G , - U_G	P_{DC} [kW]	0.3	0.1	1.1	0.4						
Rated output current at a chopper frequency of	2 kHz	I_r [A]	1.8	2.4	4.7	5.6					
	4 kHz										
	8 kHz						I_r [A]	1.8	2.4	3.9	5.6
	16 kHz						I_r [A]	1.2	1.6	2.5	3.6
Max. permissible output current for 60 s at a chopper frequency of of	2 kHz	I_{max} [A]	2.7	3.6	5.9	8.4					
	4 kHz										
	8 kHz						I_{max} [A]	2.7	3.6	5.9	8.4
	16 kHz						I_{max} [A]	1.8	2.4	3.8	5.5
Output voltage											
Without mains choke	U_M [V]	3~ 0... U_{mains} [V] 650 Hz									
With mains choke	U_M [V]	3~ 0...approx. 94% U_{mains} / 0...650 Hz									
Power loss (operation at I_r at 8 kHz)	P_{loss} [W]	50	60	100	130						
Mains choke required	Type	-	-	-	E82ZZL22234B						
Dimensions	HxWxD [mm]	180 x 60 x 140		240 x 60 x 140							
Weight	m [kg]	1.2		1.6							

Рис. 2.12. Технічні дані Lenze 8200 Vector.

Type key

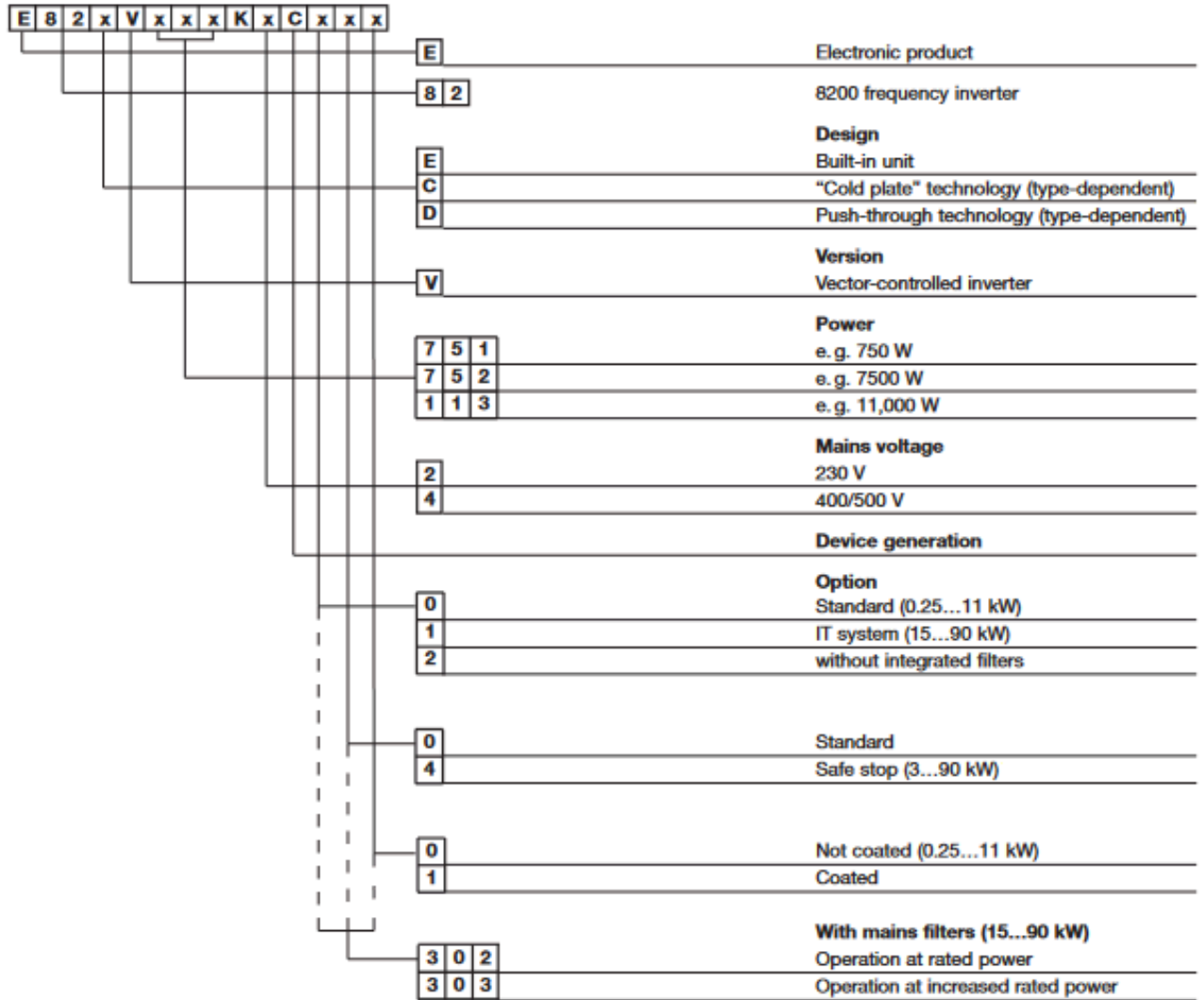
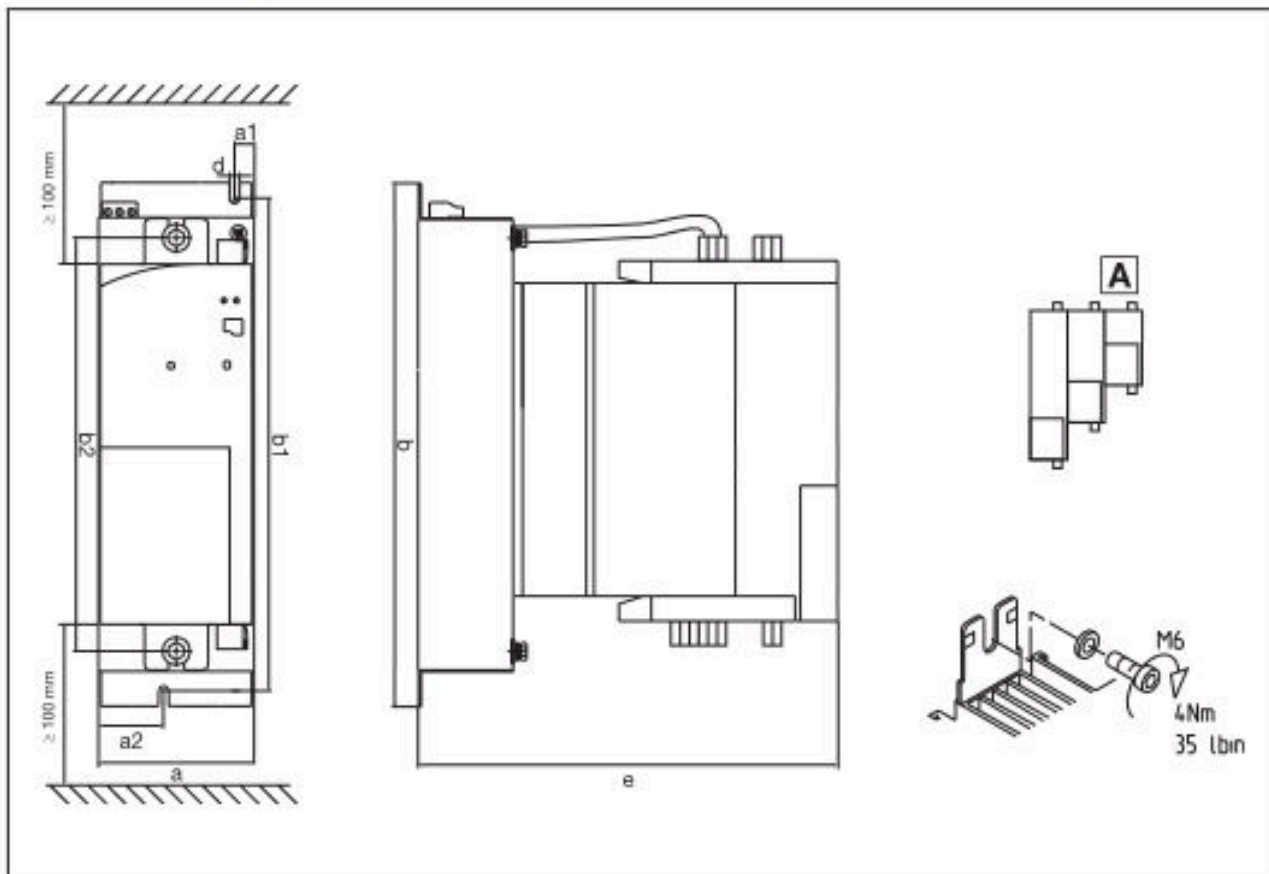


Рис. 2.13. Замовлення Lenze 8200 Vector.

Standard mounting - 8200 vector 0.25 ... 2.2 kW with substructure RFI filters



Schematic sketch: Representation without shield connection of motor and control cable.

8200 vector	Dimensions [mm]							
Type	a	a1	a2	b	b1	b2	d	e
E82EV251K2C200 E82EV371K2C200	60	10	25	217	197	135	6.5	170
E82EV551KxC200 E82EV751KxC200				277	247	195		180
E82EV152KxC200 E82EV222KxC200				337	317	255		180

Рис. 2.14. Монтаж та розміри Lenze 8200 Vector.

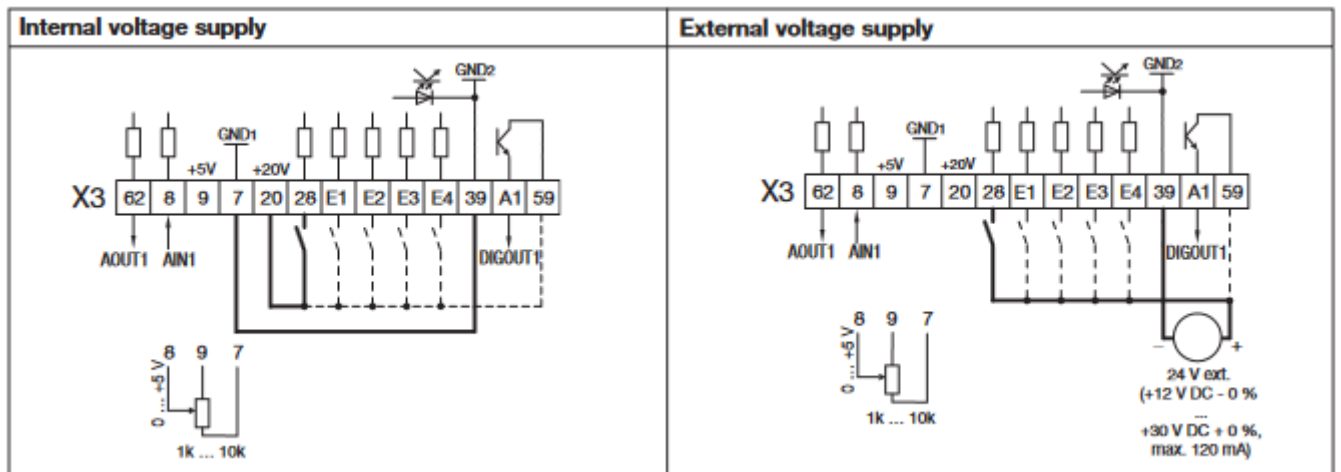


Рис. 2.15. Принцип підключення елементів до Lenze 8200 Vector.

Rotational speed control with a 3-wire sensor.

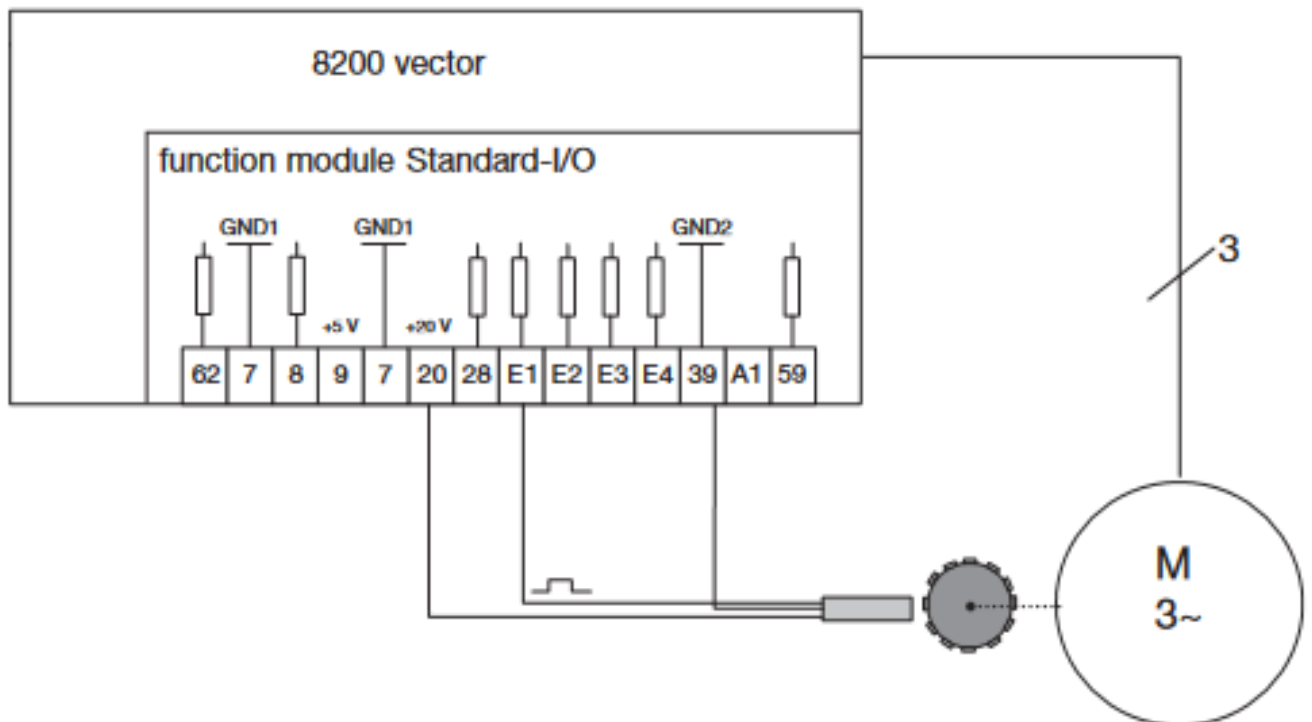


Рис. 2.16. Приклад застосування датчика швидкості разом з Lenze 8200 Vector.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Вологість в печі

Значення вологості в 1-й зоні печі отримується датчиком вологості KOBOLD AFK-G (рис. 2.17). [6]



Рис. 2.17. Вигляд KOBOLD AFK-G.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Technical Details

Humidity

Measuring range: 0 ... 100 % rH
Measuring accuracy: $\pm 2\%$ rH
(for range 5 ... 95 % rH and
10 ... 40 °C)
Additional
measurement error: 0.1 %/ K (at <10 °C, >40 °C)
Response time
(t₉₀ for 1 m/s): 1 min
Analogue output: 4 ... 20 mA
Max load: 1000 Ω

Temperature

Measuring element: Pt 100, class B
(according to DIN IEC 751)
Measuring range: -25 ... +125 °C for AFK-G1
(standard version, duct mounting)
-25 ... +125 °C for AFK-G3
(high pressure version)
0 ... 200 °C for AFK-G2
(high-temperature version)
-20 ... +80 °C (standard version)
Measuring accuracy: ± 0.3 K
Additional error: (<10 °C, >40 °C) $\pm 0.07\%$ / 10 K
Analogue output: 4 ... 20 mA
Max load: 1000 Ω
Response time
(t₉₀ for 1 m/s): 1 min

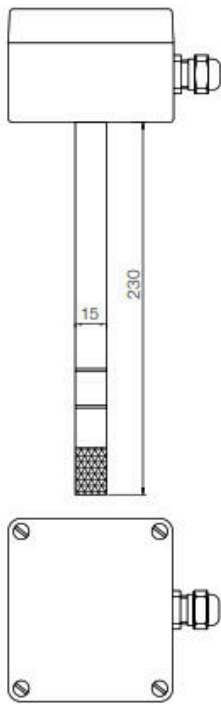
General

Ambient temperature
Transmitter: -40 ... +80 °C
Sensor (standard,
duct mounting): -40 ... +125 °C
Sensor
(high pressure): -40 ... +125 °C
Sensor
(high-temperature): -60 ... +200 °C
Sensor (standard,
wall mounting): -40 ... +80 °C
Ambient pressure: atmospheric
up to 25 bar (high pressure version)
Operating voltage: 12 ... 30 V_{DC}
Power input: 24 mA each measuring channel
Protection
Transmitter: IP54
Sensor: IP40
Material
Transmitter: diecast aluminium
Sensor: stainless steel
Weight: approx. 0.4 - 0.6 kg
(depending on version)

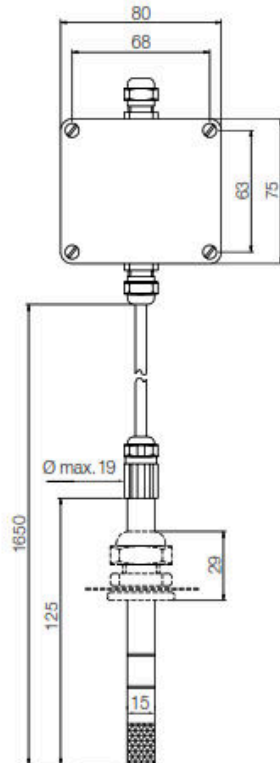
Рис. 2.18. Технічні дані KOBOLD AFK-G.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

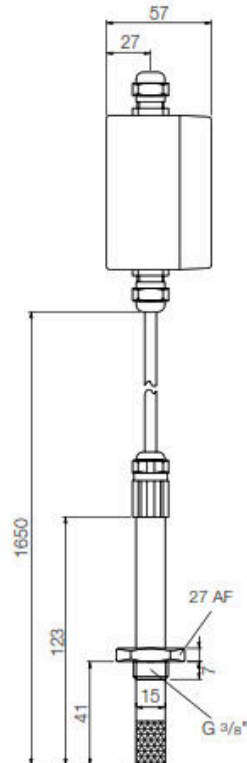
Standard version
(duct mounting)



High temperature
version



High pressure
version



Mounting dimensions

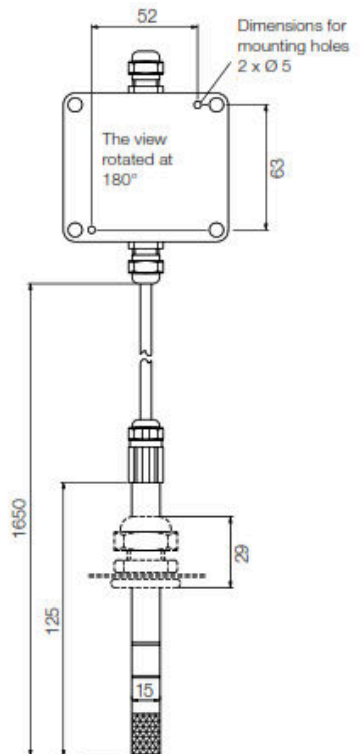


Рис. 2.19. Вигляд та розміри KOBOLD AFK-G.

Order Details (Example: AFK-G 1 F)

Model	Description	Instrument version	Measuring parameter
AFK-G	Humidity measuring instrument	<p>1 = standard version duct mounting, t_{\max}: 125 °C</p> <p>2 = high temperature version t_{\max}: 200 °C</p> <p>3 = high pressure version p_{\max}: 25 bar, t_{\max}: 125 °C</p> <p>4 = standard version wall mounting, t_{\max}: 80 °C</p>	<p>F = humidity</p> <p>T = humidity and temperature</p>

Рис. 2.20. Замовлення KOBOLD AFK-G.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Електричний привод Dwyer EVA3M

Управління подачею пари здійснюється клапаном з електричним приводом Valsteam ADCATrol EV 25G (рис. 2.21). [7]



Рис. 2.21. Вигляд Valsteam ADCATrol EV 25G.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

TECHNICAL DATA						
TYPE	EL12	EL20	EL45	EL45.1	EL45.2	
Positioning force (kN)	1,2	2,0	4,5	4,5	4,5	
Positioning speed ^{a)} (mm/min ; mm/s)	8 ; 0,14	15 ; 0,25	17 ; 0,28	25 ; 0,4	50 ; 0,8	
Power consumption – 230 V (W)	4	6,6	28	28	32	
Nominal current – 230 V (A)	0,017	0,029	0,135	0,135	0,160	
Type of motor ^{c)}	syn	syn	asyn	asyn	asyn	
Motor protection ^{d)}	B					
Max. stroke (mm)	35	75 (standard: 50)				
Supply voltages ^{b)}	24 V / 115 V / 230 V / 400 V 50 / 60 Hz, 24 V DC					
Type of duty acc. to IEC 34-1	S1 – 100%			S4 – 30% c.d.f. 600 c/h		
Cable entry	3 x M16 x 1,5	2 x M16 x 1,5 and 1 dummy plug M16 x 1,5				
Electrical connection	Inside terminal board, terminal configuration according to electric connection wiring diagram					
Switch off in end position	2 load dependent switches, max. 250 V AC, rating for resistive load: max. 5 A, for inductive load: max. 3 A					
Mounting position	As desired, except downward position					
Ambient temperature	- 20 °C to 60 °C					
Lubricant for gearing	Klüber Mickrolube GL 261 grease					
Position indicator	by anti-rotation bar					
Manual adjustment	crank handle	side handwheel				
Enclosure protection acc. to EN 60529	IP43	IP65				
Trapezoidal thread	Tr 8 x 1,5	Tr 14 x 3				
Connection type	EN ISO 5210 F05					
Weight (kg)	2,1	8,0				
TYPE	EL80	EL80.1	EL80.2	EL120	EL120.1	EL120.2
Positioning force (kN)	8,0			12		
Positioning speed ^{a)} (mm/min ; mm/s)	13,5 ; 0,2	25 ; 0,4	50 ; 0,8	13,5 ; 0,2	25 ; 0,4	50 ; 0,8
Power consumption – 230 V (W)	25	34	152	25	34	152
Nominal current – 230 V (A)	0,11	0,15	0,78	0,11	0,15	0,78
Type of motor ^{c)}	syn	syn	asyn	syn	syn	asyn
Motor protection ^{d)}	B	B	T	B	B	T
Max. stroke (mm)	80					
Supply voltages ^{b)}	24 V / 115 V / 230 V / 400 V 50 / 60 Hz, 24 V DC					
Type of duty acc. to IEC 34-1	S4 – 30% c.d.f. 600 c/h					
Cable entry	2 x M16 x 1,5 and 1 dummy plug M16 x 1,5					
Electrical connection	Inside terminal board, terminal configuration according to electric connection wiring diagram					
Switch off in end position	2 load dependent switches, max. 250 V AC, rating for resistive load: max. 5 A, for inductive load: max. 3 A					
Mounting position	As desired, except downward position					
Ambient temperature	- 20 °C to 60 °C					
Lubricant for gearing	Klüber Mickrolube GL 261 grease					
Position indicator	by anti-rotation bar					
Manual adjustment	side handwheel					
Enclosure protection acc. to EN 60529	IP65					
Trapezoidal thread	Tr 20 x 3					
Connection type	DIN 3210 G0					
Weight (kg)	13,0					

Рис. 2.22.1. Технічні дані Valsteam ADCATrol EV 25G.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

TECHNICAL DATA		
TYPE	EL 250.1	EL 250.2
Positioning force (kN)	25	
Positioning speed ^{a)} (mm/min ; mm/s)	25 ; 0,4	50 ; 0,8
Power consumption – 230 V (W)	157	218
Nominal current – 230 V (A)	0,73	1,0
Type of motor ^{c)}	asyn	
Motor protection ^{d)}	T	
Max. stroke (mm)	100	
Supply voltages ^{b)}	24 V / 115 V / 230 V / 400 V 50 / 60 Hz, 24 V DC	
Type of duty acc. to IEC 34-1	S4 – 30% c.d.f. 600 c/h	
Cable entry	2 x M20 x 1,5 and 1 dummy plug M16 x 1,5	
Electrical connection	Inside terminal board, terminal configuration according to electric connection wiring diagram	
Switch off in end position	2 load dependent switches, max. 250 V AC, rating for resistive load: max. 5 A, for inductive load: max. 3 A	
Mounting position	As desired, except downward position	
Ambient temperature	- 20 °C to 60 °C	
Lubricant for gearing	Klüber Mickrolube GL 261 grease	
Position indicator	by anti-rotation bar	
Manual adjustment	side handwheel	
Enclosure protection acc. to EN 60529	IP65	
Trapezoidal thread	Tr 26 x 5	
Connection type	DIN 3210 G0	
Weight (kg)	19,0	

a) At 60 Hz, the positioning speed and input power increase by 20%.

b) Other supply voltages on request.

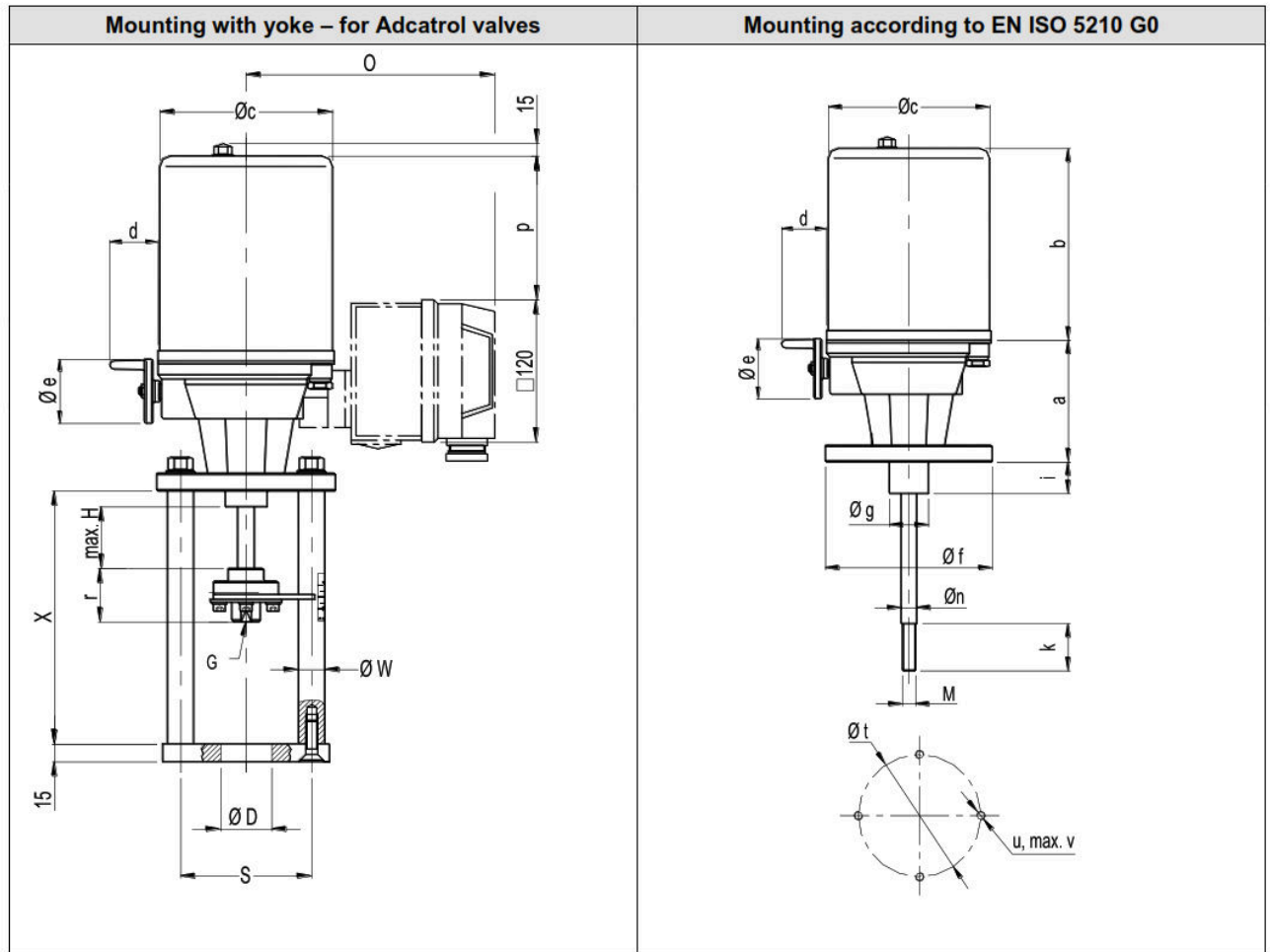
c) Syn – synchronous motor;
Asyn – asynchronous motor.

d) B – stallproof motor;
T – thermoswitch for temperature monitoring.

Рис. 2.22.2. Технічні дані Valsteam ADCATrol EV 25G.

DIMENSIONS

EL20 - EL45- EL80 – EL120



DIMENSIONS (mm)							
TYPE	EL20 – EL45	EL80 – EL20	EL250	TYPE	EL20 – EL45	EL80 – EL20	EL250
a	94,5	130	190	v			
b	173	197	226	H	Actuators stroke (see technical data)		
Ø c	145	188	216	o	210	220	240
d	42	69	70	p	115	179	164
Ø e	54	100	100	r	45	45	51
Ø f	74	130	130	Ø w	22	22	22
Ø g	35f8	60	60	M		M16 x 1,5	M20 x 1,5
i	3	26	3	max. G	M20	M20	M20
k		16	22	Ø D	Ø 40, Ø 45	Ø 40, Ø 45	Ø 45, Ø 65
n	14	20	26	G	M10	M10	M16
Ø t	50	102	102	S	110 (100)	110 (100)	125
u	M6	M10	M10	X	190 - 228		235

Рис. 2.24. Розміри електричного приводу Valsteam ADCATrol EV 25G.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Кваліфікаційна робота

Арк.

38

ACTUATOR SELECTION FOR THREE WAY VALVES TYPES EV253G AND EV403S

ACTUATOR TYPE	DIFFERENTIAL PRESSURES (bar)												
	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50	DN 65	DN 80	DN 100	DN 125	DN 150	DN 200	
EL12	25	22	13,2	7,1	3,8	1,9	-	-	-	-	-	-	
EL20	25	25	25	17,3	10,8	6,6	3,4	2	1,1	-	-	-	
EL45	-	-	-	25	25	19,8	11,6	7,3	3,8	2,4	1,5	-	
EL80	-	-	-	-	25	25	23,1	14,8	8,9	5,5	3,6	-	
EL120	-	-	-	-	25	25	25	23,1	14,5	9,1	6,1	-	
EL250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

ORDERING CODES EL – ELR

ACTUATOR CODES	E.				
Group designation					
EL series electric linear actuator	E.				
Valve model					
V25G, V25S, V25I		25			
V40S, V40I, WV40I		40			
V253G		23			
Valve size (1)					
DN 15 to DN 50			D.		
DN 65 to DN 100			J.		
DN 125 to DN 200			M.		
Actuator type					
EL12				12	
EL20				20	
EL45				40	
EL45.1				41	
EL45.2				42	
EL80				60	
EL80.1				61	
EL80.2				62	
EL120				70	
EL120.1				71	
EL120.2				72	
EL250				80	
EL250.1				81	
EL250.2				82	
ELR2.1				2A	
ELR2.2				2B	
ELR2.3				2C	
Actuator voltage					
230 VAC				1	
115 VAC				2	
24 VAC				3	
24 VDC				4	
400 V3~				5	
Control signal					
Actuator without positioner (standard)					(2)
4 – 20 mA with positioner PEL (not for DC)					3
0 – 10 V with positioner PEL (not for DC)					4
Positioner PEL (DC)					5

→ To be introduced on ".X.", if supplied in combination with the valve.

Example:

V25G valve model, EQP soft plug, PTFE/GR stem sealing, DN 50, complete with 230V electric actuator EL20 with positioner for 4 – 20 mA signal:

Code: EV.25G11L50.2013

REMARKS:

- (1) – Omitted if the valve's size is already indicated in the code (to avoid redundancy).
- (2) – Omitted if the standard valve is selected.

Рис. 2.25. Замоклення Valsteam ADCATrol EV 25G.

2.2. Схема автоматизації

В системі автоматизації процесу випічки хлібу відбувається регулювання температури та вологості та управління двигунами конвеєрів.

Контури регулювання температури в зонах печі

Температура в зонах печі вимірюється термоперетворювача опору Е+Н (поз. 1а-3а) та регулюється нагрівом трубчастих електричних нагрівачів (ТЕН) (поз. 1в-3в). Трубчасті електричні нагрівачі управляються твердотілими реле (поз. 1б-3б).

Контур регулювання вологості в печі

Вологість в печі визначається датчиком вологості (поз. 4а) та регулюється подачею пари електричним клапаном (поз. 4б).

Контури управління двигунами конвеєрів

Управління конвеєрів відбувається через двигуни (поз. М1-М3) при допомозі частотних перетворювачів (поз. 5б-7б), що управляють обертами двигунів в залежності від показів датчиків наближення (поз. 5а-7а), які підключені до частотних перетворювачів.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						40
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2.3. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.1. Специфікація приладів та засобів автоматизації.

№ п/п	№ поз. за схемою	Місце встановлення	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, Марка	К-сть	Виробник
1	2	3	4	5	6	7
1	1а-3а	по місцю	Термометр опору Pt100 з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, напруга живлення 24 В DC, діапазон вимірювань -200...+550 °С	АРТ-2000ALW/S S/GN/OG2.9 /M20x1,5/L = 100 mm/Pt100/-200+550/3,8 mA	3	ООО "Трейд Контрол", м. Харків
2	1б-3б	на щиті	Твердотіле реле з управляючим уніфікованим сигналом постійного струму 4-20 мА для управління напругою 220 В AC трубчастих електричних нагрівачів (ТЕН)	FOTEK SSR-75LA-N	3	ООО "ПРОМ-САТ", м. Київ
3	1в-3в	по місцю	Трубчастий електричний нагрівач (ТЕН) потужність 1 кВт, напруга 220 В AC	GAM Код: 419168	3	Technodelo .com", м. Київ
4	4а	по місцю	Перетворювач відносної вологості повітря цифровий з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, діапазон вимірювань 0–100 %	AFG-K 1 F	1	KOBOLD, Німеччина

Продовження таблиці 2.1.

1	2	3	4	5	6	7
5	4б	по місцю	Електричний клапан з управляючим уніфікованим сигналом постійного струму 4-20 мА, Uжив. ~220 В	ADCATrol EV.25G11 L50.2013	1	Valsteam ADCA, Португалія
6	5а-7а	по місцю	Індуктивний датчик швидкості, напруга живлення 24 DC.	Schneider Electric XSAV11373	3	СВ «Альтера» м. Київ
7	5б-7б	на щиті	Частотний перетворювач потужність 11 кВт, напруга живлення 380В.	E82EV113K 4C200	3	СВ «Альтера» м. Київ
8	М1-М3	по місцю	Трьохфазний асинхронний двигун, потужність 3 кВт, напруга живлення 380 В	АИР90L2	3	ООО "Систе- макс" м. Київ

Розділ 3. Проектування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення

3.1. Проектування промислового логічного контролера (ПЛК)

Для випічки хлібу в системі автоматизації використовується ПЛК Schneider Electric M340.

Компонування модулів входів/виходів для ПЛК Schneider Electric M340 вказані в таблиці 3.1 та на рис. 3.1.

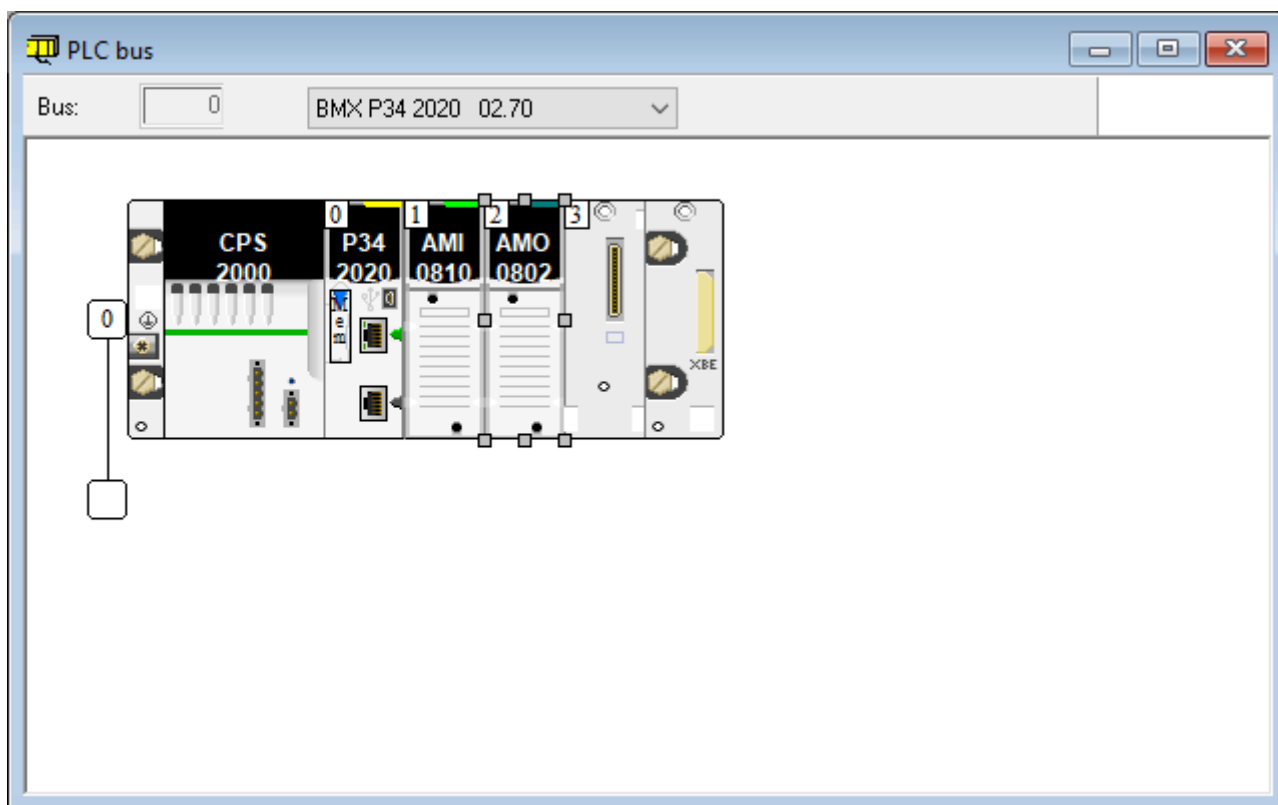


Рис. 3.1. Компонування модулів входів/виходів для ПЛК Schneider Electric M340.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Зленко Є.В.			Розробка системи автоматизації процесу випічки хлібу	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Міркевич Р.М.					43	6
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-1		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Таблиця 3.1. Вибір модулів для ПЛК.

Модулі вводу/виводу		Примітка
Найменування	Кількість	
ВМХ Р34 2020	1	Модуль процесора Schneider Electric Modicon M340.
ВМХ CPS 2000	1	Модуль блоку живлення ПЛК
ВМХ АМІ 0810	1	Модуль на 8 аналогових входів
ВМХ АМО 0802	1	Модуль на 8 аналогових виходів

3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

При розробці принципової електричної схеми автоматичного регулювання для системи автоматизації були використані такі елементи:

- 3 шт. (QF1-QF3) 3-х фазних автоматичних вимикачів з захистом по струму від короткого замикання;
- 6 шт. (QF4-QF9) автоматичних вимикачів з захистом по струму від короткого замикання;
- 1 шт. (БЖ1) блок живлення з постійною напругою 24 В.

При розробці принципової електричної схеми автоматичного регулювання для системи автоматизації використовувалася наступна нумерація провідників:

- проводи зі змінною напругою нумерувалися: 800-836;
- проводи з постійною нумерувалися: 900-907;
- проводи з вимірювальними сигналами нумерувалися: 100-109;
- проводи з сигнали регулювання та управління нумерувалися: 200-213.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру

Контур регулювання вологості в 1-й зоні печі

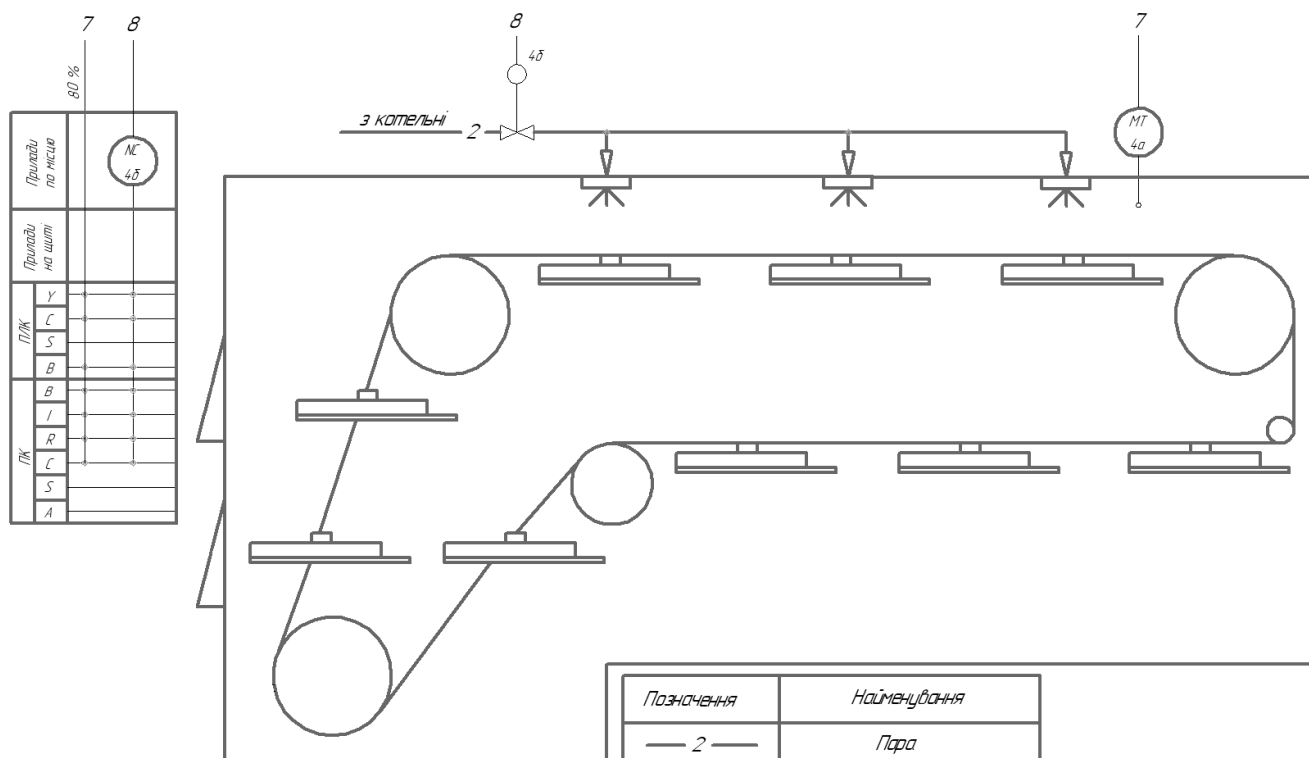


Рис. 3.2. Контур регулювання вологості в 1-й зоні печі.

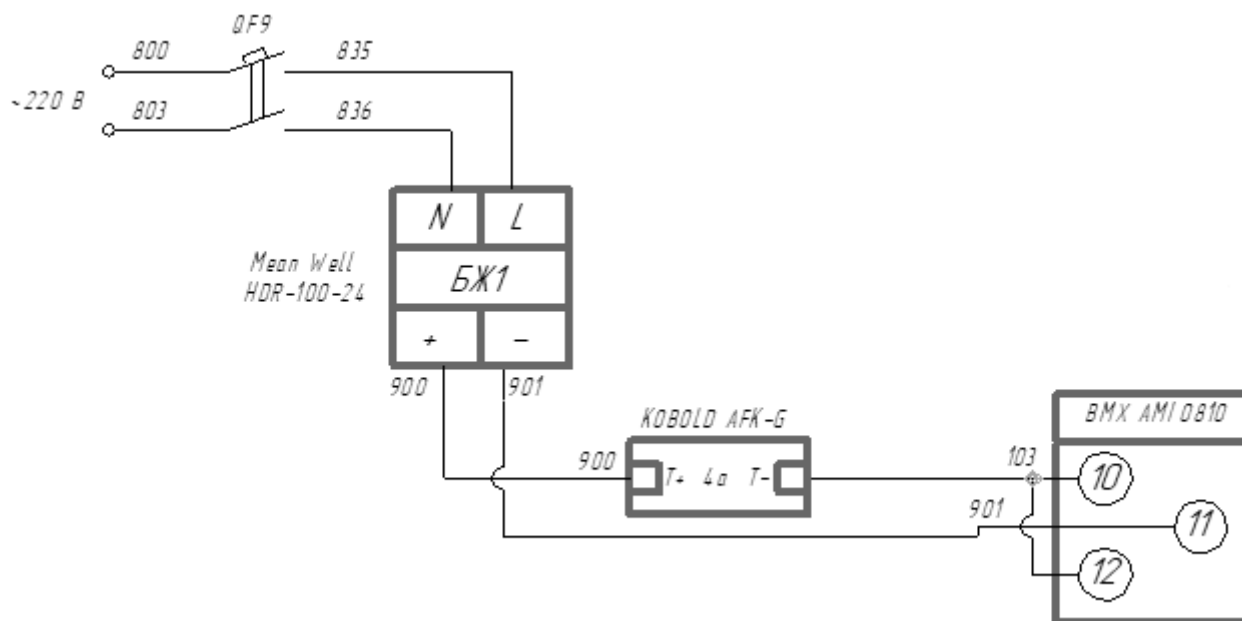


Рис. 3.3. Схема підключення KOBOLD AFK-G до BMX AMI 0810.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

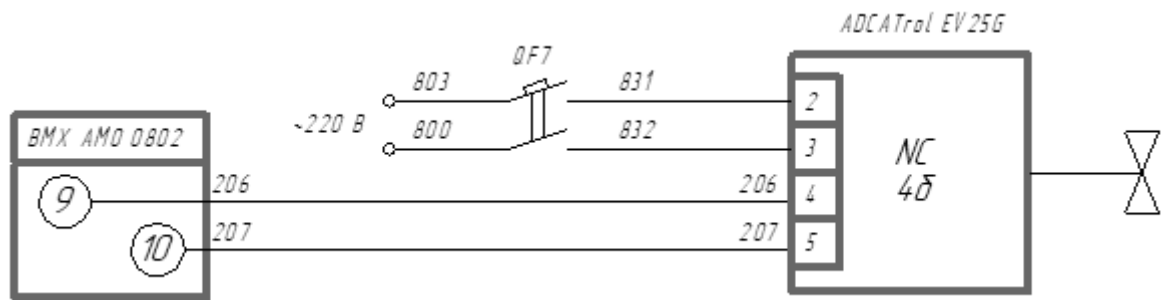


Рис. 3.4. Схема підключення ADCATrol EV 25G до BMX AMO 0802.

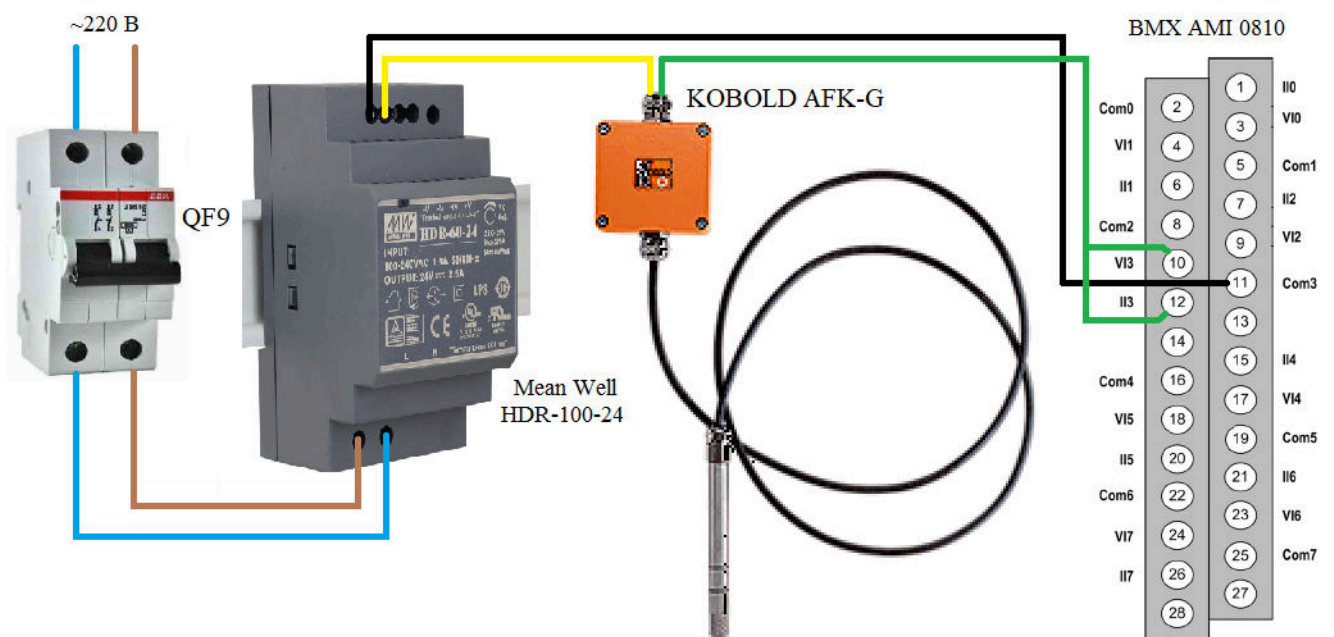
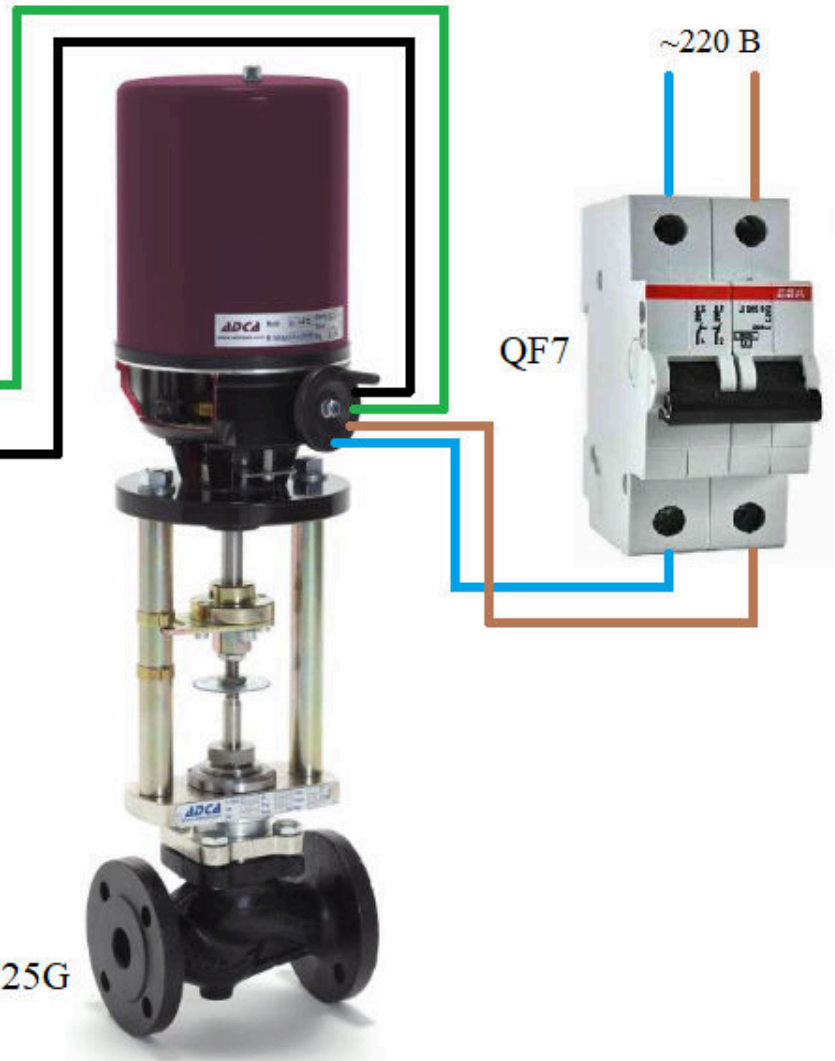
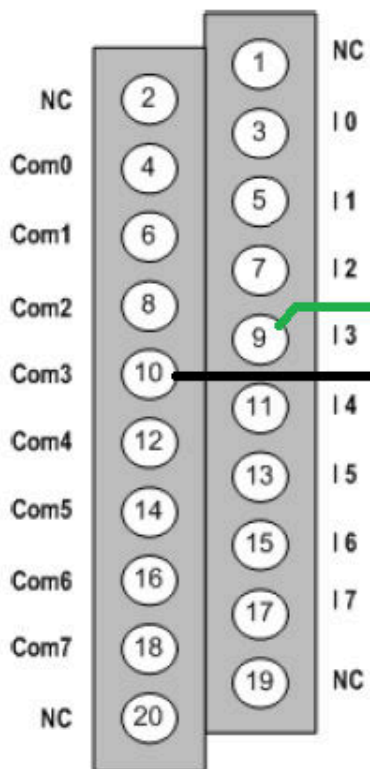


Рис. 3.5. Графічна схема підключення KOBOLD AFK-G до BMX AMI 0810.

BMX AMO 0802



ADCATrol EV 25G

Рис. 3.6. Графічна схема підключення ADCATrol EV 25G до BMX AMO 0802.

Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу

Значення вологості в 1-й зоні печі отримується датчиком вологості KOBOLD AFK-G (рис. 4.1). [6]



Рис. 4.1. Вигляд KOBOLD AFK-G.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Зленко Є.В.</i>			<i>Розробка системи автоматизації процесу випічки хлібу</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Міркевич Р.М.</i>					49	3
<i>Зав. каф.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>			<i>НУХТ АК-4-1</i>			
<i>Секр. ЕК</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>						

Technical Details

Humidity

Measuring range:	0 ... 100 % rH
Measuring accuracy:	± 2 % rH (for range 5 ... 95 % rH and 10 ... 40 °C)
Additional measurement error:	0.1 % / K (at < 10 °C, > 40 °C)
Response time (t ₉₀ for 1 m/s):	1 min
Analogue output:	4 ... 20 mA
Max load:	1000 Ω

Temperature

Measuring element:	Pt 100, class B (according to DIN IEC 751)
Measuring range:	-25 ... +125 °C for AFK-G1 (standard version, duct mounting) -25 ... +125 °C for AFK-G3 (high pressure version) 0 ... 200 °C for AFK-G2 (high-temperature version) -20 ... +80 °C (standard version)
Measuring accuracy:	± 0.3 K
Additional error:	(< 10 °C, > 40 °C) ± 0.07 % / 10 K
Analogue output:	4 ... 20 mA
Max load:	1000 Ω
Response time (t ₉₀ for 1 m/s):	1 min

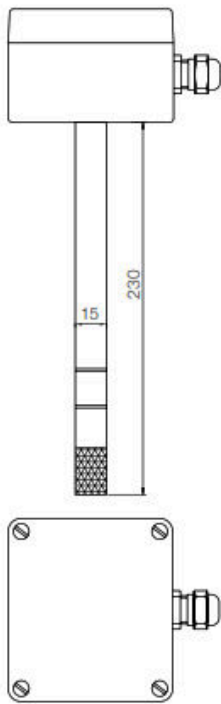
General

Ambient temperature Transmitter:	-40 ... +80 °C
Sensor (standard, duct mounting):	-40 ... +125 °C
Sensor (high pressure):	-40 ... +125 °C
Sensor (high-temperature):	-60 ... +200 °C
Sensor (standard, wall mounting):	-40 ... +80 °C
Ambient pressure:	atmospheric up to 25 bar (high pressure version)
Operating voltage:	12 ... 30 V _{DC}
Power input:	24 mA each measuring channel
Protection Transmitter:	IP 54
Sensor:	IP 40
Material Transmitter:	diecast aluminium
Sensor:	stainless steel
Weight:	approx. 0.4 - 0.6 kg (depending on version)

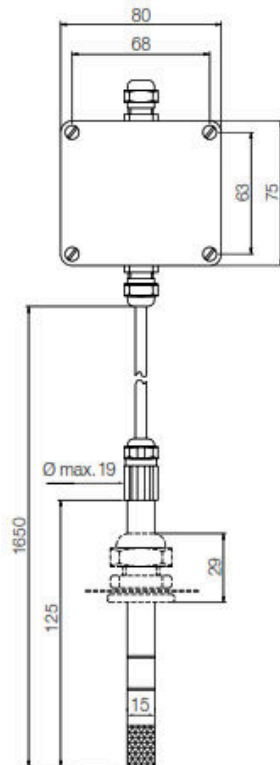
Рис. 4.2. Технічні дані KOBOLD AFK-G.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

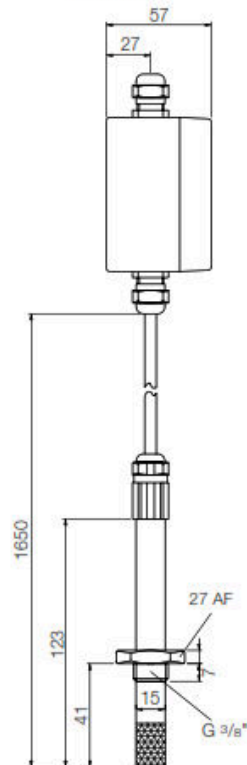
Standard version
(duct mounting)



High temperature
version



High pressure
version



Mounting dimensions

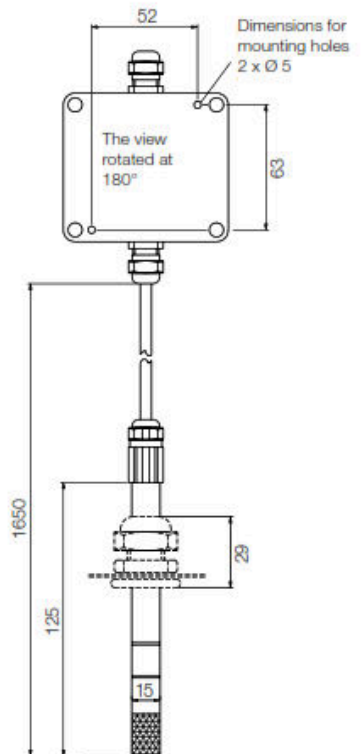


Рис. 4.3. Вигляд та розміри KOBOLD AFK-G.

Order Details (Example: AFK-G 1 F)

Model	Description	Instrument version	Measuring parameter
AFK-G	Humidity measuring instrument	<p>1 = standard version duct mounting, t_{\max}: 125 °C</p> <p>2 = high temperature version t_{\max}: 200 °C</p> <p>3 = high pressure version p_{\max}: 25 bar, t_{\max}: 125 °C</p> <p>4 = standard version wall mounting, t_{\max}: 80 °C</p>	<p>F = humidity</p> <p>T = humidity and temperature</p>

Рис. 4.4. Замовлення KOBOLD AFK-G.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)

Для процесу випічки хлібу розроблений наступний алгоритм:



					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
					<i>Розробка системи автоматизації процесу випічки хлібу</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Зленко Є.В.					52	6
Керівник		Міркевич Р.М.				<i>НУХТ АК-4-1</i>		
Зав. каф.		Смітюх Я.В.						
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

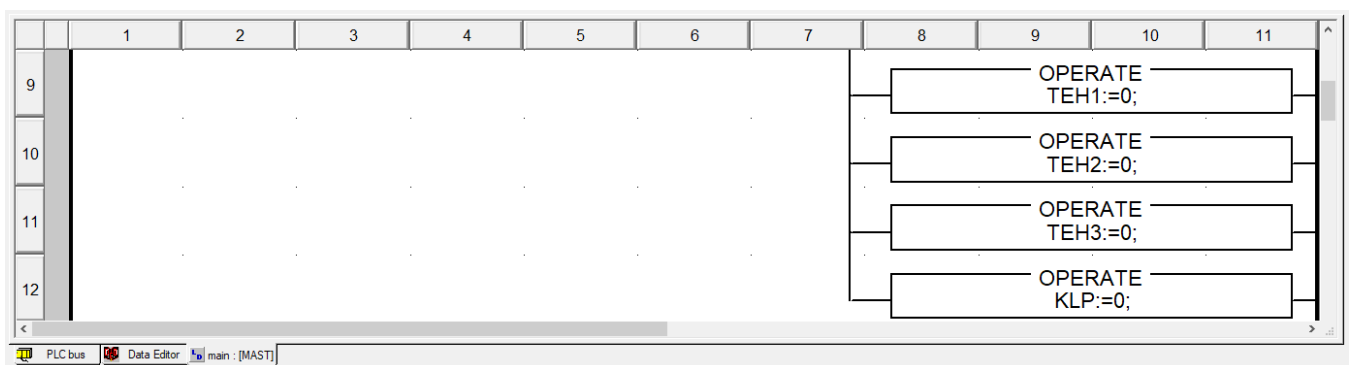
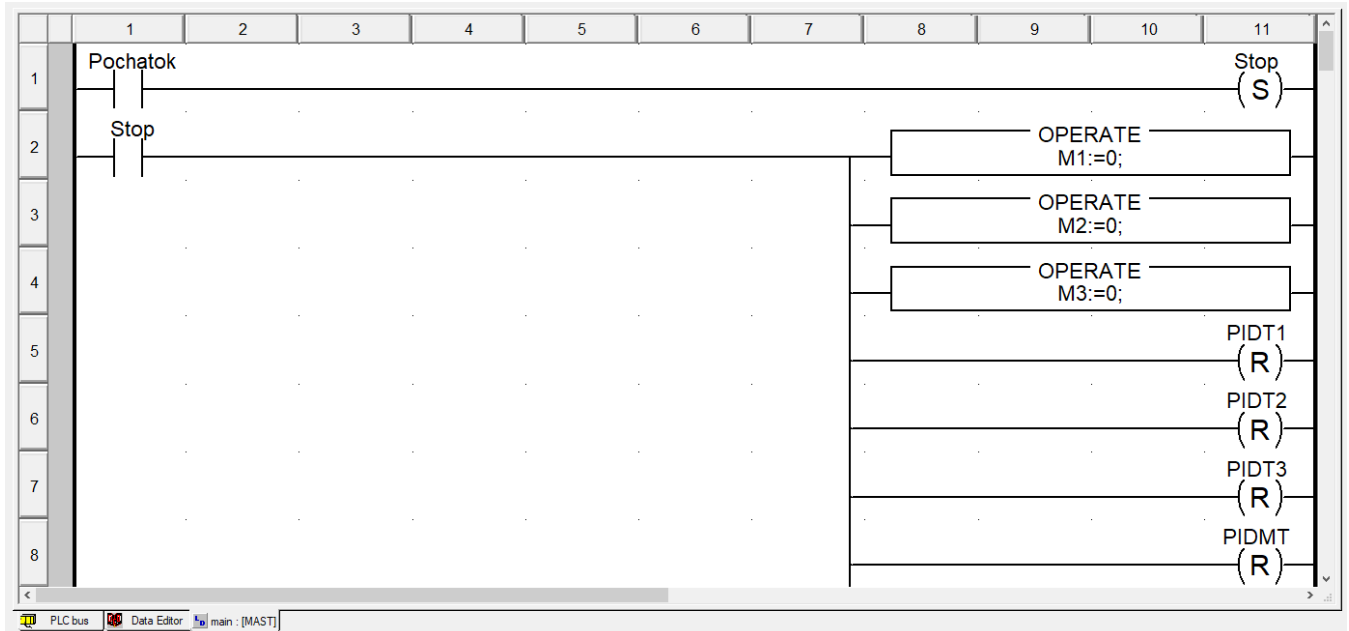
Для розробки програми в ПЛК використовуються наступні основні та допоміжні змінні:

Variables				
DDT Types Function Blocks DFB Types				
Filter				
Name Address Type Value Comment				
KLP	%QW0.2.3	INT		Управління клапаном подачі пари
M1	%QW0.2.4	INT		Управління двигуном M1 конвеєра
M2	%QW0.2.5	INT		Управління двигуном M2 конвеєра
M3	%QW0.2.6	INT		Управління двигуном M3 конвеєра
MT	%IW0.1.3	INT		Вологість в I-й зоні випікання
ParamsMT	%MW150	ARRAY[0..43] OF INT		Параметри регулювання вологості
ParamsT1	%MW0	ARRAY[0..43] OF INT		Параметри регулювання температури I зони
ParamsT2	%MW50	ARRAY[0..43] OF INT		Параметри регулювання температури II зони
ParamsT3	%MW100	ARRAY[0..43] OF INT		Параметри регулювання температури III зони
PIDMT	%M14	EBOOL		Управління регулятором вологості
PIDT1	%M11	EBOOL		Управління регулятором температури I зони
PIDT2	%M12	EBOOL		Управління регулятором температури II зони
PIDT3	%M13	EBOOL		Управління регулятором температури III зони
Pochatok	%M10	EBOOL	1	Початок
Start	%M8	EBOOL		Старт основної програми
StartM1	%M4	EBOOL		Запуск двигуна M1 конвеєра
StartM2	%M5	EBOOL		Запуск двигуна M2 конвеєра
StartM3	%M6	EBOOL		Запуск двигуна M3 конвеєра
Stop	%M7	EBOOL		Стоп основної програми
StopM1	%M1	EBOOL		Зупинка двигуна M1 конвеєра
StopM2	%M2	EBOOL		Зупинка двигуна M2 конвеєра
StopM3	%M3	EBOOL		Зупинка двигуна M3 конвеєра
StopTEH1	%M15	EBOOL		Зупинка ТЕH1
StopTEH2	%M16	EBOOL		Зупинка ТЕH2
StopTEH3	%M17	EBOOL		Зупинка ТЕH3
TEH1	%QW0.2.0	INT		Управління ТЕH1 I зони
TEH2	%QW0.2.1	INT		Управління ТЕH2 II зони
TEH3	%QW0.2.2	INT		Управління ТЕH3 III зони
Temp1	%IW0.1.0	INT		Температура в I-й зоні випікання
Temp2	%IW0.1.1	INT		Температура в II-й зоні випікання
Temp3	%IW0.1.2	INT		Температура в III-й зоні випікання

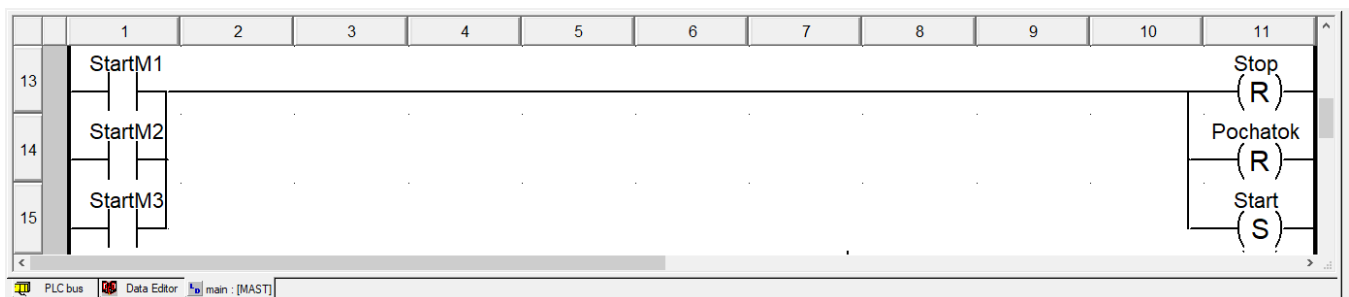
PLC bus Data Editor main : [MAST]

Програма для функціонування процесу випічки хлібу написана на мові програмування LD (Ladder Diagram):

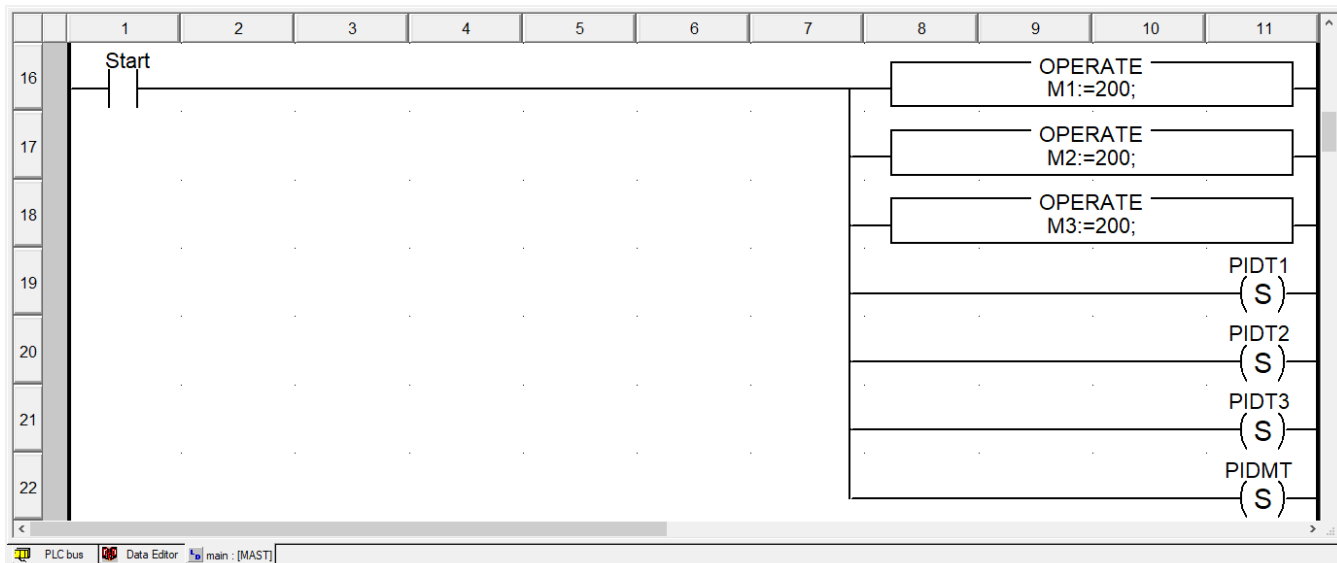
Початок алгоритму – закрити клапан, вимкнути двигуни та ТЕНи, виключити регулювання:



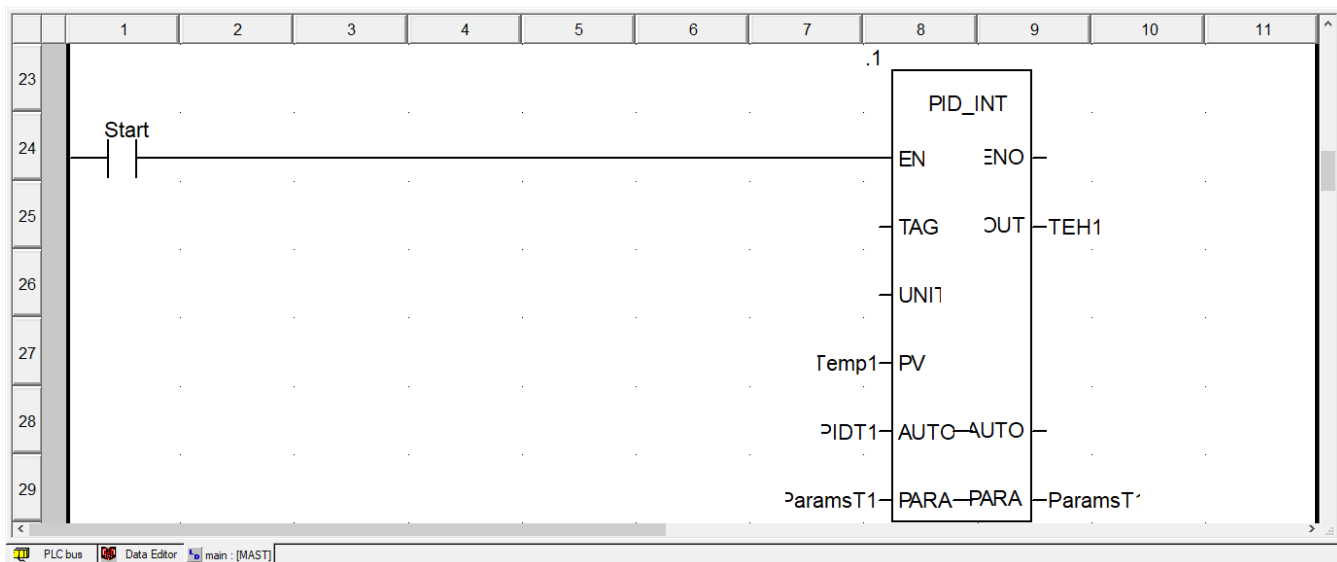
Включення одного із двигунів М1-М3 конвеєрів:



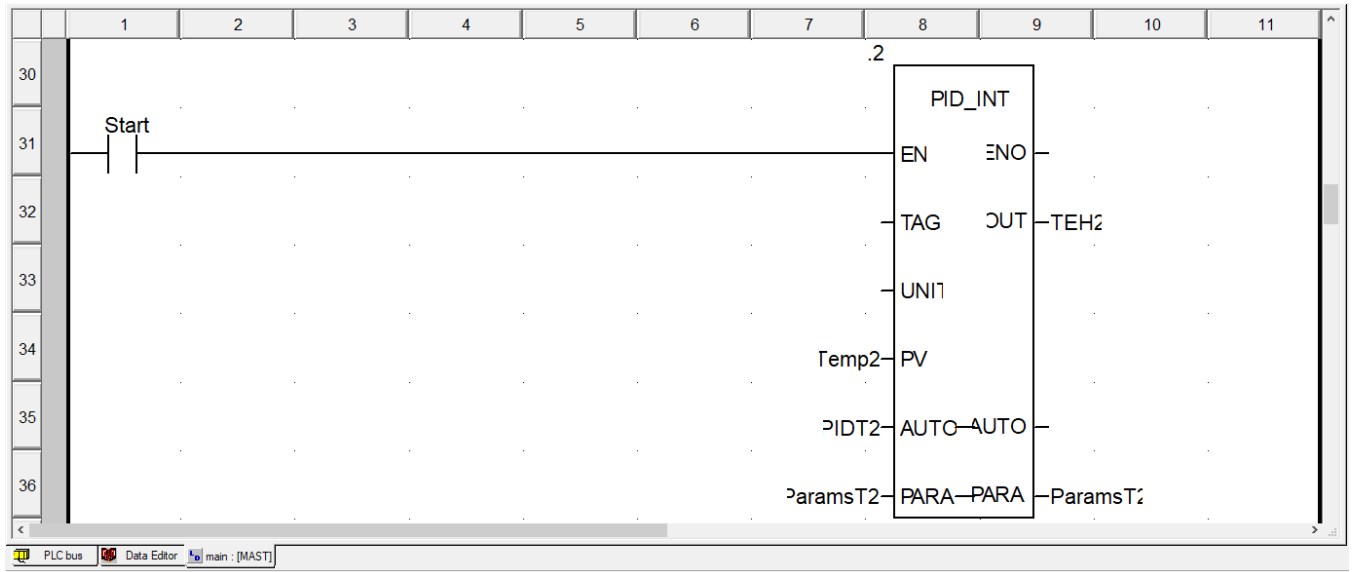
Включення конвеєрів M1-M3 та регуляторів температур в зонах I-III та ВОЛОГОСТІ:



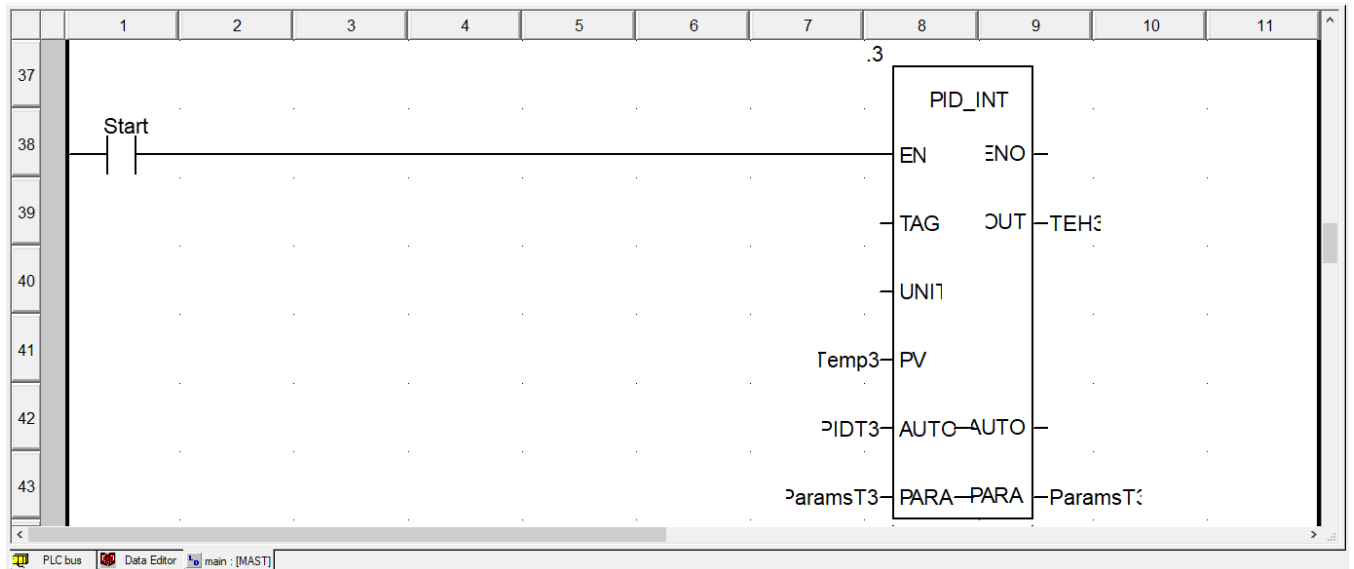
Регулювання температури I зони печі:



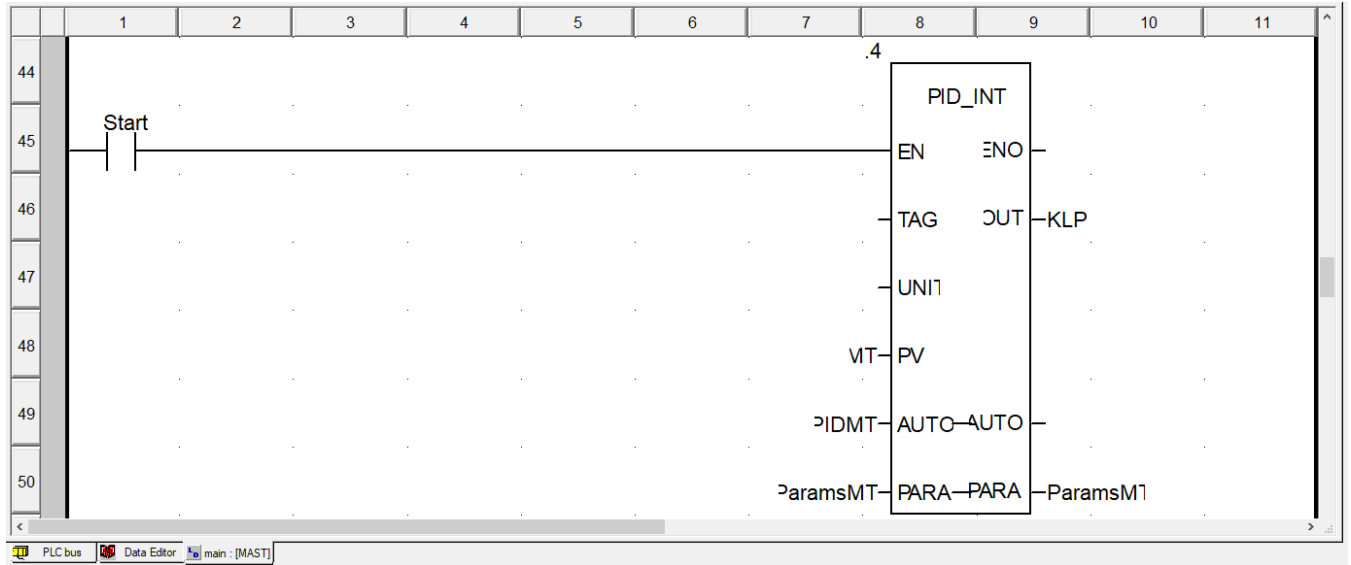
Регулювання температури II зони печі:



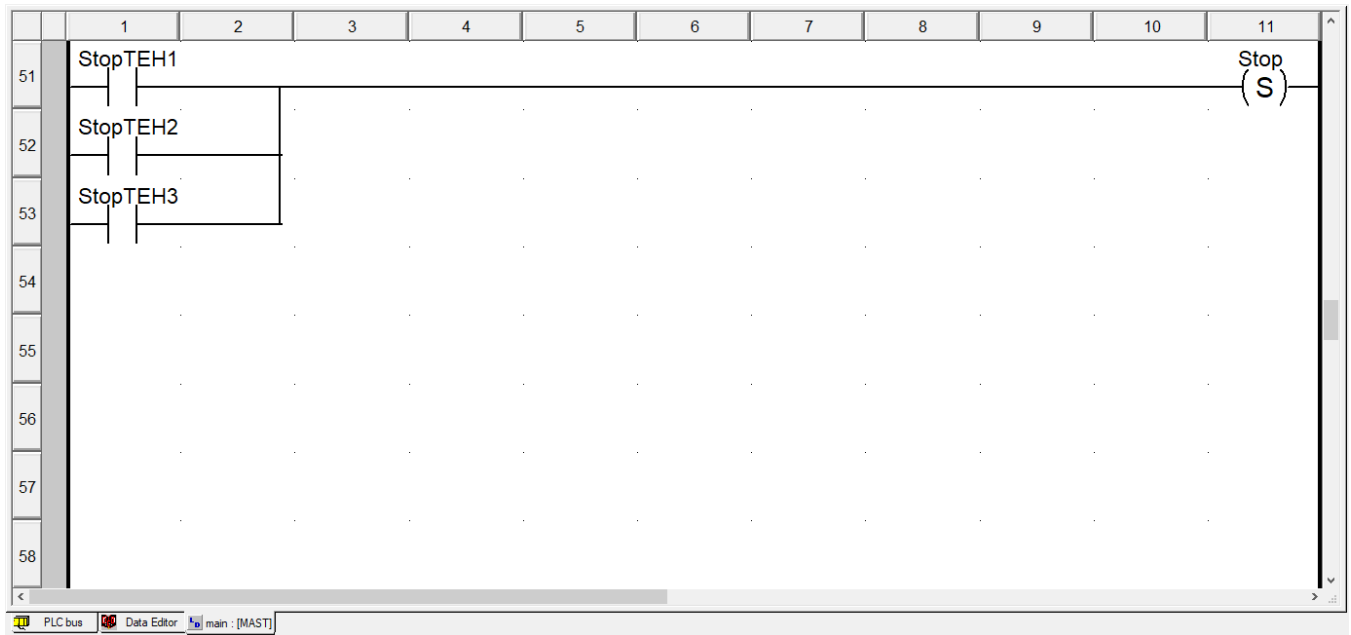
Регулювання температури III зони печі:



Регулювання вологості в І зони печі:



Виключення одного з ТЕНів:



Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

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

Процес випічки хлібу у вигляді мнемосхеми для оператора АРМ (автоматизованого робочого місця) розроблено в Vijeo Citect 7.20. Використані основні та допоміжні змінні для розробки мнемосхеми вказано в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1. Опис змінних для Vijeo Citect 7.20.

Ім'я змінного тега	Адреса	Мін. вихідне значення	Макс. вихідне значення	Мін. значення в одиницях виміру	Макс. значення в одиницях виміру	Тип даних
1	2	3	4	5	6	7
Temp1	%IW0.1.0	0	10000	-220	550	INT
Temp2	%IW0.1.1	0	10000	-220	550	INT
Temp3	%IW0.1.2	0	10000	-220	550	INT
MT	%IW0.1.3	0	10000	0	100	INT
TEH1	%QW0.2.0	0	10000	0	100	INT
TEH2	%QW0.2.1	0	10000	0	100	INT
TEH3	%QW0.2.2	0	10000	0	100	INT
KLP	%QW0.2.3	0	10000	0	100	INT
M1	%QW0.2.4	0	10000	0	3000	INT
M2	%QW0.2.4	0	10000	0	3000	INT
M3	%QW0.2.4	0	10000	0	3000	INT
StopM1	%M1	0	1	0	1	EBOOL
StopM2	%M2	0	1	0	1	EBOOL
StopM3	%M3	0	1	0	1	EBOOL

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Зленко Є.В.			Розробка системи автоматизації процесу випічки хлібу	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Міркевич Р.М.					58	3
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-1		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Продовження таблиця 6.1.

1	2	3	4	5	6	7
StartM1	%M4	0	1	0	1	EBOOL
StartM2	%M5	0	1	0	1	EBOOL
StartM3	%M6	0	1	0	1	EBOOL
Start	%M8	0	1	0	1	EBOOL
Stop	%M7	0	1	0	1	EBOOL
Pochatok	%M10	0	1	0	1	EBOOL
PIDT1	%M11	0	1	0	1	EBOOL
PIDT2	%M12	0	1	0	1	EBOOL
PIDT3	%M13	0	1	0	1	EBOOL
PIDMT	%M14	0	1	0	1	EBOOL
StopTEH1	%M15	0	1	0	1	EBOOL
StopTEH2	%M16	0	1	0	1	EBOOL
StopTEH3	%M17	0	1	0	1	EBOOL

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

На мнемосхемі процесу випічки хлібу оператор має змогу контролювати технологічний процес з АРМ оператора, а при необхідності, також вносити вручну управляючі дію для ТЕНів, конвеєрів, та клапану і змінювати завдання регуляторам.

Вид мнемосхеми для АРМ оператора процесу випічки хлібу представлено на рис. 6.2.

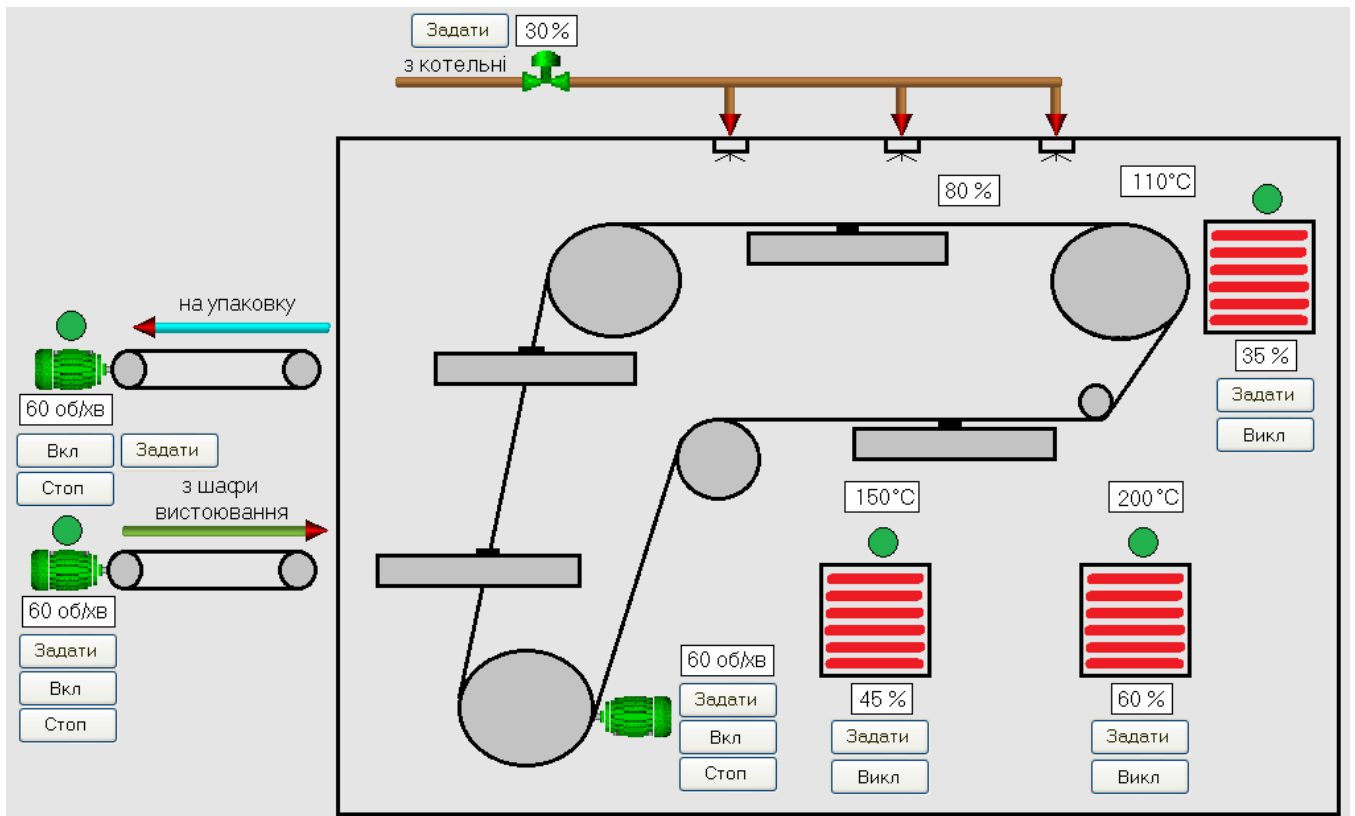


Рис. 6.2. Вид мнемосхеми для АРМ оператора процесу випічки хлібу.

Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання

7.1. Постановка задачі дослідження

Під час процесу випікання хлібу необхідно оптимально регулювати температуру випікання в II-й зоні печі (рис. 7.1).

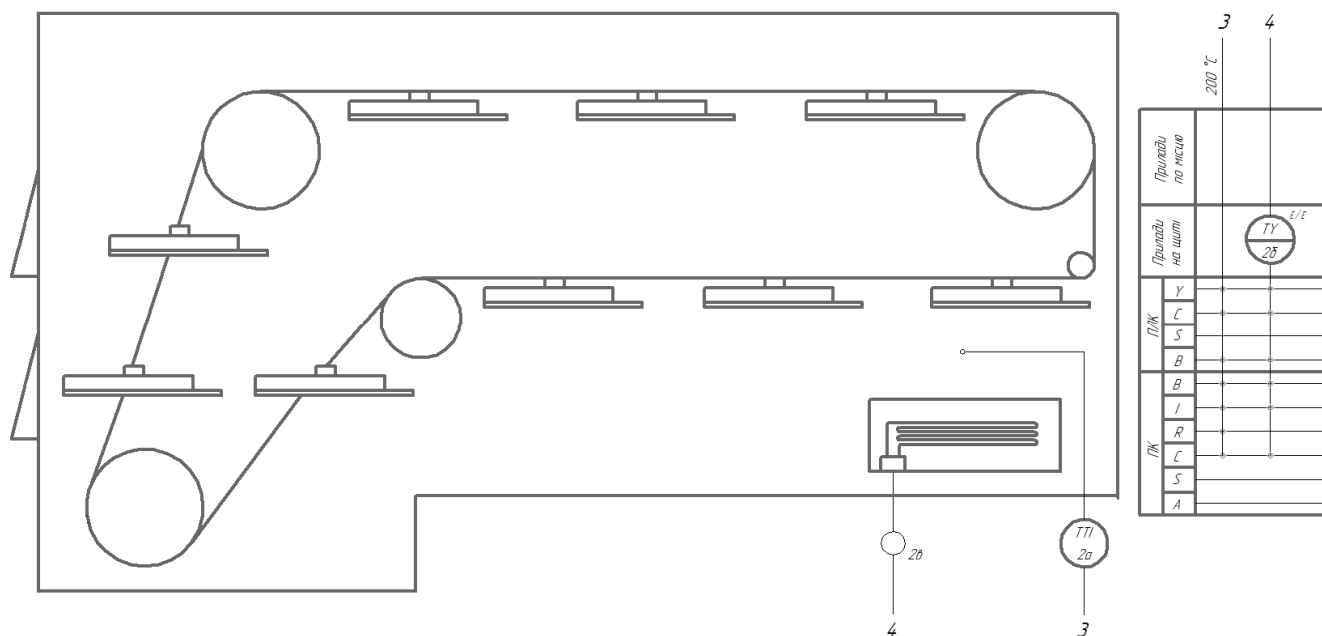


Рис. 7.1. Регулювання температури випікання в II-й зоні печі.

Постановка задачі комп'ютерного моделювання: визначити оптимальні параметри налаштування (ОПН) ПІ-регулятора для регулювання температури випікання в II-й зоні печі.

					Кваліфікаційна робота		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
		Зленко Є.В.			Літ.	Арк.	Аркушів
		Міркевич Р.М.				61	6
		Смітюх Я.В.			НУХТ АК-4-1		
		Проскурка Є.С.					
					<i>Розробка системи автоматизації процесу випічки хлібу</i>		

7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі

На рис. 7.2 зображено параметричну схему по каналу температури випікання в II-й зоні печі та обрані вхідні, вихідні параметри та збурення.

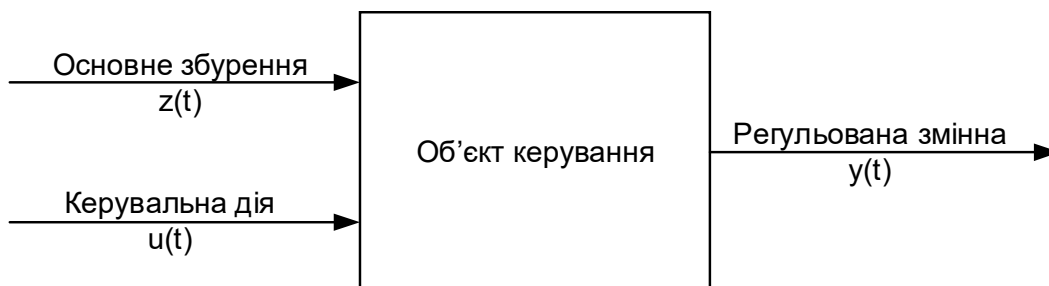


Рис. 7.2. Параметрична схема по каналу температури випікання в II-й зоні печі.

$z(t)$ – початкова температура середовища, °С, T_s (рис. 7.3);

$u(t)$ – напруга на ТЕНі, В, $U_{тен}$ (рис. 7.3);

$y(t)$ – температура нагріву, °С, T_n (рис. 7.3).

На рис. 7.3 зображено модель по каналу температури випікання в II-й зоні печі, що реалізована з використанням ланки запізнення та аперіодичної ланки (рис. 7.3):

- аперіодична ланка:

$$W_1(s) = \frac{k}{Ts + 1}$$

- ланка запізнювання:

$$W_4(s) = e^{\tau_{зп}s}$$

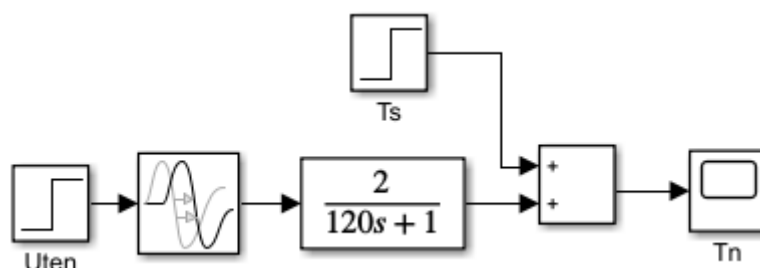


Рис. 7.3. Модель по каналу температури випікання в II-й зоні печі.

7.3. Моделювання САР

Виберемо з таблиці [8] процес з мінімальною інтегрально-квадратичною оцінкою, як метод 1 для визначення оптимальних параметрів налаштування (ОПН) ПІ-регулятора та порівняємо методом 2 – з процесом з мінімальним часом регулювання:

Закон регулювання	Критерій		
	Процес з мінімальним часом регулювання	Процес з 20% пере регулюванням та мінімальним часом першого півперіоду коливань	Процес з мінімальною інтегрально-квадратичною оцінкою
I	$k_{p1} = \frac{1}{4.5 k_{об} T}$	$k_{p1} = \frac{1}{1.7 k_{об} T}$	$k_{p1} = \frac{1}{1.7 k_{об} T}$
II	$k_p = \frac{0.3T}{k_{об} \tau}$	$k_p = \frac{0.9T}{k_{об} \tau}$	$k_p = \frac{0.7T}{k_{об} \tau}$
III	2 $k_p = \frac{0.6T}{k_{об} \tau}$ $T_i = T$	$k_p = \frac{T}{k_{об} \tau}$ $T_i = T$	1 $k_p = \frac{0.7T}{k_{об} \tau}$ $T_i = 0.7T$
ПД	$k_p = \frac{0.95T}{k_{об} \tau}$ $T_i = 2.4\tau$ $T_\delta = 0.4\tau$	$k_p = \frac{1.4T}{k_{об} \tau}$ $T_i = 1.3\tau$ $T_\delta = 0.5\tau$	$k_p = \frac{1.2T}{k_{об} \tau}$ $T_i = 2\tau$ $T_\delta = 0.4\tau$

Визначаємо ОПН для ПІ-регулятора:

Метод 1:

$$k_{об} = 2; T = 120; \tau_{зп} = 5;$$

$$k_p = (0,7 * 120) / (2 * 5) = 8,4;$$

$$T_i = 0,7 * T_{об} = 0,7 * 120 = 84; k_i = k_p / T_i = 8,4 / 84 = 0,1.$$

Метод 2:

$$k_{об} = 2; T = 120; \tau_{зп} = 5;$$

$$k_p = (0,6 * 120) / (2 * 5) = 7,2;$$

$$T_i = T_{об} = 120; k_i = k_p / T_i = 7,2 / 120 = 0,06.$$

Знайдені ОПН за методом 1 підставимо в модель (рис. 7.4).

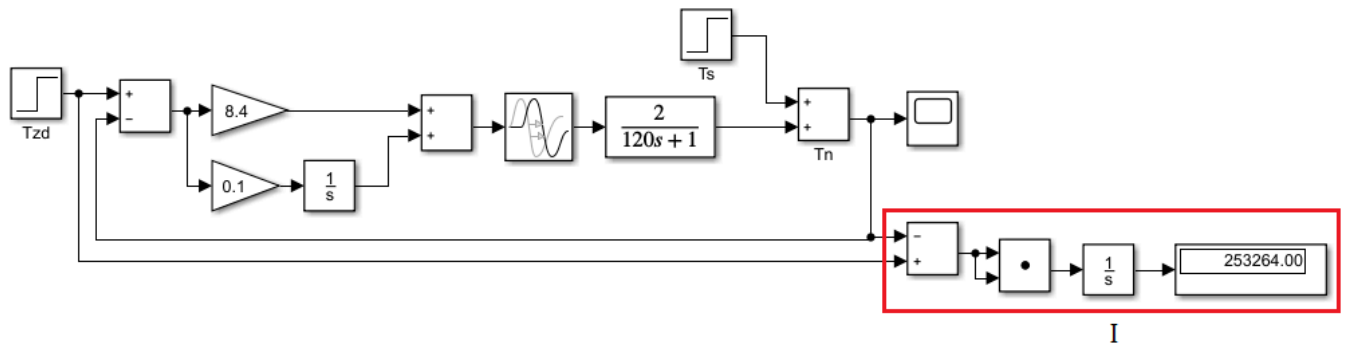


Рис. 7.4. Модель по каналу регулювання температури випікання в II-й зоні печі з
 ПІ-регулятором – метод 1.

Визначаємо інтегрально-квадратичний критерій наступним чином:

$$I = \int_0^t (T_{зд} - T_{д})^2 dt, \quad I \rightarrow \min$$

$T_{зд}$ – задане значення температура, °С.

$T_{д}$ – дійсне значення температура, °С.

Отримаємо показник інтегрально-квадратичного критерія: $I = 253264$.

Знайдені ОПН за методом 2 підставимо в модель (рис. 7.5).

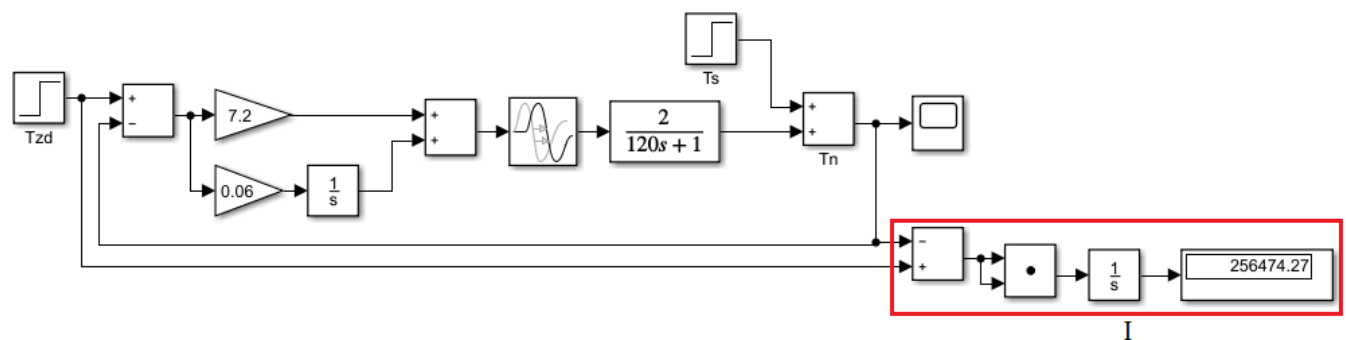


Рис. 7.5. Модель по каналу регулювання температури випікання в II-й зоні печі з
 ПІ-регулятором – метод 2.

Отримаємо показник інтегрально-квадратичного критерія: $I = 256474.27$.

Графік порівняння перехідних процесів методу 1 та методу 2 представлено на рис.7.8.

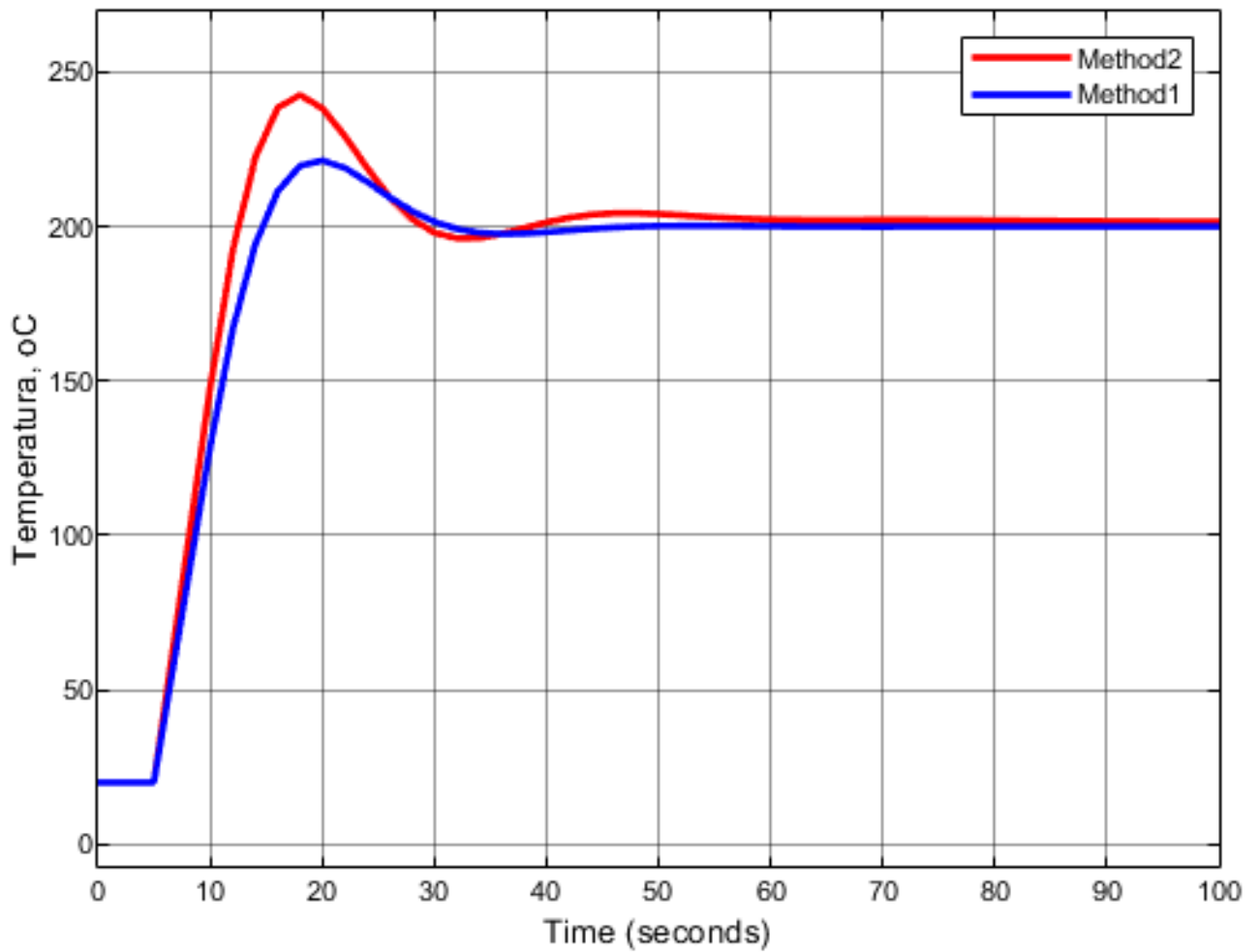


Рис. 7.6. Графік порівняння перехідних процесів методу 1 та методу 2.

7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків

Провівши комп'ютерне моделювання по каналу регулювання температури випікання в II-й зоні печі порівняли методи: метод 1 – процес з мінімальною інтегрально-квадратичною оцінкою та метод 2 – процес з мінімальним часом регулювання, що дозволяють знайти оптимальні параметри налаштування (ОПН) ПІ-регулятора.

При методі 1 показник інтегрально-квадратичного критерія становить – $I = 253264$.

При методі 2 показник інтегрально-квадратичного критерія становить – $I = 256474.27$.

Отже показник інтегрально-квадратичного критерія при методі 1 менше, ніж при методі 2, що вказує на те, що метод 1 працює на даній моделі і забезпечує перехідний процес з мінімальним показником інтегрально-квадратичного критерія.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

В кваліфікаційній роботі приводиться опис розробки системи автоматизації процесу випічки.

Система автоматизації процесу випічки молока побудована з використанням ПЛК Schneider Electric M340.

Використане програмне забезпечення Vijeo Citect 7.20 для розробки дисплейної мнемосхеми процесу випічки хлібу. Дисплейна мнемосхема необхідна в автоматизованому робочому місці (АРМ) оператора для управління технологічним процесом випічки хлібу.

За допомогою комп'ютерного моделювання було знайдено оптимальні параметри налаштування (ОПН) ПІ-регулятора для регулювання температури випікання в II-й зоні печі методом – процес з мінімальною інтегрально-квадратичною оцінкою та порівняно з методом – процес з мінімальним часом регулювання. Було показано, що методом – процес з мінімальною інтегрально-квадратичною оцінкою, забезпечується оптимальний перехідний процес з мінімальним показником інтегрально-квадратичного критерія.

Розроблена системи автоматизації процесу випічки хлібу дозволить оптимально проводити даний технологічний процес, що дозволяє зменшити витрати енергоресурсів на процес випічки хлібу та збільшить прибутковість виробництва.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. Тупикові хлібопекарські печі. URL:
<http://www.tsatu.edu.ua/ophv/wp-content/uploads/sites/13/tupikovi-hlibopekarski-pechi.pdf>
2. Smart temperature transmitter APT-2000ALW. URL:
<https://aplisens.com/apt-2000alw.html>
3. Твердотілі реле серії SSR та TSR. URL:
<http://www.fotek.com.ua/rele.html>
4. Inductive proximity sensors XS range. Catalogue. URL:
https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=Catalogue+Inductive+proximity+sensors+XS+range.pdf&p_Doc_Ref=DIA4ED2150801EN
5. Lenze 8200 Vector. URL:
<https://inverterdrive.com/file/lenze-8200-technical-manual>
6. Humidity/Temperature - Measuring Instrument. URL:
<https://kobold.com/uploads/files/afk-g-gb-analysis.pdf>
7. LINEAR ELECTRIC ACTUATORS TYPE EL. URL:
https://www.primabt.ro/piese-sit/uploads/fise_tehnice/3.72.E.EL%20Linear%20electric%20actuators.pdf
8. Автоматизація технологічних процесів та виробництв (Модуль 1) [Електронний ресурс]: лабораторний практикум для студентів освітнього ступеня “Бакалавр” спеціальності 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” денної та заочної форм навчання // уклад.: Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць. – К.: НУХТ, 2016. – 29 с.
9. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2014.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		68

10. Ельперін І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник / І.В. Ельперін // К.: НУХТ. – 2003. – 320 с.
11. Ладанюк А.П. Автоматизація технологічних процесів та виробництв харчової промисловості: Підручник / Ладанюк А.П, Трегуб В.Г., Ельперін І.В., Цюцюра В.Д. // К.: Аграрна освіта. – 2001. – 224 с.
12. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К. : Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.
13. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Архангельська К.С., Власенко Л.О.— К.: НУХТ, 2014. —274 с.
14. Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: навчальний посібник / В. Г. Трегуб.– К.: НУХТ, 2006 – 139 с.
15. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с.
16. Системний аналіз складних систем управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. – К., НУХТ, 2013. – 276 с.
17. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.1 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2004. – 184 с.
18. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.2 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2005. – 115 с.
19. Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, О.П. Лобок, А.П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2007.–160 с.
20. Автоматизоване управління технологічними процесами. Конспект лекцій до вивчення дисципліни для студентів спеціальності 6.08040 „Інформаційні управляючі системи та технології” напряму підготовки 0804 “Комп'ютерні науки” ден. та заоч. форм навчання/ Уклад.: І.В.Ельперін, С.М.Швед – К: НУХТ, 2007. – 71 с.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

21. Луцька Н.М. Оптимальні та робастні системи керування технологічними об'єктами : монографія / Н.М.Луцька, А.П.Ладанюк. – К. : Видавництво Ліра-К, 2015. – 288 с.
22. Пупена О.М. Контролери та їх програмне забезпечення. Курс лекцій для студ. напр. 6.50202 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" денної та заочної форм навчання. Частина 3. / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2011. – 48 с.
23. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: навчальний посібник / А.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. – К.: Вид-во «Ліра-К», 2011. – 552 с.
24. Пупена О.М. Програмування промислових контролерів у середовищі UNITY PRO: Навч. посібник / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: Видавництво Ліра – К, 2013. – 376 с.
25. Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології: курс лекцій для студ. напряму 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання. / О.М. Пупена. – К.: НУХТ, 2011. – 67 с.
26. Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування) : монографія / А.П.Ладанюк, Заєць Н.А., Л.О.Власенко. – К. : Видавництво Ліра-К, 2016. – 312 с.
27. Трегуб В.Г. Автоматизація об'єктів періодичної дії: підручник / В.Г. Трегуб. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2017. – 136 с.
28. Інноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об'єктами агропромислового комплексу: монографія / А.П. Ладанюк, В.М. Решетюк, В.Д. Кишенько, Я.В. Смітюх. – Київ: Центр учбової літератури, 2014. – 280 с.
29. Innovative energy-saving technologies in biotechnological objects control / A. Chochowski, I. Chernyshenko, V. Kozyrskyi, V. Kyshenko, A. Ladaniuk, V. Lysenko, V. Reshetiuk, I. Smitiukh, V. Shtepa, V. Shcherbatiuk. - K.: Tsentr Uchbovoii Literatury, 2014.- 240 p.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 30.Сучасні методи автоматизації технологічних об'єктів: монографія / А.П. Ладанюк, О.А. Ладанюк, Р.О. Бойко, В.В. Іващук, Д.О. Кроніковський, Д.А. Шумигай. – К.: Інтер Логістик Україна, 2015. – 408 с.
- 31.Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування): монографія / А.П. Ладанюк, Н.А Заєць, Л.О. Власенко. - К.: Видавництво Ліра-К, 2016. – 312с.
- 32.Методи сучасної теорії управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Н.М. Луцька, В.В. Іващук.– К.: НУХТ, 2010. – 196 с.
- 33.Системний аналіз складних систем управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. - К.: НУХТ, 2013. – 274 с.
- 34.Системний аналіз складних систем управління. Практикум: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2014. – 157 с. (№37.49 - 02.07.2014)
- 35.Методи сучасної теорії управління: підручник / А.П. Ладанюк Н.М. Луцька, В.Д. Кишенько, Л.О. Власенко, В.В. Іващук. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 368 с.
- 36.Ладанюк А.П. Методологія наукових досліджень: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко, В.Д. Кишенько. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 352 с.
- 37.Пупена О. М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro: навчальний посібник / О. М. Пупена, І. В. Ельперін. — Київ : Ліра-К, 2015. — 376 с.
- 38.Сценарний підхід при автоматизації технологічних процесів: монографія / Я.В. Смітюх, А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Б.М. Гончаренко . – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019. – 173 с. – ISBN: 978-613-9-87035
- 39.Оптимізація процесів переробки сільськогосподарської сировини: монографія / В.О. Мірошник В.О., М.А. Гачковська, В.Д.Кишенько, О.В. Грабовська.– К.:ЦП “Компринт”, 2019.– 479 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

40. Кишенько В.Д. Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації: конспект лекцій для студ. спец. 6.092500 "Автоматизовані системи управління технологічними процесами", 6.092500 "Комп'ютерно-інтегровані процеси та виробництва" наряду 0925 ден. та заоч. форм навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2007. — 102 с.
41. Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи: конспект лекцій для студ. спец. 6.092500 "Автоматизовані системи управління технологічними", 6.092500 "Комп'ютерно-інтегровані процеси та виробництва" наряду 0925 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" ден. та заоч. форм навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2008. — 133 с.
42. Кишенько В.Д. Моделювання систем [Електронний ресурс]: конспект лекцій для студ. освіт. ступ. "Магістр" спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" спеціал. "Автоматизація та інтелектуальні системи керування технологічними комплексами" ден. форми навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2016. — 205 с.
43. 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.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		