

**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
(підпис) (ім'я та прізвище)

«8» лютого 2024 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

Ярослав Смітюх
(підпис) (ім'я та прізвище)

«8» лютого 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані

(код та назва спеціальності)

технології»

освітньо-професійної програми «Комп'ютерні системи та програмна
інженерія в автоматизації»

на тему: Розробка системи автоматизації лінії виробництва вафель

Виконав: здобувач 3 курсу, групи ЗАВ-3-1

Бут Валентин Олегович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Барилюк Олена Вікторівна
(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 Валентина ОТЕНКО

(ім'я та прізвище)

(підпис)

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

Здобувач

(підпис)

Київ – 2024 р.

Національний університет харчових технологій

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

Освітній ступінь «Бакалавр»

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри АКТСУ

Ярослав СМІТЮХ

« » 20 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Бута Валентина Олеговича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації лінії виробництва вафель

керівник роботи Барилюк Олена Вікторівна

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «19» грудня 2023 р. № 1001-кв

2. Строк подання здобувачем роботи «15» лютого 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи

Короткі відомості про об'єкт автоматизації, відомості про умови експлуатації об'єкта автоматизації та вимоги до системи автоматизації

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 25 грудня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач Валентин БУТ

(підпис)

Керівник роботи Олена БАРИЛЮК

(підпис)

Анотація

Дана кваліфікаційна робота присвячена розробці системи автоматизації лінії виробництва вафель. Запропоновано варіант системи автоматизації, реалізований на мікропроцесорному контролері Modicon TSX Micro 3722. В результаті розробленої системи автоматизації ми маємо:

- Поліпшення якості продукції, що випускається;
- Зниження виробничих витрат і собівартості продукції;
- Заміна існуючих засобів автоматизації на високоточні прилади;
- Підвищення ефективність виробництва.

У пояснювальній записці наведено: опис технологічного процесу, завдання на систему автоматизації, опис системи автоматизації, специфікація технічних засобів автоматизації, монтажна схема технічного засобу автоматизації - рівнеміра Microhilot F FMR 230, схема підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК та розширені схеми підключення технічних засобів.

В роботі проведено комп'ютерне моделювання контура регулювання вологості тіста на виході тістомесильної машини, яка впливає на якість вафель.

Ключові слова: вафлі, випікання, автоматизація, TSX Micro 3722, Microhilot F FMR 230.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

Annotation

This qualification work is about the development of a system of automation of the wafer production line. A variant of the automation system, implemented on a microprocessor controller Modicon TSX Micro 3722. As a result of improvements in existing automation systems, we have the following results:

- Improving the quality of products;
- Reduction of production costs and production costs;
- Replacement of existing automation equipment for high-precision instrumentation;
- Increasing the efficiency of production.

The explanatory note provides: description of the technological process, tasks for the automation system, description of the automation system, specification of technical means of automation, assembly diagram of the technical means of automation - level meter Microhilot F FMR 230, connection diagram of sensors and actuators to the PLC and extended connection diagrams.

In the paper, a computer simulation of the dough moisture regulation circuit at the output of the dough mixer, which affects the quality of wafers, was carried out.

Keywords: wafers, baking, automation, TSX Micro 3722, Microhilot F FMR 230.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Зміст

Вступ.....	7
Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації.....	9
1.1 Технологічний опис об'єкта автоматизації.....	9
1.2 Розробка завдання на систему автоматизації.....	18
Розділ 2. Система автоматизації	20
2.1 Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО).....	20
2.2 Схема автоматизації.....	34
2.3 Специфікація засобів автоматизації.....	37
Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення.....	39
3.1 Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК).....	39
3.2 Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	42
3.3 Розширені схеми підключення до окремого контуру.....	43
Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів	46
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК).....	50
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога.....	55
6.1 Перелік вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	55
6.2 Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	56
Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання....	59
7.1 Постановка задачі дослідження.....	59
7.2 Вибір об'єкта керування та його математичної моделі.....	60
7.3 Моделювання САР.....	63
7.4 Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.....	68
Висновки.....	69
Список використаної літератури.....	70

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Однією з основних, а часто й завершальною стадією багатьох технологічних процесів в харчовій, хімічній та інших промисловостях є процес сушіння, ціль якого – отримання продукту з необхідним набором фізико-хімічних властивостей, готового до переробки, використання та зберігання. Наприклад, в борошномельній та пивоварній галузі висушують зерно, в хлібопекарському виробництві – макаронні вироби та сухарі, в кондитерському виробництві – мармеладно-пастильні вироби, в цукровому виробництві – цукор, жом, в крохмальному виробництві – крохмаль. Процес сушіння забезпечує збереження початкових властивостей харчових продуктів.

Назріла необхідність підвищення об'єктивності контролю якості вафель, що готуються за рахунок впровадження високоефективних інтелектуальних технологій у виробничий процес та створення на їх базі інтелектуальної автоматизованої системи контролю.

Через чітке дотримання параметрів виготовлення, строге дозування кожного компонента, досягається покращення якості продукції і знижується кількість браку. Також автоматизація дозволяє мінімізувати необхідність перебування працівників на виробничій лінії, що дає можливість запобігати можливому травматизму.

Створення автоматичної лінії виробництва вафель дозволить:

- безперервно, у потоці контролювати показники якості сировини, напівфабрикатів та визначати оптимальний режим протікання технологічного процесу; забезпечити стабільність виробництва вафель;
- дотримання встановлених технологічних режимів;
- підвищити надійність роботи обладнання, а також сприятиме стабілізації якості готової продукції;
- зниження витрат при експлуатації, зменшить вплив людського фактора на об'єктивність аналізу, скоротить виробничий цикл випуску вафель,

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виключивши стадію органолептичної оцінки якості готового продукту.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка системи автоматизації лінії виробництва вафель, що дозволить вирішити три основні задачі: підвищить якість вимірювання, скоротить втрати сировини та енергоносіїв, забезпечити ефективне управління виробництвом.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації.

1.1 Технологічний опис об'єкта автоматизації.

Вафлі - це кондитерські вироби, що складаються з трьох (або більше) вафельних листів, начинених начинкою. Для прошарку використовують жирові, фруктові-ягідні, пралінові, помадні та інші начинки. Смакові переваги вафельних виробів насамперед визначаються специфічними хрусткими властивостями вафельних листів. Тому використовувати для прошарку вафельних листів начинки, при міграції з них вологи в листи в процесі зберігання вафель, не повинні знижувати властивості виробів. Начинки, що використовуються, повинні мати мінімальну вологість, а присутня в них волога повинна бути не вільною, а міцно пов'язаною компонентами начинки [1].

Технологія виробництва вафель включає наступні операції:

1. Підготовка сировини до виробництва.
2. Приготування вафельного тіста.
3. Випікання вафельних листів.
4. Охолодження вафельних листів.
5. Приготування начинки для вафель.
6. Формування вафель.
7. Упаковка та маркування готової продукції.

Підготовка сировини до виробництва є невід'ємною частиною технологічного процесу всіх підприємствах харчової промисловості. Від ретельності її проведення залежить якість продукції та її безпека.

Перед надходженням до цеху вся сировина звільняється від тари. Попередньо поверхню тари очищають. Ці операції виконують у спеціальних підготовчих приміщеннях, відокремлених від виробництва.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бут В.О.			Розробка системи автоматизації лінії виробництва вафель	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Заїка В.І.					9	11
Зав. кафедр		Смітюх Я.В.			НУХТ ЗАВ-3-1-2024			
Секр. ЕК		Крупська						

Вафельне тісто, на відміну від багатьох інших, рідке. Ця властивість визначає спосіб формування форми вафельної печі. Тісто легко дозується, оскільки має низьку в'язкість, а також добре розподіляється за формою. Вологість тесту близько 60% (58 – 65%). Для отримання такого тіста оптимально використовувати борошно з вмістом клейковини не більше 32%.

Тісто замішується при досить високому вмісті води. Це важливо для того, щоб обмежити злипання частинок клейковини. Замість відбувається швидко, за невисокої температури.

Велику роль у приготуванні тіста для вафель без начинки та вафельних листів відіграє цукровий пісок (у рецептурах його кількість зазвичай до 10%). Він необхідний підвищення термінів зберігання готових виробів, зменшує гігроскопічність, підвищує крихкість.

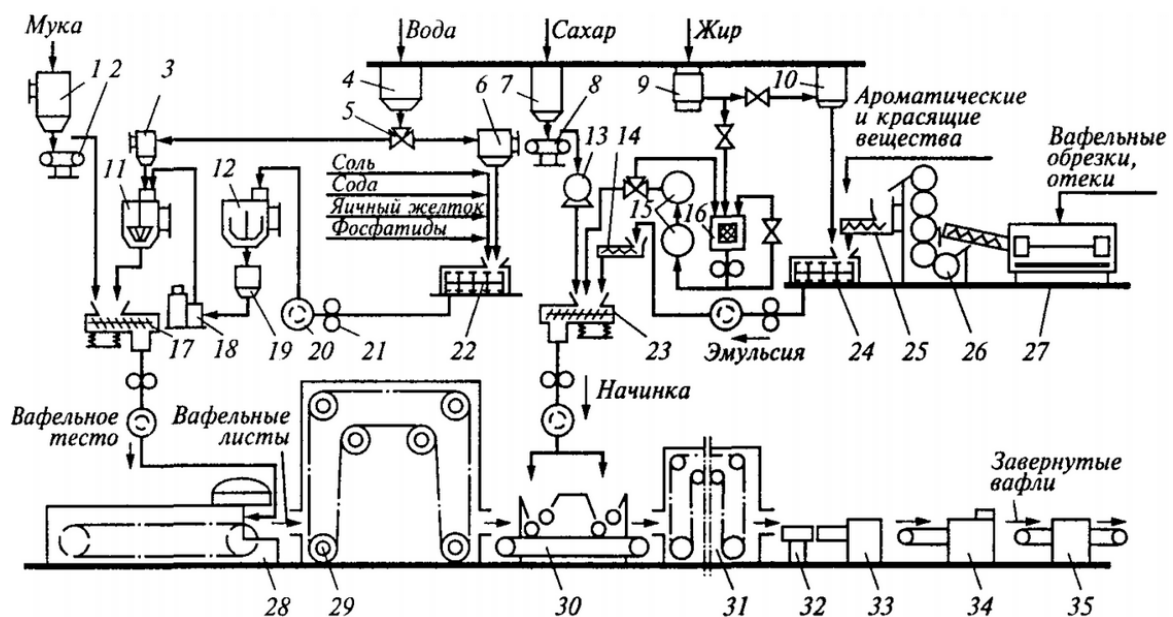


Рис.1.1-Технологічна лінія виробництва вафель

Вологість тіста повинна бути в межах 58-65 %, що сприяє покриттю частинок борошна товстими гідратними оболонками та вільному, без злипання, їх переміщенню в рідкій фазі при механічній обробці. Для отримання тіста з такою великою вологістю кількість введеної за рецептурою води в 10-12 разів

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перевищує масу всієї сировини без борошна. Температура сировини в процесі замісу впливає на швидкість набухання колоїдів борошна і на в'язкість тесту, що утворився. При замісі вафельного тіста вона має перевищувати 20°C. Для випікання вафельних листів застосовують напівавтоматичні газові або електричні печі з рухомими вафельними формами в кількості 24, 30 і більше.

Готове тісто дозується на нижню поверхню форми вафельниці. Тісто на поверхні форми затискається другою плитою і випікається у тонкому шарі. Поверхня форм вафельниці може бути гладкою, фігурною або гофрованою, тому вафельні листи набувають певного малюнку.

Процес випікання вафельних листів становить 2...4 хв при температурі 170...180 °С. Наприкінці випічки верхня плита вафельниці відкривається і лист вафельний знімається з нього. У процесі випікання надлишок тіста витікає через краї форми та у вигляді недовипеченого тіста (відтікання) знімається з форм.

Випечені листи негайно охолоджуються для виключення їх жолоблення. Раціональним способом вистійки, тобто охолодження, є одиночне іа сітчастому транспортері аркового типу. Через рівномірний доступ повітря поглинання вологи листом супроводжується рівномірною зміною його лінійних розмірів. Тривалість охолодження листів до температури 30 ° С становить 1...2 хв.

Найбільш раціональним способом вистійки вафельних листів є охолодження одиночних листів на сітчастому транспортері. Завдяки рівномірному доступу повітря до поверхонь листа відбувається рівномірна сорбція вологи листом у всіх його зонах, що супроводжується рівномірною зміною лінійних розмірів листа, внаслідок чого виключається викривлення і розтріскування вафельних листів. Тривалість охолодження листів при такому способі до температури приміщення цеху становить 1-2 хв. Для охолодження вафельних листів нині застосовують люлечні конвеєри.

Для приготування вафель застосовуються різні начинки.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У найбільшому обсязі виробляються вафлі з жировою начинкою, що пояснюється практично відсутністю в начинці вільної вологи, а відтак збереженням тривалий час хрустких властивостей вафель. Жирові начинки відрізняються високою пластичністю, легко намазуються на поверхню вафельних листів механізованим способом.

Головним компонентом рецептури жирових начинок є цукрова пудра та кондитерський, або гідрований жир. Основою якості жирових начинок є здатність жиру при замісі насичуватись повітрям (здатність до кремоутворення). Найкраще насичення жиру повітрям при збиванні відбувається при використанні закристалізованого жиру.

Крім головних компонентів, в рецептуру жирових начинок входять лимонна кислота, фосфатидні концентрати, іноді сухе молоко, какао-порошок, ароматизатори, ванілін та інші смакові та ароматичні добавки. Крім того, начинки вводять відповідно до рецептури зворотні відходи (обрізки) тих же сортів вафель з начинкою.

При приготуванні начинки періодичним способом місильну машину завантажують сировину в наступній послідовності: подрібнені зворотні відходи; 85% від загальної кількості жиру; 50% цукрової пудри та перемішують 2-3 хв. Решту цукрової пудри вводять поступово при перемішуванні. В останню чергу вводять кількість жиру в розплавленому стані. З розчину лимонної кислоти та есенції можна приготувати емульсію.

Для прошарку вафельних листів начинкою використовуються машини з валковими механізмами або з рухомою кареткою.

Намазані вафельні листи, що виходять з-під каретки, працівниця складає кілька шарів і отриманий багат шаровий пласт накриває чистим листом. Так утворюється вафельний пласт, що складається з декількох шарів начинки і вафельних листів, який прямує в шафу, що охолоджує.

Затверділі вафельні пласти укладають по три пласти в один штабель завтовшки 30 мм для подальшого розрізання на готові вироби. На багатьох

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підприємствах пласти з начинкою витримують у виробничих приміщеннях протягом шести і більше годин. Висота стопи не повинна перевищувати 1 м. Вистійка залежить від вологості начинки та температури навколишнього повітря. У процесі вистоювання відбувається випресовування рідкої фракції їх начинок та поглинання її вафельними листами. Внаслідок цього підвищується в'язкість начинки, що сприяє міцнішому зчепленню шару начинки з листами та створенню сприятливих умов для різання. Пласти розрізають у двох взаємно перпендикулярних напрямках окремі вироби прямокутної форми.

Для розрізання вафельних пластів застосовують струнні різальні машини. При різанні вафельних пластів утворюються обрізки, які після подрібнення вводять у відповідні види начинок у кількості не більше 12% маси начинки.



Рисунок 1. 2 – Автоматична лінія для виробництва вафель.

Автоматична лінія для виробництва вафель - це високопродуктивний модульний комплекс, що складається з цілого ряду технологічних модулів. Лінія поєднує в собі всі необхідні якості для виробництва вафель широкого асортименту в промислових обсягах. Завдяки сучасним технологіям лінія не потребує обслуговування великою кількістю персоналу (4-5 чол.).

Установка для приготування тіста.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Установка служить для виробництва однорідно замішаного тіста для вафель і повністю автоматичної подачі на одну або кілька установок для випічки вафель. Установка складається з: тістомісильні машини ТММ-1М, насоса для подачі тесту і сполучних труб. За бажанням комплектується також автоматичним дозатором води і борошна. Окремі інгредієнти тіста подаються на резервуар мішалки вручну або автоматично. Потім відбувається процес замісу сировини в партії тіста для випічки. Потім однорідне тісто для вафель накачується в проміжний контейнер для тіста, звідки воно безперервно подається за допомогою іншого насоса на автоматичну установку для випічки вафель.



Рисунок 1. 3 – Тістомісильна машина ТММ-1М

Таблиця 1.1 – Розрахункові показники тістомісильної машини ТММ-1М

Показники	ТММ-1М
Тривалість замісу однієї діжі,	7...20 хв
Число хитань місильного важеля в хвилину	28,94
Місткість діжі, м ³ к	0,140
Швидкість обертання мішалки, об/хв.	4,1
Двигун	4A90L4УЗ
Встановлена потужність, кВт	2,2
Габаритні розміри, мм	1325x795x1110
Маса, кг	293

Автоматичні печі служать для випічки плоских або порожніх вафель. Для вафель з малюнком глибокої або середньої нарізки на замовлення виготовляються спеціальні листи. Листи нагріваються або природним газом, або зрідженим нафтовим газом, або, в разі необхідності, електрикою. Система обладнана енергозберігаючими пальниками. Піч обладнана пристроєм електронного контролю отсадки тісту і насосом для тесту, автоматичною системою забору вафельних листів, пристроєм автоматичного контролю температури, корпусом з нержавіючої сталі, витяжним ковпаком над депозитором тесту, накопичувальним бункером для відходів, панеллю керування, шафою.



Рисунок 1. 4 – Автоматична піч для випічки вафельних листів

Загальна характеристика:

- Повна автоматизація і контроль над усіма стадіями процесу випічки.
- Електричний або газовий нагрів.
- Нагрівальні елементи виконані з високоякісного чавуну, що характеризується тривалим терміном служби і рівномірним нагріванням, що дає в результаті рівномірний колір спечений вафель.
- Подвійний корпус з нержавіючої сталі знижує втрати тепла і нагрівання його зовнішніх компонентів, а також надає машині естетичний зовнішній вигляд і спрощує чистку.

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

- Панель управління: Mitsubishi Touch Screen (Японія)
- Вбудована система автоматичного очищення вафельних залишків
- Діапазон товщини вафельних листів: 2,0 мм - 3,2 мм
- Робоча температура 180 ° С
- Кількість вафельниць: 27, 33, 39, 45, 51, 63, 75.
- Продуктивність (кг / год) 83 125 145 166 187 250 312

Для охолодження карамельної маси, а також насичення її барвниками, есенцією, кислотою та іншими інгредієнтами використовують машину охолоджувальну НОМ 2 безперервної дії.



Рисунок 1. 5 – Машина охолоджувальна НОМ 2.

Таблиця 1. 2 – Розрахункові показники охолоджуючої установки НОМ-2

Показники	НОМ-2
Продуктивність, кг/год.	280...800
Кут нахилу столу	12°30'
Швидкість карамельної стрічки, м/хв..	4
Витрата охолоджуючої води, л/год.	1200
Встановлена потужність, кВт	1,62
Габаритні розміри, мм	2000x960x1760
Маса, кг	710

Автоматична машина для нанесення начинки - це важлива частина лінії по виготовленню намазної вафель. Вона визначає число вафельних листів і кількість шарів начинки. При нанесення начинки контактним способом маємо: - її рівномірний розподіл по поверхні вафельного листа складання вафельних листів з начинкою в стопки і автоматичне їх скріплення за допомогою тиску методом пресування. Число шарів начинки і шарів вафлі може бути відрегульовано як потрібно і становить 3,4,5 і т.д. Ролик намазки має автоматичний температурний контроль.



Рисунок 1. 6 – Машина намазувальна АК 30.

Таблиця 1. 3 – Розрахункові показники намазувальної машини АК 30

Показники	АК 30
Машина працює від електричної мережі трифазного змінного струму напругою (380 ± 38) В з частотою (50 ± 1) Гц	
Продуктивність, листів/год.	150
Розмір вафельного листа, мм	290x470
Споживана потужність, кВт, не більше	1,2
Габаритні розміри, мм, не більше:	
довжина	3500
ширина	650
висота	1600
Маса машини, кг, не більше	300

1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.

Оптимальні значення параметрів контролю, сигналізації, блокування, регулювання необхідні для автоматизації даного технологічного процесу приведені в таблиці 1.4

.....Таблиця 1.4

№	Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Припустиме значення параметру	Вид автоматизації	Характер контролю чи управлін.	Засоби управління та контролю, реалізації управл. дії	Додаткові умови
1	Трубопровід води	Температура	20°C	Контроль	Відображення	АРМ оператор	
2	Бункер борошна	Рівень	3м	Регулювання	Стабілізація	Витрата борошна	
3	Бункер цукру	Рівень	3м	Регулювання	Стабілізація	Витрата цукра	
4	Трубопровід газу	Температура	20°C	Контроль	Відображення	АРМ оператор	
		Тиск	25кПа	Регулювання	Стабілізація	Витрата газу	
5	Тістоміс	Рівень	0,8м	Регулювання	Відображення	Витрата борошна	
		Вологість	65%	Контроль	Відображення	АРМ оператор	
6	Піч	Тиск	50кПа	Контроль	Відображення	АРМ оператор	
		Температура	280°C	Контроль	Відображення	АРМ оператор	
		Температура	170°C	Регулювання	Відображення	Витрата газу	
		Загазованість	22мг	Регулювання	Відображення	Управління димососом	
		Наявність полум'я		Контроль	Відображення	АРМ оператор	
7	Трубопровід цукрової пудри	Витрата	98 м ³ /год	Регулювання	Відображення	Витрата цукрової пудри	

					Кваліфікаційна робота		Арк.
							18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Продовження таблиці 1.4

		Темпера-тура	31°C	Конт-роль	Відображення	АРМ оператор	
8	Апарат намазки	Рівень	400 мм	Регулювання	Відображення	Витрата пудри	
		Рівень	400 мм	Регулювання	Відображення	Витрата пудри	
9	Охолоджувальна установка	Темпера-тура	18°C	Регулювання	Відображення	Витрата повітря	
10	Відділення різки	Рух		Конт-роль	Відображення	АРМ оператор	

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Розділ 2. Система автоматизації.

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

Управління випічкою вафель має відбуватися таким чином, щоб зберегти основні поживні властивості продуктів та висушити листи до вологовмісту, який не буде перевищувати завдання. Для збереження поживних властивостей в більшості випадків необхідно накладати обмеження на температуру сушильного агенту та матеріалу.

Впровадження автоматизованої системи дозволить досягти високої точності дозування компонентів; знизити втрати часу; здійснювати облік витрати компонентів і отриманого продукту; забезпечити автоматичну зупинку устаткування при аварійній ситуації; зменшити кількість обслуговуючого персоналу.

При приготуванні вафель в безперервному потоці необхідно особливо стежити за дотриманням всіх вимог протікання процесу, так як будь-яке, навіть незначне порушення тривалості перебування тіста в печі, температури, кількості подаваного повітря та ін. може призвести до зниження якості вафель.

В кваліфікаційній роботі використовуються такі типи датчиків і виконавчі механізми:

- вимірювання тиску – STG-94L-E;
- вимірювання температури – датчики температури STT 830;
- вимірювання вологості – M-Sens 2;
- вимірювання витрати – OPTIFLUXC 4000;
- датчик наявності полум'я- D-LX-200;
- вимірювання рівня –Micropilot M FMR 230;
- клапан регулюючий з електроприводом EV25G PN16

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Буг В.О.			Розробка системи автоматизації лінії виробництва вафель	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Барилюк О.В.					20	19
						НУХТ		
Зав. кафедр		Смітюх Я.В.				ЗАВ-3-1-2024		
Секр. ЕК		Крупська						

Вимірювання температури.

Вимірювання температури завжди полягає у передачі невеликої порції теплової енергії від об'єкта до давача, який повинен перетворити цю енергію в електричний сигнал. Коли сенсор контактного давача розташовують усередині об'єкта або на ньому, між об'єктом і сенсором відбувається передача тепла за рахунок явища теплопередачі. При цьому чутливий елемент як складова сенсора або розігрівається або охолоджується. Те саме відбувається і під час передачі тепла за допомогою випромінювання у разі безконтактного давача.

Щоб здійснити коректний вибір відповідного термометра, необхідно визначити кілька умов, які повинні відповідати для комфортної роботи приладом. Встановити умови роботи датчика. Навколишнє середовище може бути стандартною, з високою вологістю, окисної, пожежонебезпечної і так далі.

Величина сигналу виходу.

Сигнал виходу повинен відповідати можливостям приладів для подальшої обробки одержуваних даних. Це залежить від отриманих температурних показників, перетворених в енергію.

Для вимірювання температури використано датчики температури STT 830 (рисунок 2.1) [4].



Рисунок 2.1- Інтелектуальні датчики температури STT 830.

Інтелектуальні датчики температури фірми Honeywell сімейства STT 3000 на основі мікропроцесорної електроніки включають як датчики STT250, описані в даній специфікації, так і датчики STT830 з більше високими експлуатаційними

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

характеристиками, представленими в специфікації на вироби ENOI-5222. Датчики STT830 мають високу ефективність і перспективні функціональні можливості.

Всі прилади підтримують той самий широкий спектр типів первинних датчиків, мають 2-провідну схему живлення і дають по двох силовим проводам вихідний сигнал прямо пропорційний температурі.

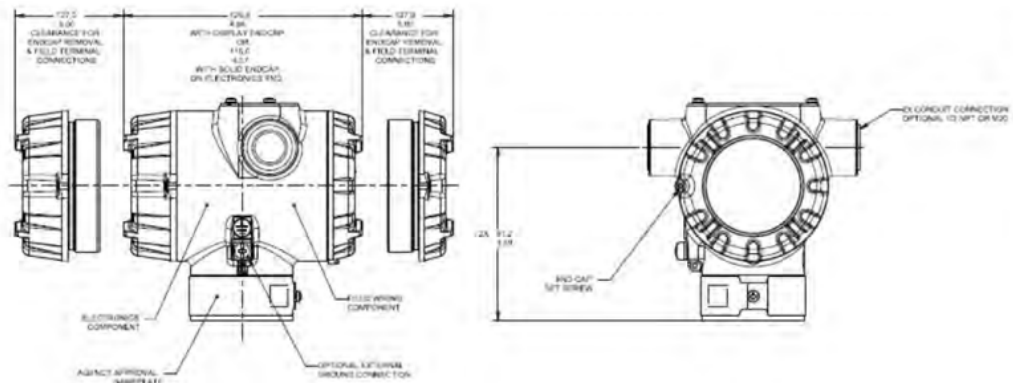


Рисунок 2.2- Габаритні розміри датчика температури STT 830.

Вимірювання тиску.

Недостатньо вибрати датчик тиску тільки на підставі того, що вимірюваний діапазон тиску знаходиться всередині діапазону вимірювання датчика тиску, а тип вихідного сигналу відповідає заданому. Комплексні дані щодо можливого місця установки, допустимих меж, робочого середовища, температури, наявності зовнішніх впливів (вібрацій, електромагнітних полів), типу з'єднання, температури та вологості навколишнього середовища, вихідного сигналу, точності вимірювання, інших особливостей застосування та специфіки конкретного технологічного процесу допоможуть здійснити коректний вибір перетворювача тиску, забезпечити очікуваний результат, надійну та довговічну роботу.

Для виміру тиску для системи автоматизації обрані інтелектуальні датчики тиску STG-94L-E (рисунок 2.3) [3].

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.3– Інтелектуальний датчик надлишкового тиску STG-94L-E

Датчики вимірювання надлишкового тиску Honeywell відрізняються не тільки високою надійністю, але і точністю.

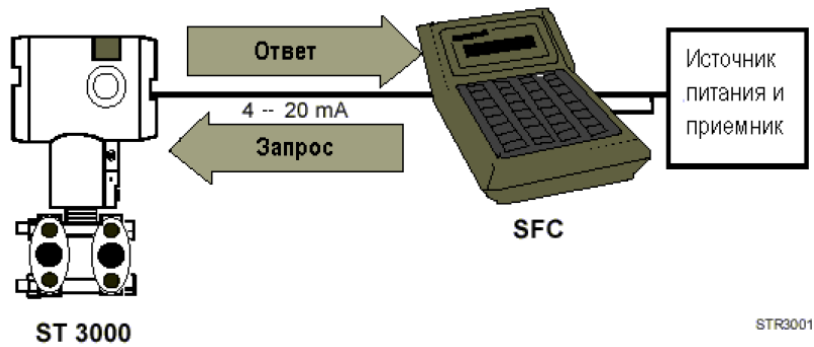


Рисунок 2.4– Спрощена схема комунікації за допомогою інтерфейсу SFC

На рис.2.5 показані типові установки датчика на трубу.

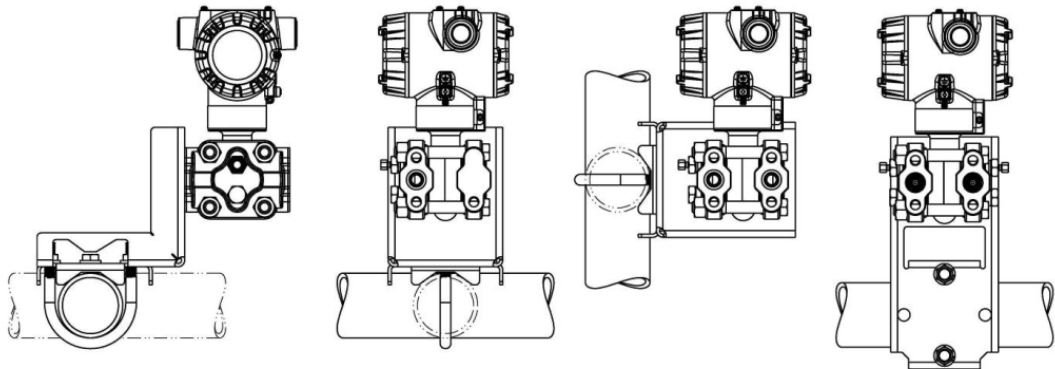


Рисунок 2.5– Типові установки датчика надлишкового тиску STG-94L
Типові монтажні розміри нп рис. 2.6

Вимірювання витрати начинки і газу до топки.

Вимірювання витрати газу, начинки відбувається за допомогою електромагнітних витратомірів OPTIFLUX 4000 (рис.2.8).

Витратоміри електромагнітні складаються з сенсора витрати та перетворювача. Сенсор витрати встановлюється безпосередньо в трубопровід і являє собою трубу з нержавіючої сталі, з привареними до неї фланцями (для фланцевого виконання); на трубі встановлено дві котушки індуктивності (індуктор) і два ізольованих від труби електрода. Електроди і індуктор герметично захищені кожухом, що складається з двох напівциліндрів, приварених до двох кілець, встановленим на трубі. До кожуха кріпиться стійка, на якій розміщена плата з клемми для підключення до перетворювача. У корпусі перетворювача встановлені електронний блок, локальний операторський інтерфейс ЛОИ (опція), вихідні клемми, клемми живлення та заземлення.



Рисунок 2.8 - Електромагнітний витратомір OPTIFLUX 4000

Електромагнітні витратоміри OPTIFLUX 4000 є еталоном для переробних галузей промисловості і підходить навіть для складних умов.

Переваги:

- стандартний прилад для переробних галузей промисловості;
- міцний і надійний;
- надійність вимірювань в складних умовах: високі температури (від 180 °C / 356 °F) і низька електропровідність (рідини від 1 мкСм, вода від 20 мкСм);

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- швидка і проста установка і робота приладу;
- хімічно стійкий до алкалинових розчинів і кислот.

Приклади застосування:

- Для чистих рідин;
- Для шламів і паст з високим вмістом твердих частинок;
- Для абразивних і агресивних продуктів;

Тип: повнопрохідний, двонаправлений, електромагнітний;

Вихідні сигнали: частотно-імпульсний | 4-20 мА | HART | Profibus | Foundation Fieldbus.

Живлення: 12В пост. струму 24В пост. струму 220В змін. струму.

Пиловологозахист: IP68.

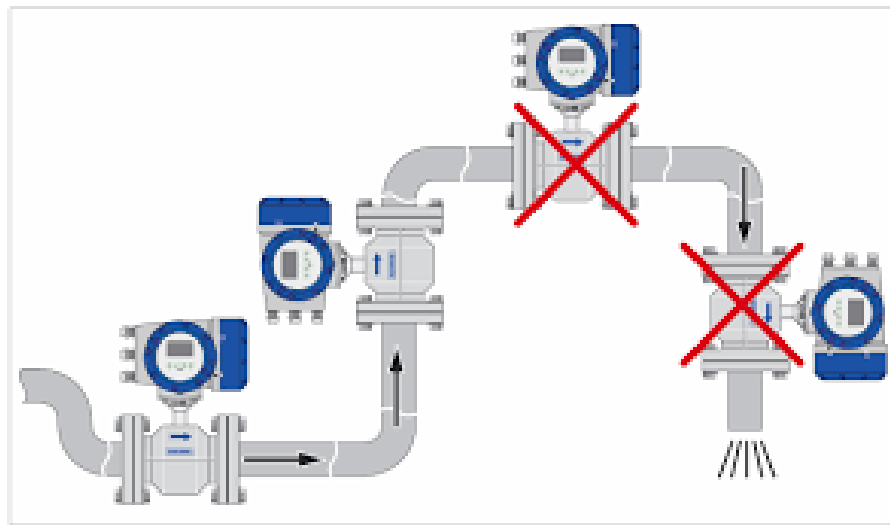


Рисунок 2.9 – Монтаж електромагнітного витратоміра OPTIFLUX 4000

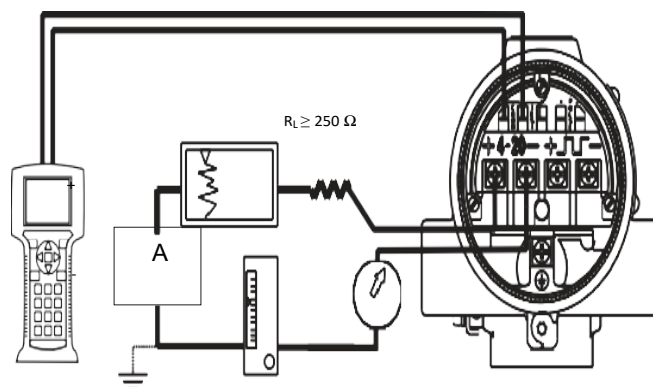


Рисунок 2.10 – Підключення проводки 4-20 мА.

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

Measuring system

Measuring principle	Faraday's law
Application range	Electrically conductive fluids
Measured value	
Primary measured value	Flow velocity
Secondary measured value	Volume flow

Design

Features	Fully welded maintenance-free flow sensor
	Flange version with full bore flow sensor
	Standard as well as higher pressure ratings
	Broad range of nominal sizes
	Industry specific insertion lengths
Modular construction	The measurement system consists of a flow sensor and a signal converter. It is available as compact and as remote version.
Compact version	With signal converter IFC 050: OPTIFLUX 4050 C
	With signal converter IFC 100: OPTIFLUX 4100 C
	With signal converter IFC 300: OPTIFLUX 4300 C
	With signal converter IFC 400: OPTIFLUX 4400 C
Remote version	In wall (W) mount version with signal converter IFC 050: OPTIFLUX 4050 W
	In wall (W) mount version with signal converter IFC 100: OPTIFLUX 4100 W
	In field (F), wall (W) or rack (R) mount version with signal converter IFC 300: OPTIFLUX 4300 F, W or R
	In field (F) mount version with signal converter IFC 400: OPTIFLUX 4400 F
Nominal diameter	With signal converter IFC 050: DN2.5...1200 / 1/10...48"
	With signal converter IFC 100: DN2.5...1200 / 1/10...48"
	With signal converter IFC 300 / IFC 400: DN2.5...3000 / 1/10...120"

Рисунок 2.11 – Технічні характеристики-вимірювальна система і конструктивні особливості

Вимірювання рівня борошна, цукру.

Мікрохвильовий рівнемір Micropilot M FMR 230 (рис.2.12) використовується для вимірювання рівня за безконтактною схемою. У приладі використовується 2 -х провідна технологія 4...20 mA, яка спрощує інтеграцію в існуючі системи і дозволила знизити вартість самого приладу. Технічні можливості приладу дозволяють презентувати його як альтернативу рівнемірів по перепаду тиску, поплавковим і механічним системам. Прилад має в комплектації велику рупорних антену, що дозволяє його використовувати в буферних і технологічних ємностях [2].

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

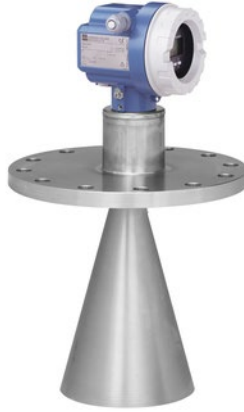


Рисунок 2.12 – Мікрохвильовий рівнемір Micropilot M FMR 230

Технічні характеристики:

Діапазон вимірювання: до 70м залежно від монтажу, вимірюваного продукту, стану поверхні продукту, робочих умов та розміру антени.

-вихід: 4...20мА з HART.

-вимірювальний цикл: 1 с.

-робоча температура: -40°С...+200°С.

-тиск: вакуум... 16 бар.

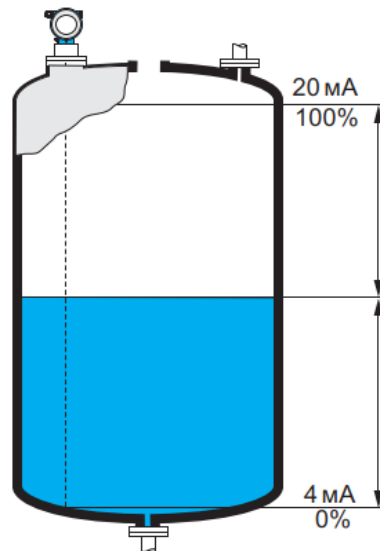


Рисунок 2.13 – Монтаж рівнеміра Micropilot M FMR 230

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

28

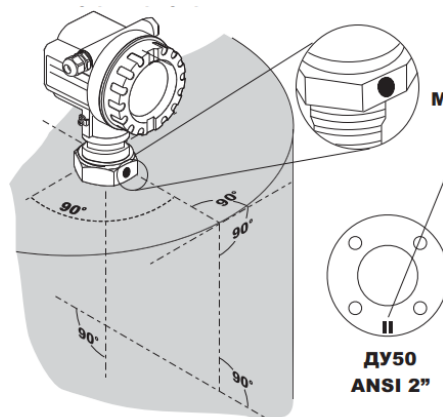


Рисунок 2.14 – Монтаж рівнеміра на резервуарі

Вимірювання вологості тіста.

Мікрохвильовий вимірювач вологості M-Sens 2 (рис.2.15) використовується для безперервного вимірювання вологості сипучих матеріалів будь-якого виду. Він ідеально підходить для стрічкових конвеєрів, шнекових живильників, бункерів, мішалок, сушок. При цьому важливо, щоб датчик завжди стикався з вимірюваним середовищем. Вологомір M-Sens 2 стійкий до ударного, абразивного впливу, а також надлишкового тиску. Все це завдяки високоміцному керамічному диску гарантується, який захищає вікно сенсора.



Рисунок 2.15 –Вимірювач вологості M-Sens 2

Вимірювання напруженості високочастотного поля і пряма цифрова обробка сигналу лежать в основі роботи M-Sens 2. Це гарантує високу ступінь дозволу.

Система вимірювання вологості складається з наступних компонентів:

- приварний фланець;

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- від 1 до 3 сенсорів, кожен із 2-метровим з'єднувальним кабелем;
- модуль обробки ММЕ 100 чи ММЕ 300 (для 2 і 3 сенсорів).

Модуль обробки з'єднується із сенсором за допомогою 4-жильного екранованого кабелю. Максимальна відстань між сенсором і модулем обробки 300м.

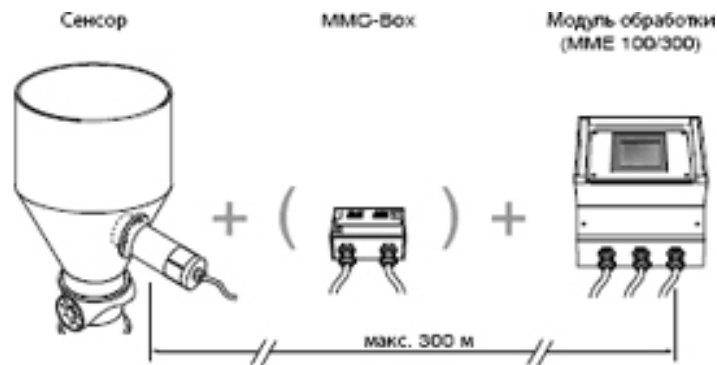


Рисунок 2.16 – Вимірювальна система вимірювача вологості M-Sens 2

Технічні дані:

Сенсор:

Корпус	нерж. сталь 1.4571
Покриття датчика	Керамічне
Застосування у вибухонебезпечних зонах	Zone 22 (dust), zone 2 (gas)
Категорія захисту	IP 67 згідно з EN 60529
Робоча температура	0...+80 °C
Робочий тиск	Макс. 10 бар
Потужність, що споживається	0,6 Вт
Час відклику	0,1 сек.
Вага	Близько 1000 гр
Діапазон вимірювань	0...85% залишкової вологості
Похибка	0,1% абсолютна в відкаліброваному діапазоні
З'єднувальний кабель	екранований, 4-провідний, 0,25мм ²

Модуль обробки:

Напруга живлення	110/230 VAC (50 Гц) / 24 VDC
Споживана потужність	20 Вт / 24В
Струм	Макс. 1А / 24В
Категорія захисту	IP65 у відповід. з EN 60529/10.91
Робоча температура	-10...+45 °С
Габарити	258x237x174 мм (ШxВxГ)
Вага	Близько 2,5 кг
Інтерфейс	RS232, RS485

Клапан регулюючий з електроприводом EV25G.

В якості регулюючого клапана в кваліфікаційній роботі вибраний клапан регулюючий з електроприводом EV25G (рисунок 2.17).



Рисунок 2.17–Клапан регулюючий з електроприводом EV25G.

V25 - односідельний, двоходовий прямохідний регулюючий клапан. Клапан V25 спеціально спроектований для точного регулювання будь-яких технологічних процесів. Широке коло застосування дозволяє використовувати його для більшості технологічних середовищ, таких як холодна та перегріта вода, водяна пара, повітря та інші неагресивні рідини та газу. Поставляється у зборі з електроприводом тип EL або пневмоприводом PA тип.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ.

-Односідельний, двоходовий, нормально закритий або нормально відкритий клапан.

-Переустановка приводу не вимагає демонтажу клапана із трубопроводу.

-Ущільнення по сідлу метал по металу, якщо не обумовлено інше.

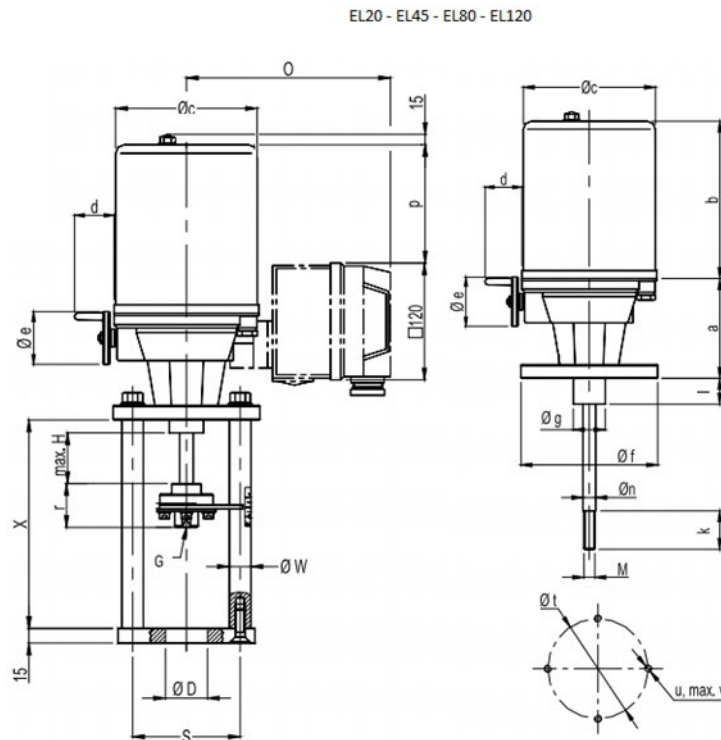


Рисунок 2.18—Габаритні розміри клапана регулюючого з електроприводом EV25G.

Перетворювач частоти Altivar.

Серед багатьох електроприводів особливо виділяються нерегульовані приводи з асинхронними двигунами. Такі електродвигуни встановлюються в системах кондиціювання, тепло-, водопостачання, компресорних установках та інших галузях. Більшість часу вони працюють на знижених частотах обертання, тим самим даючи слабке навантаження на підшипники, фундаменти механізмів електродвигунів, як наслідок, збільшуючи міжремонтний період.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коли в такому ланцюзі встановлюється частотний перетворювач, запуск двигуна здійснюється через нього. Частотний перетворювач дозволяє плавно запуснути двигун без пускових ударів, це знижує навантаження на механізми, тим самим збільшуючи термін експлуатації.

Серед них значне місце займає сімейство перетворювачів Altivar компанії Schneider Electric, що випускаються в різних модифікаціях на потужності двигунів від 0,18 до 630 кВт і призначених для широкого класу механізмів загальнопромислового і спеціального застосування.



Рисунок.2.19 – Зовнішній вигляд перетворювача частоти Altivar 31

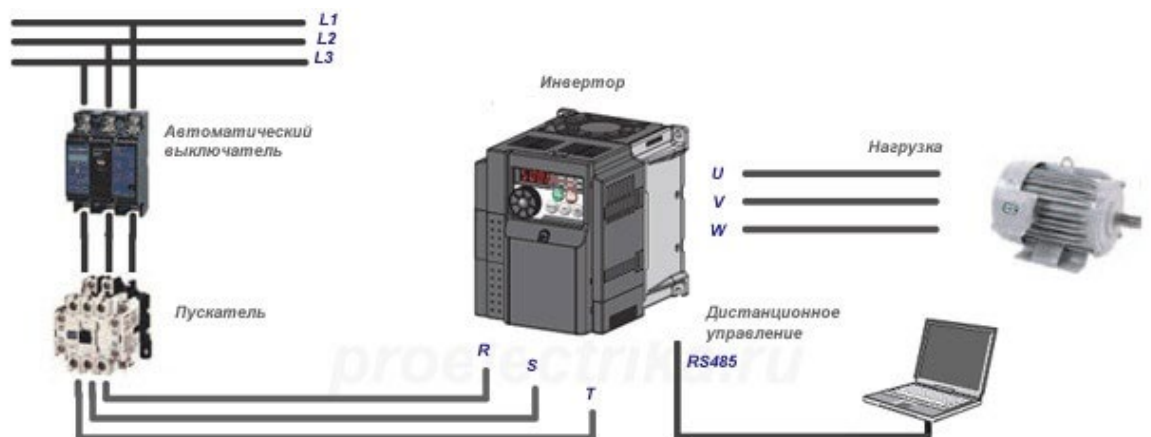


Рисунок 2.20 – Приклад підключення перетворювача частоти Altivar31 до двигуна

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Схема автоматизації.

У запропонованій системі автоматизації реалізовані наступні контури контролю та регулювання:

- контроль наявності полум'я в печі;
- контроль та регулювання температури в печі;
- контроль та реєстрація витрати газу;
- контроль та регулювання CO₂ в печі;
- контроль та регулювання рівня борошна в бункері;
- контроль та регулювання рівня цукру в бункері;
- контроль та регулювання рівня в тістомісі;
- контроль та регулювання рівня начинки у відділенні намазки;
- контроль та регулювання температури в охолоджуючій шафі;
- регулювання різки вафель.

Контроль за температурою води, тіста, газу, температури по зонам печі відбувається за допомогою датчика температури STT 830 (поз.1а...7а), з уніфікованим вихідним сигналом, який надходить до вхідного аналогового модуля TSX AEZ 802 контролера Modicon TSX Micro, де обробляється програмою.

Регулювання процесу охолодження вафель на охолодній машині здійснюється по температурі води, що відходить, за допомогою регулятора прямої дії, що впливає на подачу холодної води в машину. Датчиком температури служить STT 830 з уніфікованим вихідним сигналом (поз.16а). Уніфікований сигнал 4-20 мА, що поступає на вхідний модуль контролера контролера. Він дає змогу регулювати температуру за ПІ-законом. При збільшенні температури сигнал з вихідного аналогового модуля TSX ASZ 401 керуючий сигнал надходить на клапан регулюючий з електроприводом EV25G (поз. 16б), який керує клапаном на трубопроводі холодної води в охолоджувач.

По вмісту CO₂ в печі і розрідженню регулюється оберти димососа.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загазованість міряється датчиком ДАХ-М (поз.10а), далі сигнал надходить на блок живлення та сигналізації БПС (поз.10б), розрідження датчиком STG-94L (поз.8а), вихідні сигнали поступають на вхідний аналоговий модуль контролера, після обробки програмою сигнал (4...20мА) задатчика поступає з вихідного аналогового модуля контролера, він за допомогою частотного перетворювача Altivar 71 (поз.10в) керує двигуном витяжного вентилятора, який викачує повітря з печі, тим самим очищує склад повітря в печі.

Регулювання тисків палива і повітря необхідно підтримувати постійним для економічного згорання палива у топці котла. Це відбувається за допомогою інтелектуальних датчиків тиску STG-94L (поз.2а, 9а). Далі уніфіковані сигнали 4-20 мА надходять до вхідного аналогового модуля контролера Modicon TSX Micro, після чого МПК програмно реалізує ПІ-регулятор і видає сигнал на вихідний модуль. З нього через аналоговий вихідний модуль контролера надходить на клапан регулюючий з електроприводом EV25G (поз.2б), який регулює подачу палива до топки. І також вихідний сигнал надходить на частотник Altivar 71 (поз.9б), який керує відкриттям жалюзей дугтевого вентилятора.

Регулювання кількості начинки до відділення намазки відбувається за допомогою електромагнітного витратоміра OPTIFLUX 4000 (11а), уніфікований сингал з якого надходить до вхідного аналогового модуля контролера Modicon TSX Micro.

Регулювання заповнення бункера борошном відбувається мікрохвильовим рівнеміром Micropilot M FMR 230 (поз.12а), аналоговий сигнал з якого надходить на модуль TSX AEZ 802. При досягненні максимального рівня в бункері, контролер з вихідного модуля TSX ASZ 401 сигнал надходить на клапан регулюючий з електроприводом EV25G (поз. 12б), який розташований на трубопроводі борошна до бункера.Аналогічно відбувається регулювання заповнення бункера цукром.

Наповнення тістоміса борошном також регулюється мікрохвильовим

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рівнеміром Micropilot M FMR 230 (поз.13а), сигнал з якого знаходить на вхідний модуль TSX AEZ 802. При мінімальному рівні в тістомісі, контролер з модуля TSX ASZ 400 видає сигнал на клапан регулюючий з електроприводом EV25G (поз.13б), що відкриває клапан подачі борошна в тістомісі.

Регулювання рівня начинки у відділенні намазки відбувається за допомогою інтелектуальних рівнемірів Micropilot M FMR230 (поз. 19а, 20а), сигнали (4...20мА) з датчиків, з контролера з вихідного модуля TSX ASZ 401 сигнал надходить на клапани регулюючі з електроприводом EV25G (поз.19б,20б) які встановлені на трубопроводах подачі начинки, з турбоміксерів.

В проєкті контроль за наявністю полум'я здійснює датчик наявності полум'я D-LX-200 (поз. 1а), сигнал подається на мікропроцесорний контролер Modicon TSX Micro. При погасанні горілки контролер видає дискретний сигнал, який діє на відсічний клапан VAS..N (поз. 1б), що при погасанні факела відразу перекриває подачу газу до печі.

Контроль наявності вафельних листів на відділенні різки відбувається за допомогою оптичних датчиків ВИКО-Б33-М12 (поз. 17а, 18а). сигнал з яких йде на контролер, з контролера на ЕОМ і відображається на таблі оператора.

Вологість тіста повинна бути в межах 58-65 %, що сприяє покриттю часточок борошна товстим гідратними оболонками і вільному, без злипання, їх переміщенню в рідкій фазі при механічній обробці. Температура сировини в процесі замісу впливає на швидкість набрякання колоїдів борошна й на в'язкість тесту, що утворювався. При замісі вафельного тіста вона не повинна перевищувати 20 °С. Контроль за вологістю тіста здійснює поточний вимірювач вологості M-Sens 2 (поз.15а). Аналогові сигнали з якого надходить на модуль обробки ММЕ 100 (поз.15б), далі уніфіковані сигнали подаються на аналоговий вхідний модуль контролера. Живлення приладів автоматизації здійснюється за допомогою блоків живлення Метран-604.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Специфікація засобів автоматизації.

Таблиця 2.1 Специфікація засобів автоматизації

№ п/п	Номер позиції за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниця виміру	Кількість	Примітка
1	2	3	4	5	6	7
1	3а...7а, 16а	Інтелектуальний датчик температури з Pt 100 сенсором у комплекті . Межа виміру -200...+450°C. Вихідний сигнал 4...20 мА	STT-830	шт.	6	Honeywell
2	2а,8а, 9а	Інтелектуальний датчик надлишкового тиску. Верхня межа вимірювання 4,0 МПа. Вихідний сигнал 4...20мА.	STG-94L	шт.	3	Honeywell
3	2б,6в, 12б, 13б, 14б, 16б, 19б. 20б	Клапан регулюючий з електроприводом	EV25G	шт	8	ТОВ «Прима Трейдинг»
4	12а... 14а, 19а,20а	Радарний рівнемір. Межа вимірювання 0-40м. Вих. сигнал 4...20 мА/HART. Похибка вимірювання ± 3 мм	Micropilot М FMR230	шт	5	Endress+ Hauser
5	1а	Датчик наявності полум'я. Допустимий діапазон температури навколишнього середовища від -40°C до +85°C. Вих. сигнал 4...20	D-LX-200	шт.	1	ООО "ППМ-Системс"
6	1б	Клапан електромагнітний	VAS..N	шт	1	м. Пемза ЗАО «ПЗТА»
7	10а	Датчик загазованості. Вихідний сигнал 4-20 мА	ДАХ-М	шт	1	м Харків НВП «Оріон»
8	10б	Блок живлення та сигналізації. Поріг 20% НКПР. Вих. сигнал 4...20 мА. Діапазон вимірювань 0...50% НКПР	БСП-21М	шт.	1	м Харків НВП «Оріон»

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7
9	11a	Електромагнітний датчик витрати. Ду100мм. Межа виміру 0...100м ³ /год. Двохпровідна схема з'єднань. Вихідний сигнал 4...20 мА	OPTIF LUX 4000	шт.	1	KROHNE
10	15a	Мікрохвильовий вимірювач вологості. Покриття датчика керамічне. Потужність, що споживається 0,6 Вт. Діапазон вимірювань 0...85% залишкової вологості. Похибка абсолютна 0,1%.	M-Sens 2	шт.	1	SWR engineering
11	15б	Модуль обробки. Напруга живлення 110/230 VAC (50Гц). Вихідний сигнал 4...20 мА	MME 100	шт.	1	SWR engineering
12	17a, 18a	Бар'єрний оптичний датчик. Діапазон вимірювання 0 – 3 м	ВИКО-Б33-М12	шт.	2	м. Санкт-Петербург ЗАТ «Меандр»
13	9б,10в	Частотний перетворювач. Вихідний сигнал 4-20 мА.	Altivar 71	шт.	2	Altivar
14		Блок живлення. Кількість каналів – 4.	Метран-604	шт.	2	м. Челябінськ ПГ «Метран»
16	3б...7б, 16б	Перетворювач вимірювальний. Вихідний сигнал 4...20 мА.	ИТМ-110	шт.	6	Мікрол

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Модулі, що використані для ПЛК Modicon TSX MICRO вказані в таблиці

3.1:

Таблиця 3.1 Замовна специфікація

Модулі вводу/виводу		Примітка
Найменування	Кількість	
TSX Micro 3722	1	Мікропроцесорний контролер середньої каналності
TSX AEZ 802	3	Модуль аналогових входів, 8 каналів,
TSX ASZ401	3	Модуль аналогових виходів, 4 виходи
TSX DMZ 28DR	1	Модуль дискретних входів-виходів
TBX SUP A05	1	Блок живлення

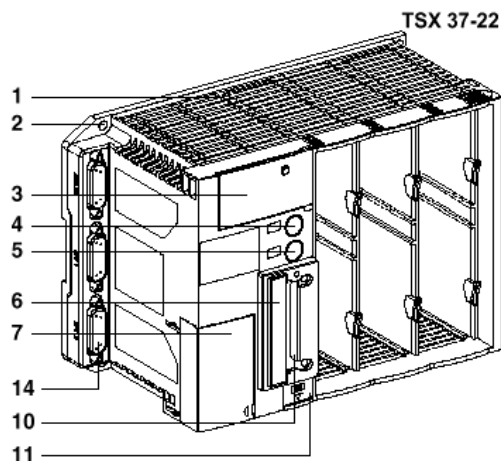


Рисунок 3. 2 - Загальний вигляд TSX 37-22

Загальний вигляд TSX 37-22 поданий на рисунках 3.1.2.

TSX 37-22 складається з:

1 –шасі з трьома слотами для модулів, вмонтоване джерело живлення, процесор з його пам'яттю.

2 - монтажні отвори ПЛК. 3 - дисплейний блок.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 - термінальний порт TER.

5 - порт для під'єднання людино-машинного інтерфейсу.

6 - слот для карти розширення пам'яті. Якщо карта не встановлена, цей слот закривається кришкою, яка не повинна зніматися. Її зняття викликає зупинку ПЛК.

7 - кришка для доступу до контактів джерела живлення. 8 - ярлик, що заповнюється при зміні батарейки.

9 - контакти джерела живлення.

10 - слот для комунікаційної карти.

11 - кришка для доступу до додаткової батареї і перемикача захисту операційної системи.

12 - з'єднувач для під'єднання міні-шасі, звичайно закритий кришкою, що знімається.

13 - пристрій для монтажу на DIN рейці.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

Розроблена принципова електрична схема автоматичного регулювання, управління, сигналізації та захисту зображена на 2-му аркуші графічної частини кваліфікаційної роботи. Вона базується на мікропроцесорному контролері TSX Micro.

Аналогові входи .

В данній кваліфікаційній роботі використовуються датчики та перетворювачі з вихідним уніфікованим струмовим сигналом 4...20 мА. Зовнішні аналогові сигнали 4...20 мА послідовно проходять клемну колодку (КК) аналогово-цифровий перетворювач TSX AEZ 802. Кожний аналоговий вхід на клемній колодці займає дві клеми. На TSX AEZ 802 електричні зв'язки закінчуються і подальший шлях проходження сигналу визначається програмно.

Дискретні входи.

Для вводу дискретних сигналів використовується модуль TSX DEZ 32D2.

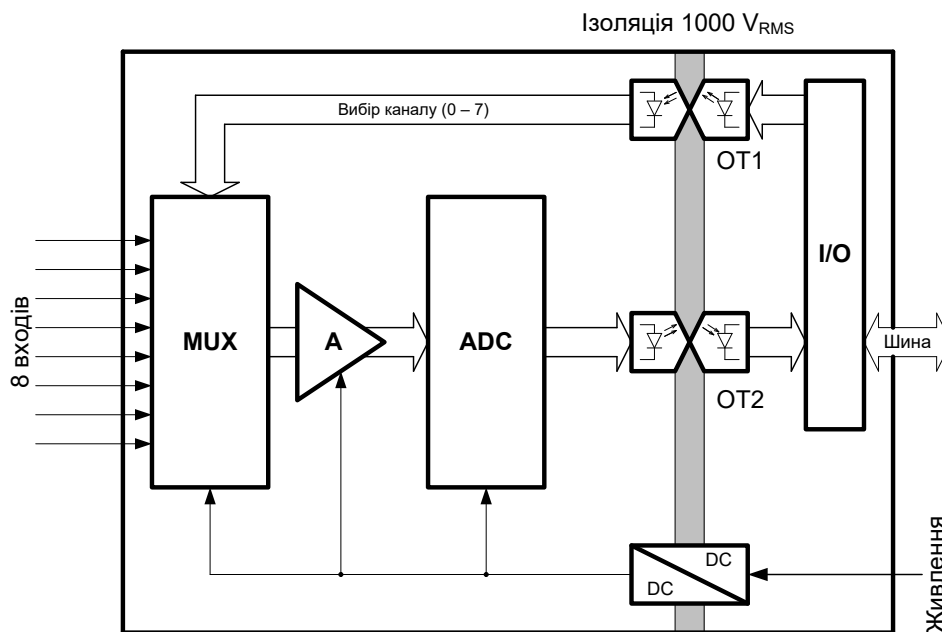


Рисунок 3.3 - Функціональна схема модуля аналогових входів TSX AEZ 802

3.3 Розширені схеми підключення до окремого контуру.

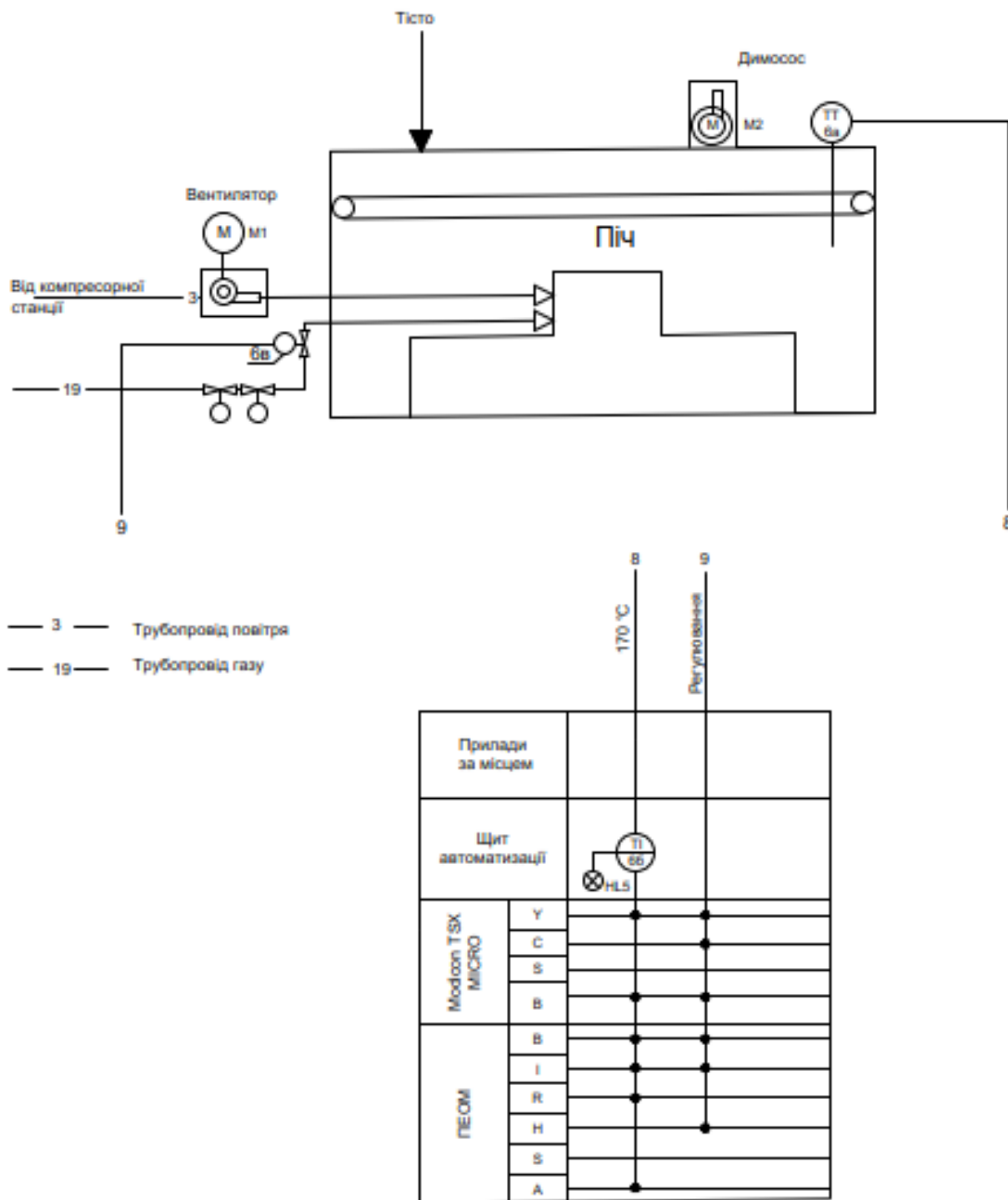


Рисунок 3.4 Функціональна схема автоматизації контуру регулювання витрата повітря до охолоджувальної установки.

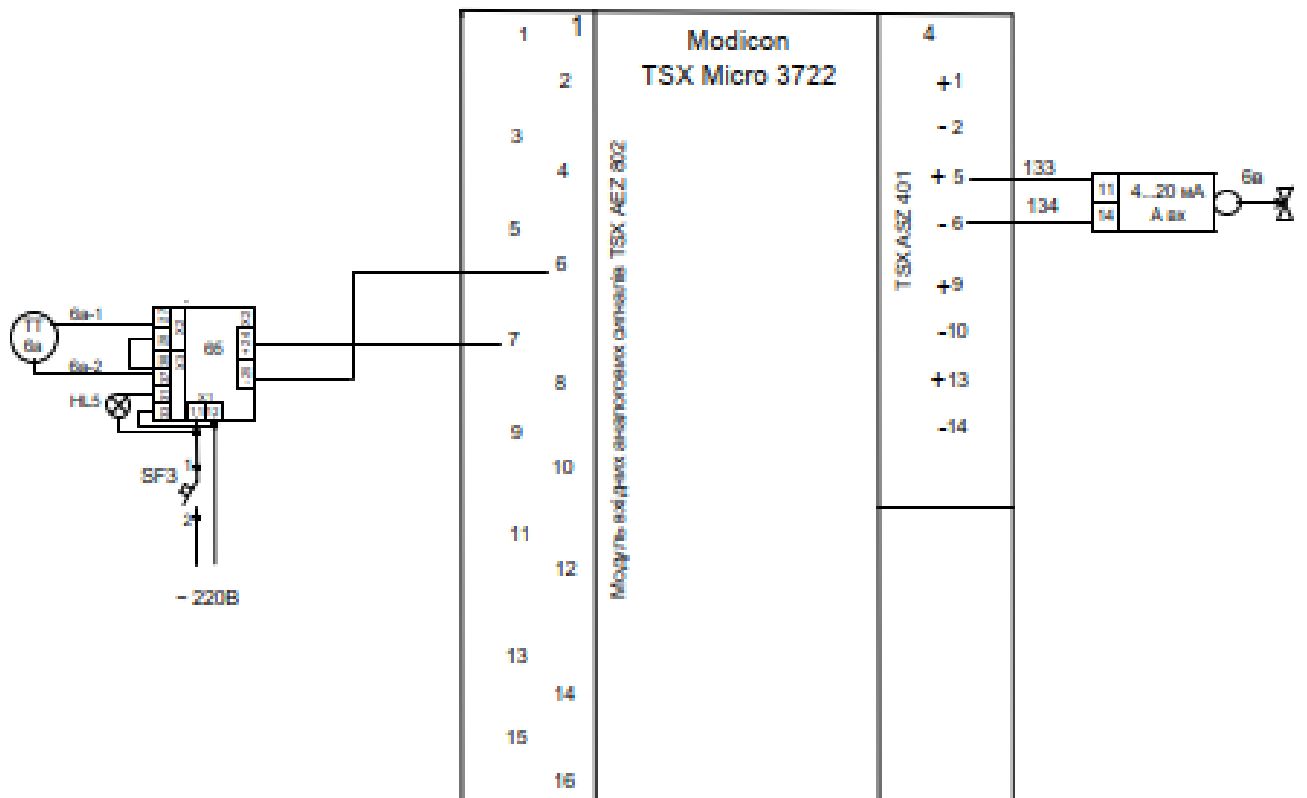


Рисунок 3.5 –Розширена схема підключення датчика температури та регулюючого клапана до модулів ПЛК TSX Micro 3722

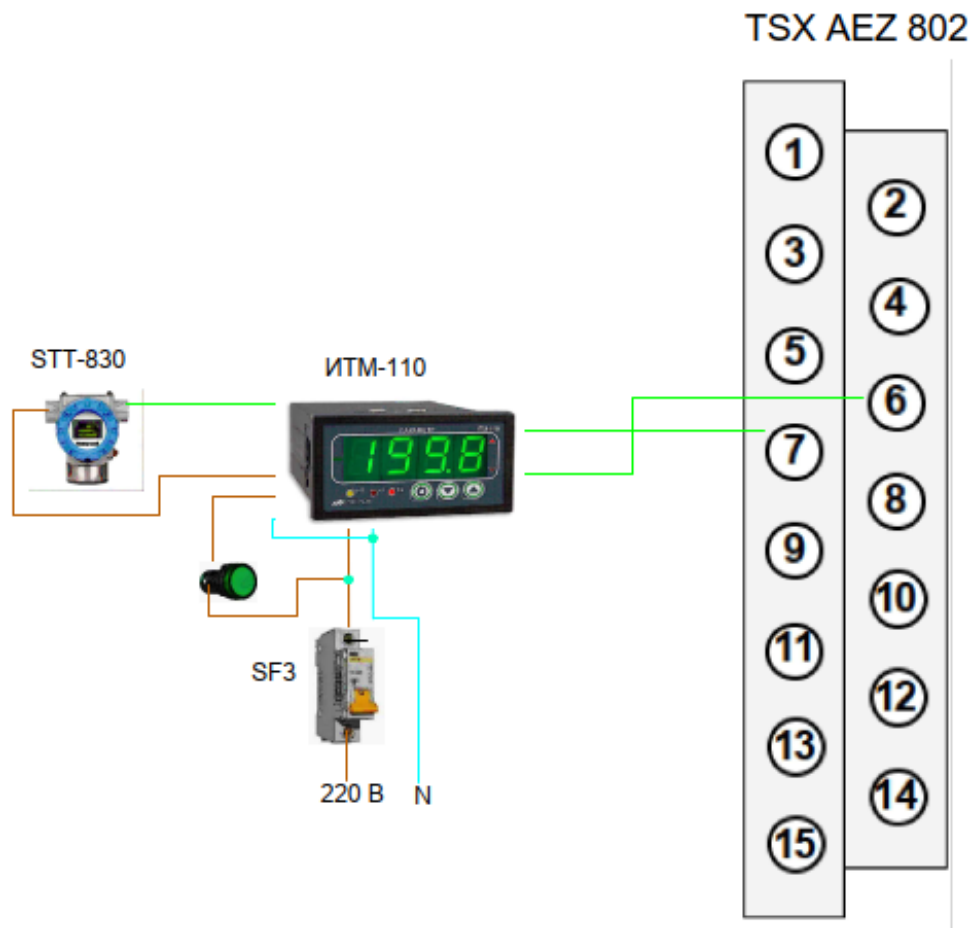


Рисунок 3.6 –Графічна схема підключення STT-830 до TSX AEZ 802

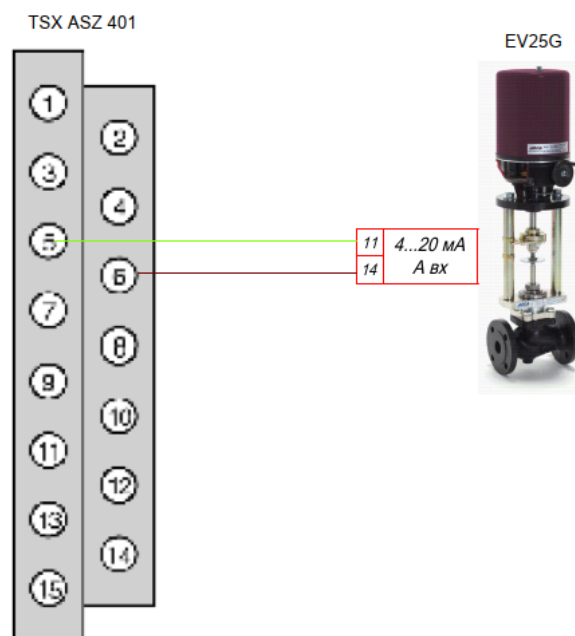


Рисунок 3.7 –Графічна схема підключення до TSX ASZ 401

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів

Мікрохвильовий рівнемір Micropilot M FMR 230

Інтелектуальний перетворювач використовується для вимірювання рівня за безконтактною схемою. У приладі використовується 2 -х провідна технологія 4...20 mA, яка спрощує інтеграцію в існуючі системи і дозволила знизити вартість самого приладу. Технічні можливості приладу дозволяють презентувати його як альтернативу рівнемірів по перепаду тиску, поплавковим і механічним системам. Прилад має в комплектації велику рупорних антену, що дозволяє його використовувати в буферних і технологічних ємностях [2] .

Micropilot M FMR 230 дозволяє вимірювати рівень рідин безперервно за безконтактною схемою. На перебіг процесу вимірювання не впливають температура, тиск, наявність парів і газів в резервуарі. Micropilot M FMR 230 спроектований для вимірювання рівня в буферних і технологічних ємностях.



Рисунок 4.1 – Мікрохвильовий рівнемір Micropilot M FMR 230

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Буг В.О.			Розробка системи автоматизації лінії виробництва вафель	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Барилюк О.В.					46	4
Зав. кафедр		Смітюх Я.В.			НУХТ ЗАВ-3-1-2024			
Секр. ЕК		Крупська						

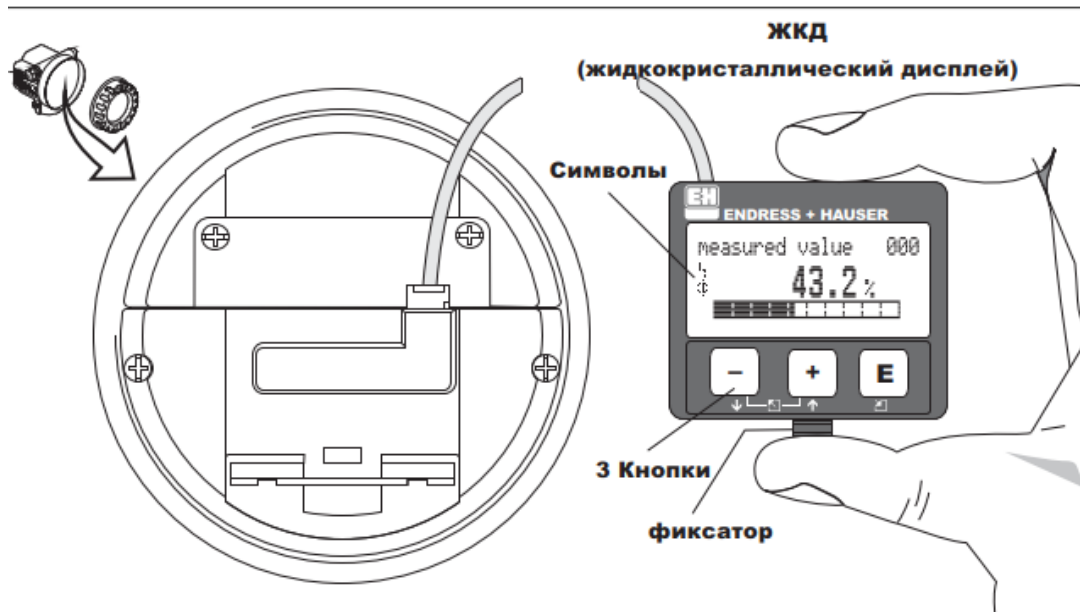


Рисунок 4.2 – Структура дисплея та органів управління

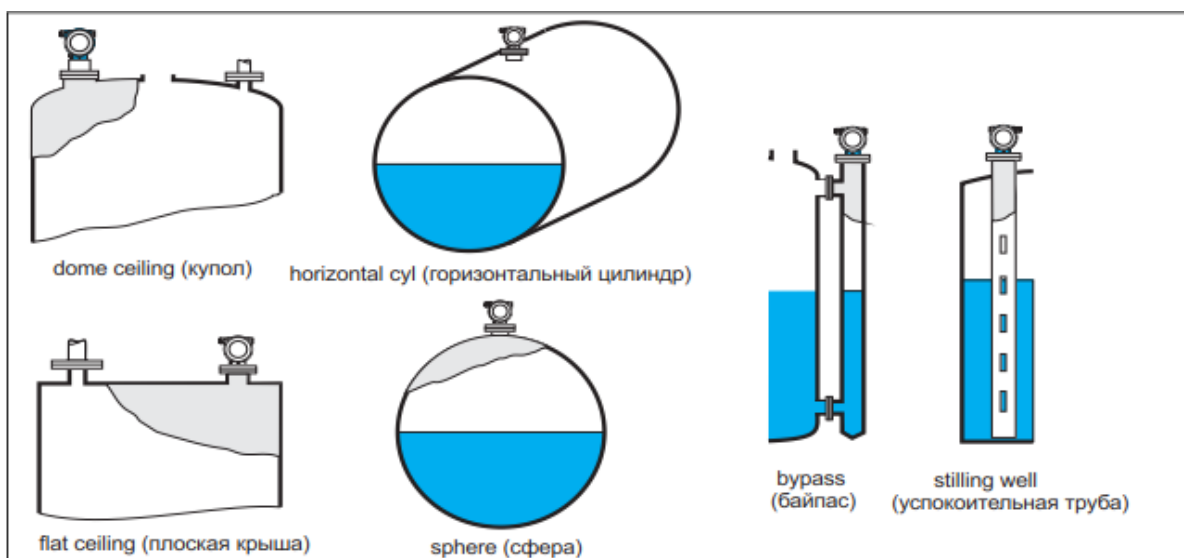


Рисунок 4.3 – Варіанти монтажу рівнеміра Micropilot M FMR 230

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

30	Тип антенны, уплотнения, температура			
		Тип	Уплотнение	Диапазон температур
	V	Стандартный	Витон/FRM	-20 °C...200 °C / -4 °F...+392 °F
	E	Стандартный	EPDM	-40 °C...150 °C / -40 °F...+302 °F
	K	Стандартный	Kalrez	0 °C...200 °C / 32 °F...+392 °F
	D	Стандартный	PTFE	-20 °C...200 °C / -4 °F...+392 °F
	S	Высокая тем-ра	Графит	-80 °C...400 °C / -76 °F...+752 °F
H	Антенна с ПКП	PTFE	-40 °C...200 °C / -40 °F...+392 °F	
Y	Специальный вариант			
40	Технологические соединения, материал			
		Диаметр фланца/ Диаметр	Стандарт	Материал
	CM2	Ду80 Ном. давл. 16	DIN 2526 Форма C	Нерж. сталь SS316Ti
	CM2	Ду80 Ном. давл. 40	DIN 2526 Форма C	Нерж. сталь SS316Ti
	CQ2	Ду100 Ном. давл. 16	DIN 2526 Форма C	Нерж. сталь SS316Ti
	CR2	Ду100 Ном. давл. 40	DIN 2526 Форма C	Нерж. сталь SS316Ti
	SW2	Ду150 Ном. давл. 16	DIN 2526 Форма C	Нерж. сталь SS316Ti
	CX2	Ду200 Ном. давл. 16	DIN 2526 Форма C	Нерж. сталь SS316Ti
	SE2	Ду250 Ном. давл. 16	DIN 2526 Форма C	Нерж. сталь SS316Ti
	EWT	Ду150 Ном. давл. 16	DIN 2526 Форма E	Сталь с ЛПЖ
	EXT	Ду200 Ном. давл. 16	DIN 2526 Форма E	Сталь с ЛПЖ
	CQ5	Ду100 Ном. давл. 16	DIN 2526 Форма C	Хастеллой C4 фаза
	SW5	Ду150 Ном. давл. 16	DIN 2526 Форма C	Хастеллой C4 фаза
	SE5	Ду250 Ном. давл. 16	DIN 2526 Форма C	Хастеллой C4 фаза
	AL2	3"/150 фунтов	ANSI B16.5	Нерж. сталь SS316Ti
	AM2	3"/300 фунтов	ANSI B16.5	Нерж. сталь SS316Ti
	AP2	4"/150 фунтов	ANSI B16.5	Нерж. сталь SS316Ti
	AQ2	4"/300 фунтов	ANSI B16.5	Нерж. сталь SS316Ti
	AV2	6"/150 фунтов	ANSI B16.5	Нерж. сталь SS316Ti
	A32	6"/150 фунтов	ANSI B16.5	Нерж. сталь SS316Ti
	A52	10"/150 фунтов	ANSI B16.5	Нерж. сталь SS316Ti
	AVT	6"/150 фунтов	ANSI B16.5	Сталь с ЛПЖ
	A3T	6"/150 фунтов	ANSI B16.5	Сталь с ЛПЖ
	AV5	6"/150 фунтов	ANSI B16.5	Хастеллой C4 фаза
	A35	6"/150 фунтов	ANSI B16.5	Хастеллой C4 фаза
	A55	10"/150 фунтов	ANSI B16.5	Хастеллой C4 фаза
KA2	10 K 80	JIS B2210	Нерж. сталь SS316Ti	
KH2	10 K 100	JIS B2210	Нерж. сталь SS316Ti	
KV2	10 K 150	JIS B2210	Нерж. сталь SS316Ti	
KD2	10 K 200	JIS B2210	Нерж. сталь SS316Ti	
KS2	10 K 250	JIS B2210	Нерж. сталь SS316Ti	
YY9	Специальный вариант			
50	Выходные сигналы и работа из меню			
	A	4...20 mA HART с VU 331 (4-строчный бук-цифр. дисплей)		
	B	4...20 mA HART		
	C	PROFIBUS-PA с VU 331 (4-строчный бук-цифр. дисплей)		
	D	PROFIBUS-PA		
	E	Foundation Fieldbus с VU 331 (4-строчн. бук-цифр. дисплей)		
F	Foundation Fieldbus			
Y	Специальный вариант			
60	Корпус			
	A	Алюминиевый корпус F12 с покрытием, IP65		
	C	Алюминиевый корпус T12 с отдельной распрд. коробкой, с покрытием, IP65		
Y	Специальный вариант			
70	Уплотнитель / Ввод			
	1	Pg13.5 кабельный уплотнитель		
	2	M20x1.5 кабельный уплотнитель		
	3	G S кабельный ввод		
	4	S NPT кабельный ввод		
	5	PROFIBUS-PA M12 вилка		
	6	Fieldbus Foundation 7/8" вилка		
	9	Специальный вариант		
	80	Дополнительные варианты		
A		Дополнительные варианты, невыбранные		
B	3.1.8 материал, свариваемые детали SS316Ti, IСертификат контроля EN 10204, согласно спецификации 52005759			
FMR 230-	Полное описание изделия			

Рисунок 4.4– Специфікація замовлення рівнеміра Micropilot M FMR 230

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

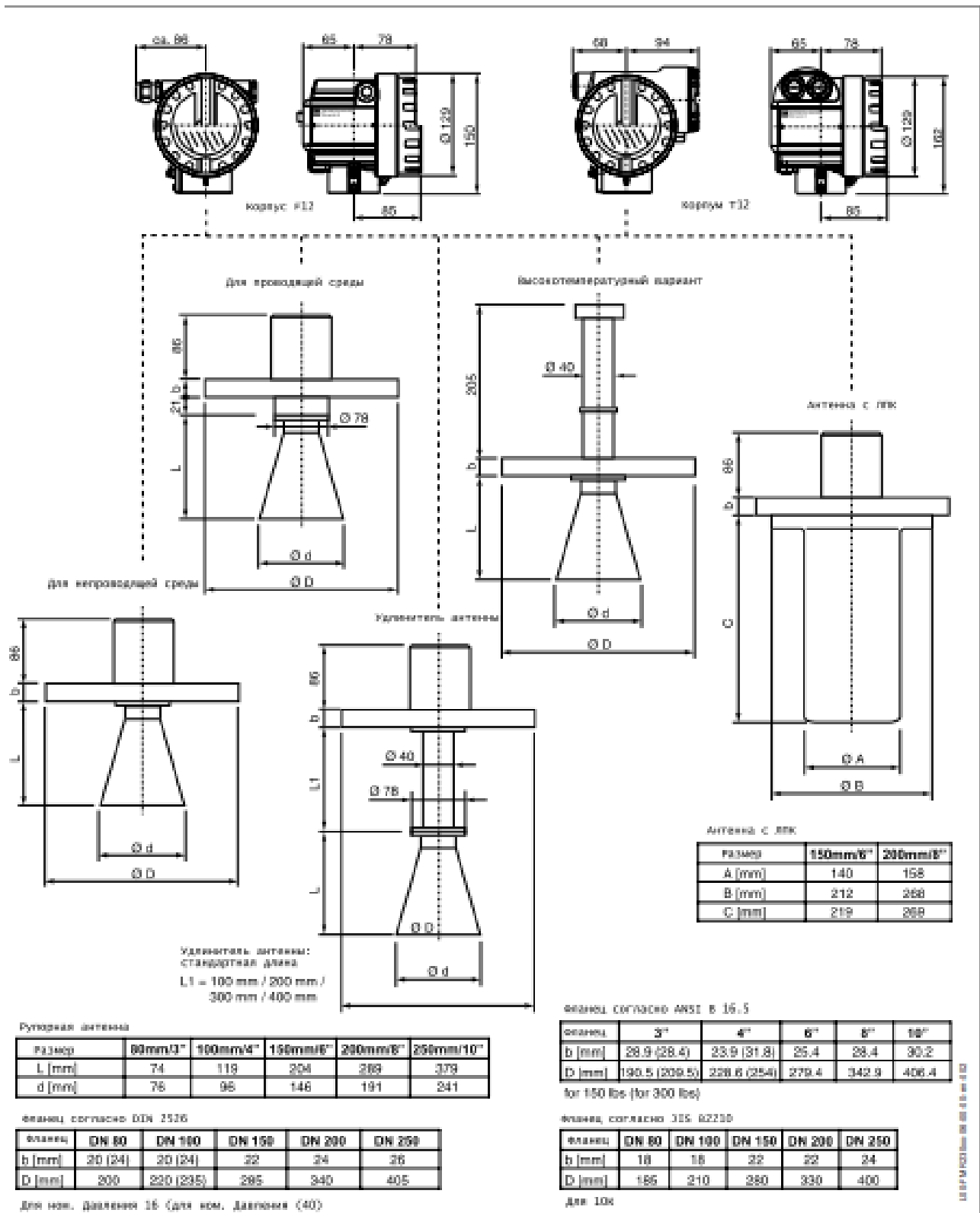
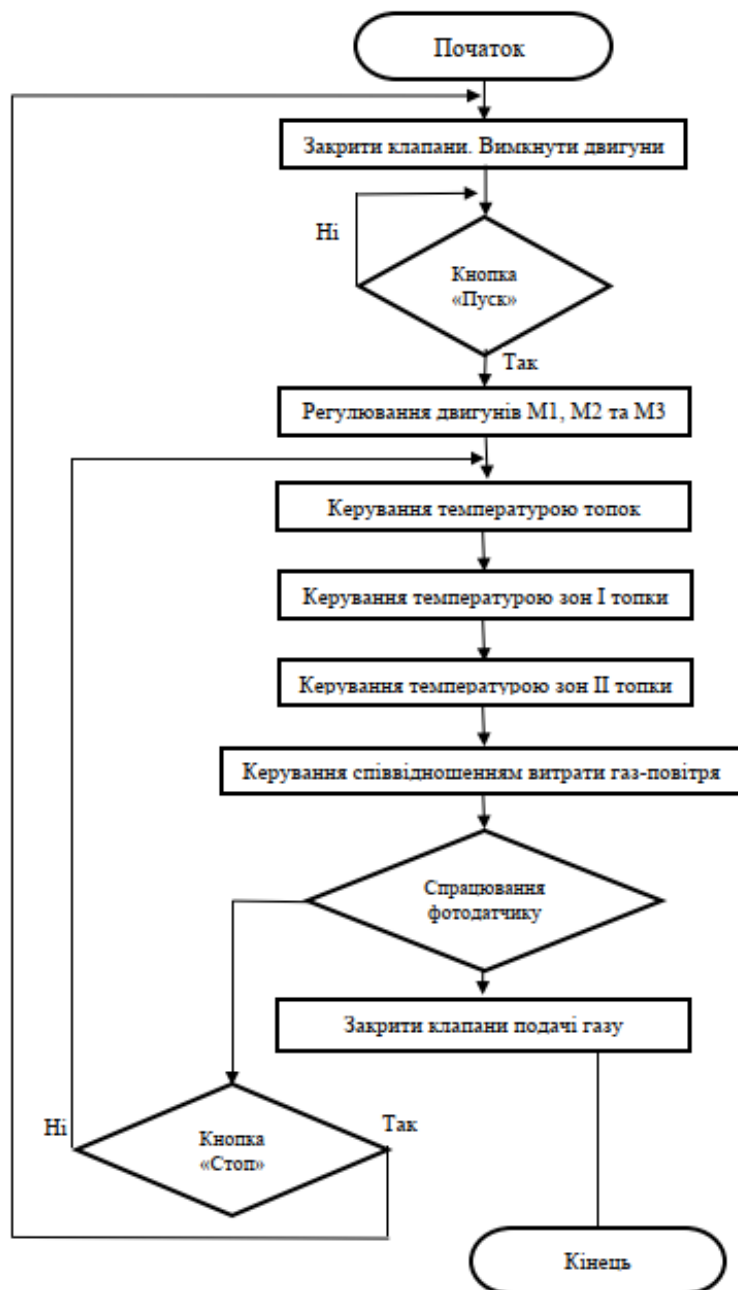


Рисунок 4.5– Габарити рівнеміра Micropilot M FMR 230

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

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

Алгоритм програми роботи печі для випікання вафельних листів



					Кваліфікаційна робота							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації лінії виробництва вафель			Літ.	Арк.	Аркушів		
Розроб.		Бут В.О.								50	9	
Перевірив		Барилюк О.В.						НУХТ ЗАВ-3-1-2024				
Зав. кафедр		Смітюх Я.В.										
Секр. ЕК		Крупська										

Програмно-математичне забезпечення автоматизованої системи для визначення регулювання флегмових чисел колон на базі програмованих логічних контролерів Modicon [9].

Програми, написані мовою Ladder Diagram (LD), складаються із серії блоків, які виконуються послідовно ПЛК.

Блок складається з ряду графічних елементів, обмежених ліворуч і праворуч шинами живлення.

Вони представляють:

- I/O ПЛК (кнопки, сенсори, реле, індикаторні лампи і т.д).
- Функції Standard Control System (таймери, лічильники і т.д).
- Арифметичні, логічні оператори і оператори дій.
- Внутрішні змінні ПЛК.

Графічні елементи взаємозв'язані горизонтальними і вертикальними зв'язками (рис. 5.1).

Кожний блок складається з максимум 7 рядків і 11 стовпців, що розділені на 2 зони (рис. 5.2):

- Зона тестування (Test Zone), що містить умови, необхідні для виконання дій.
- Зона дії (Action Zone), що містить дії, які будуть виконані відповідно до результатів виконання зони тестування.

Кожен блок може бути ідентифікований міткою і озаглавлений коментарями.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

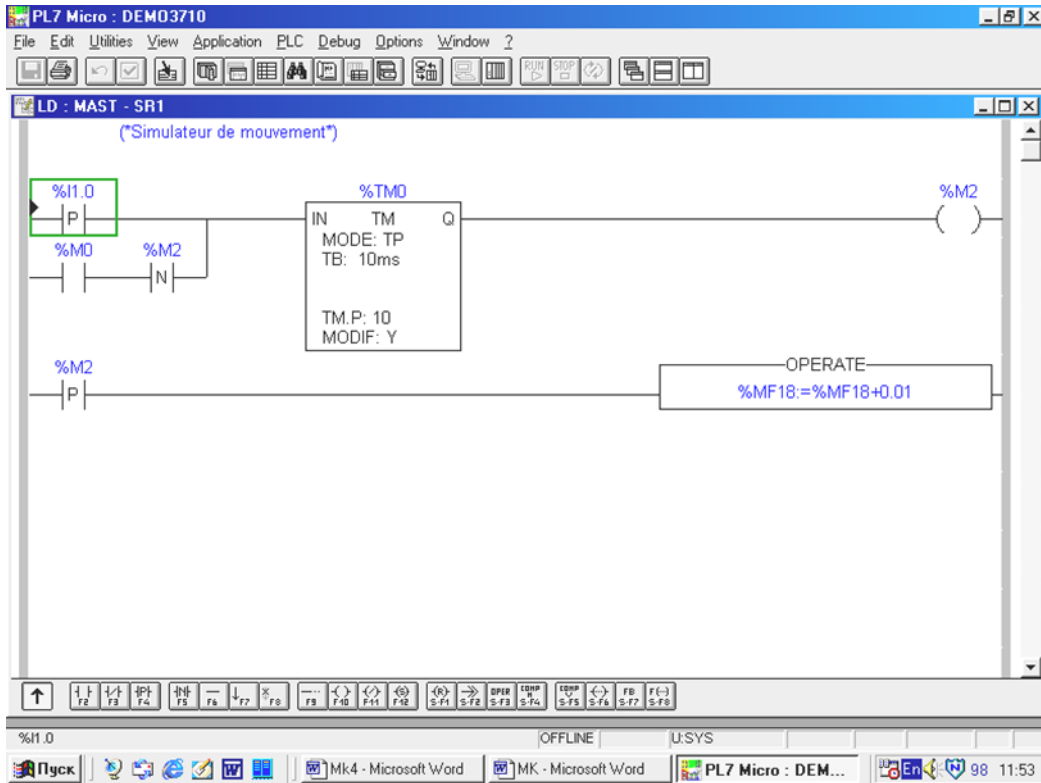


Рисунок 5.1 - Загальний вигляд програми на мові LD

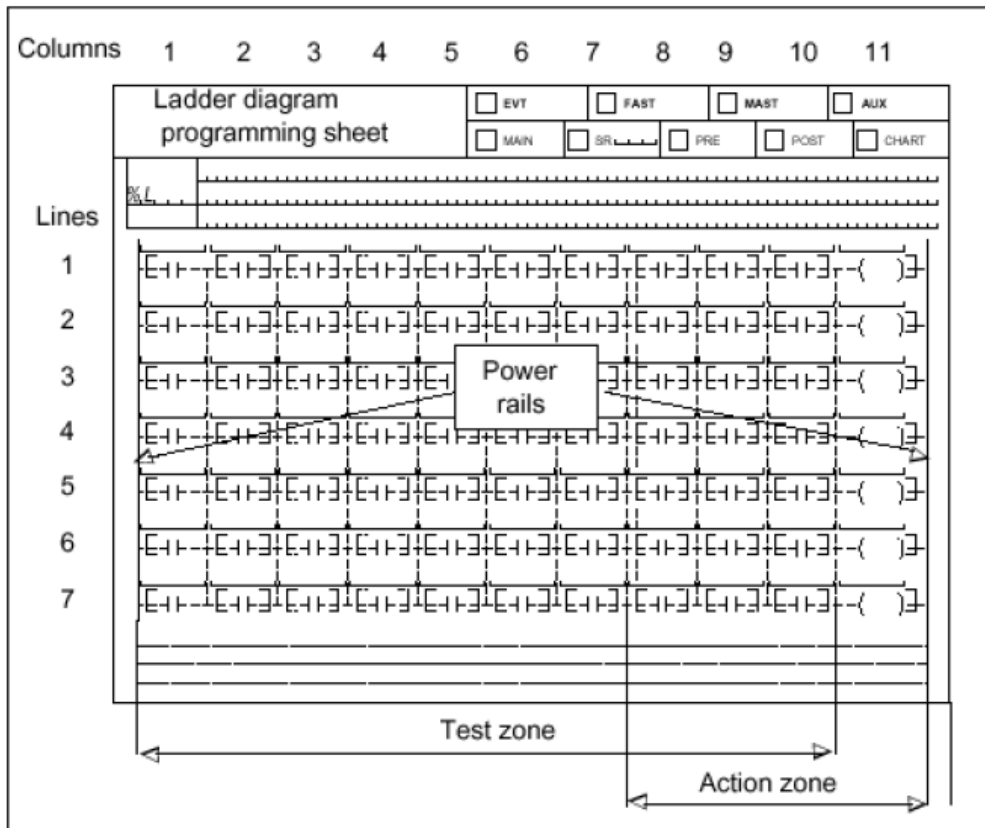


Рисунок 5.2 - Внутрішня структура блоку на мові LD

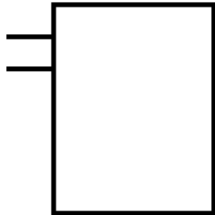
Графічні елементи

Основні елементи:

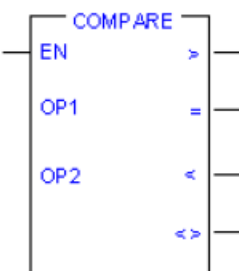

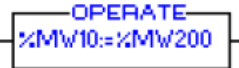
Основні елементи займають просту клітинку (висоту 1 рядка, ширину 1 стовпця).

Назва	Символ		Функція
Тестові елементи	Нормально відкритий контакт		Контакт закритий, коли біт контрольованого об'єкта = 1.
	Нормально закритий контакт		Контакт закритий, коли біт контрольованого об'єкта = 0.
	Контакти детектування фронту імпульсу		<u>Передній фронт</u> : контакт закритий, коли біт контрольованого об'єкта змінюється від 0 до 1.
			<u>Задній фронт</u> : контакт закритий, коли біт контрольованого об'єкта змінюється від 1 до 0.

Функціональні блоки:

Назва	Символ		Функція
Тестові елементи	<u>Блоки:</u> 1. Таймер 2. Лічильник 3. Одновібратор 4. Регістр 5. DRUM - контролер		Кожний з стандартних функціональних блоків використовує входи/виходи, які дозволяють їм бути зв'язаними з іншими графічними елементами.

Блоки операцій:

Назва	Символ		Функція
Тестові елементи	Вертикальний блок порівняння		Дозволяє порівняння двох операндів. В залежності від результату, відповідний вихід змінюється на 1 Розмір: 2 стовпці/4 рядки
	Горизонтальний блок порівняння		Дозволяє порівняння двох операндів. Вихід змінюється на 1, коли результат порівняння позитивний. (Блок може містити до 4096 характеристик). Розмір: 2 стовпці/1 рядок.
Елементи дій	Блок дій		Виконує арифметичні, логічні операції і т.д, і використовує синтаксис мови Structured Text. (Блок може містити до 4096 характеристик). Розмір: 4 стовпці/1 рядок.

Блоки.

Представлення блока подібно релейно-контактній схемі автоматики (рис.5.3)

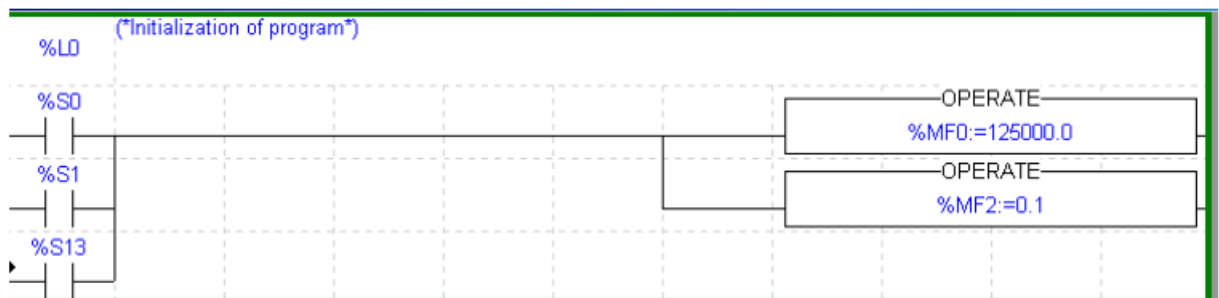


Рисунок 5.3 - Блок подібно релейно-контактній схемі автоматики

**Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора
технолога.**

6.1 Перелік вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI

Таблиця аналогових змінних

Ім'я змінної	Клас	Адреса	Налаштування						
			Період опитування	Перетворення		Аварійні межі			
				Контрольні одиниці	Фізичні одиниці	Аварійний min	Передаварійний min	Передаварійний max	Аварійний max
Температура води до тістоміса	зовнішня	%W4.0	1с	0-10000	0-100 (°C)	20	-	-	30
Температура газу	зовнішня	%W4.2	1с	0-10000	0-100 (°C)	20	-	-	30
Температура в I зоні печі	зовнішня	%W4.4	1с	0-10000	0-300 (°C)	280	-	-	300
Температура в II зоні печі.	зовнішня	%W4.6	1с	0-10000	0-200 (°C)	170	-	-	180
Температура начинки	зовнішня	%W4.8	1с	0-10000	0-100 (°C)	31	-	-	50
Температура в охол. установці	зовнішня	%W4.10	1с	0-10000	0-100 (°C)	18	-	-	20
Тиск газу	зовнішня	%W4.12	1с	0-10000	0-30 (кПа)	25	-	-	30
Тиск в печі	зовнішня	%W4.14	1с	0-10000	0-100 (кПа)	50			55
Тиск повітря	зовнішня	%W4.16	1с	0-10000	0-100 (кПа)	20	-	-	30

					Кваліфікаційна робота					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Бут В.О.				Розробка системи автоматизації лінії виробництва вафель				55	6
Перевірив	Барилук О.В.									
Зав. кафедр	Сітюх Я.В.							НУХТ ЗАВ-3-1-2024		
Секр. ЕК	Крупська									

6.2 Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.

Сучасна автоматизована система управління технологічного процесу (АСУ ТП) являє собою багаторівневу людину – машинну систему управління. Створення автоматизованої системи управління (АСУ) здійснюється з використанням автоматичних інформаційних систем збору та обробки даних, які постійно удосконалюються.

SCADA являє собою пакет програм, призначених для забезпечення роботи систем збору, обробки та архівування інформації в режимі реального часу.

Зазвичай SCADA є частиною автоматизованих систем управління технологічним процесом і використовується у всіх галузях, де необхідний операторський контроль виробничих процесів у реальному часі.

Управляти автоматизованими системами стало ще зручніше завдяки системі візуалізації SCADA. (SCADA з англійської - диспетчерське управління та збір даних). Можна сказати, що SCADA-система являється найбільш перспективним методом управління складними процесами, адже допомагає здійснювати ефективний контроль над автоматизованими системами в енергетиці, машинобудуванні, промисловості і т. п.

Перш ніж розпочати розповідь про переваги SCADA, варто зазначити які саме функції виконує дана система. До основних функцій відноситься:

- 1.Збір та зберігання інформації про об'єкт моніторингу.
- 2.Відтворення даних в графічному та цифровому вигляді.
- 3.Фіксування подій, що пов'язані з технологічним процесом.
- 4.Оповіщення про аварійні ситуації, пов'язані з технологічними процесами, що контролюється.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основне вікно - призначено для виведення загальних технологічних параметрів і аварій. В даному вікні відображена технологічна схема роботи САУР лінії виробництва вафель, основні параметри роботи системи і аварійні стани роботи установки. З цього вікна відбувається виклик інших вікон перегляду, а також вихід з програми. Вид вікна представлений на рис.6.1

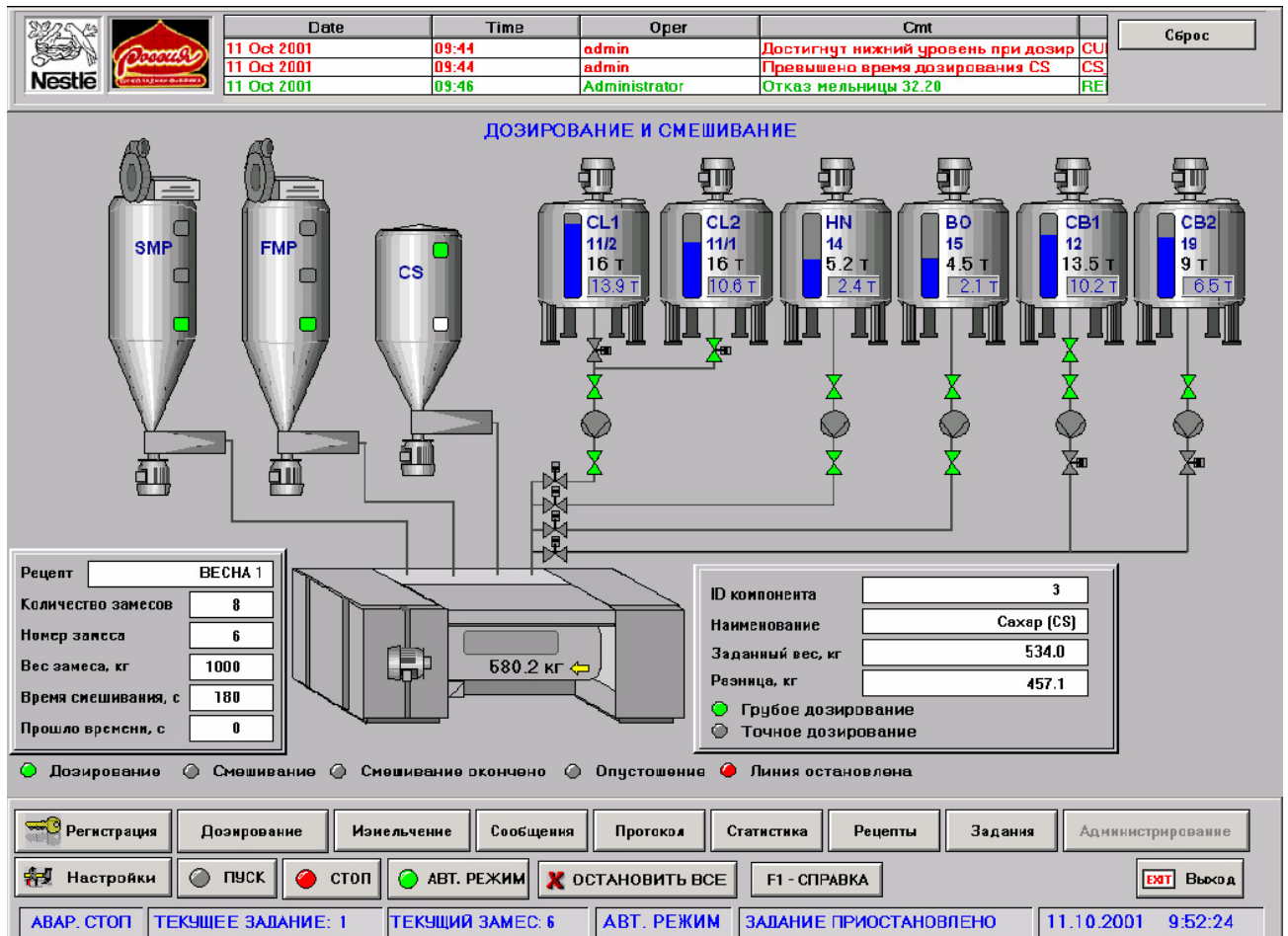


Рисунок 6.1- Дозування та змішування компонентів

Після закінчення процесу дозування видається звіт про кількість кожного витраченого компонента. Ці дані використовуються для обліку сировини у бухгалтерських програмах (наприклад, 1С підприємство).

Date	Time	Oper	Сmt	
11 Oct 2001	09:44	admin	Достигнут нижний уровень при дозир	CU
11 Oct 2001	09:44	admin	Превышено время дозирования CS	CS
11 Oct 2001	09:46	Administrator	Отказ мельницы 32.20	RE

Сброс

Протокол

ЗАДАНИЕ № 4 08.10.2001.rpt
 ЗАДАНИЕ № 1 09.10.2001.rpt
 ЗАДАНИЕ № 1 10.10.2001.rpt
 ЗАДАНИЕ № 1 11.10.2001.rpt

Просмотр

Печать

Очистить

Протокол заказа

Задание № 1
 Рецепт ВЕСНА 1
 Число замесов 5
 Емкость замеса, кг 1000.0
 Начало задания 09.10.2001 9:29:03

Заг.	Зам.	Ид.	Компонент	Заг. вес, кг	Акк. вес, кг	Разница, кг
1	1	3	Сахар (CS)	226.000	227.890	1.890
1	1	5	Какао тертое (CL)	144.000	144.622	0.622
1	1	1	Молоко (FMP)	96.000	96.078	0.078
1	1	6	Какао масло 1 (CB1)	534.000	538.036	4.036
1	2	3	Сахар (CS)	226.000	227.216	1.216
1	2	5	Какао тертое (CL)	144.000	143.948	-0.052
1	2	1	Молоко (FMP)	96.000	96.415	0.415
1	2	6	Какао масло 1 (CB1)	534.000	535.002	1.002
1	3	3	Сахар (CS)	226.000	228.227	2.227
1	3	5	Какао тертое (CL)	144.000	143.611	-0.389
1	3	1	Молоко (FMP)	96.000	96.415	0.415

Регистрация Дозирование Измельчение Сообщения Протокол Статистика Рецепты Задания Администрирование

Настройки ПУСК СТОП АВТ. РЕЖИМ ОСТАНОВИТЬ ВСЕ F1 - СПРАВКА Выход

АВАР. СТОП ТЕКУЩЕЕ ЗАДАНИЕ: 1 ТЕКУЩИЙ ЗАМЕС: 6 АВТ. РЕЖИМ ЗАДАНИЕ ПРИОСТАНОВЛЕНО 11.10.2001 9:54:04

Рисунок 6.2 – Звіт про кількість кожного витраченого компонента.

Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання.

7.1 Постановка задачі дослідження.

Метою виконання технологічної операції з приготування тіста з основної і додаткової сировини є отримання структурної однорідної маси, що відповідає фізичним властивостям тіста, для переходу на наступні етапи технологічного процесу. Дана технологічна робоча операція при виробництві тіста відбувається з використанням тістомісильних машин [13].

Основним регульованим параметром даного процесу є підтримання необхідної вологості тіста на виході з тістомісильна машина. Вологість визначається за допомогою надвисокочастотного воломера. Цей параметр регулюється зміною витрати борошна, яке подається в апарат з добавками зі станції дозування.

Продуктивність тістомісильної машини підтримуватиметься зміною витрати борошна на вході за допомогою багатооборотного електричного виконавчого механізму та двигуна.

Досить відстежувати показання температури у всіх апаратах процесу, так як регулювання температури тіста зводиться до регулювання температури води, що подається на заміс, з урахуванням температури борошна, що заміщується. Необхідно також забезпечити дистанційне керування всіма двигунами, а також реалізувати показ такого параметра, як рівень у бункері вагового дозатора борошна.

Таким чином, завдання регулювання в даному випадку полягає у підтримці на заданому рівні таких параметрів як: продуктивність тістомісильного апарату та вологість тіста.

Основними джерелами збурення служать зміна продуктивності тістомісильного апарату і вологості борошна.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Буг В.О			Розробка системи автоматизації лінії виробництва вафель	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Барилюк О.В.					59	10
Зав. кафедр		Смітюх Я.В.			НУХТ ЗАВ-3-1-2024			
Секр. ЕК		Крупська						

7.2 Вибір об'єкта керування та його математичної моделі.

В якості відповідального контуру регулювання візьмемо контур регулювання вологості тіста на виході тістомесильної машини, так як цей параметр багато в чому буде визначати якість продукції, яка виготовляється з цього тіста.

Структурна схема нашого об'єкта буде виглядати наступним чином (рисунок 7.1)

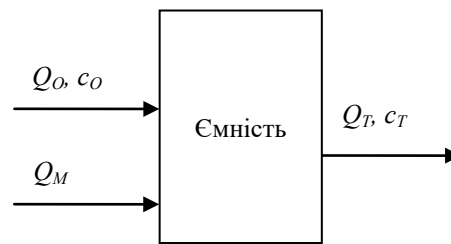


Рисунок 7.1 – Структурна схема об'єкта моделювання

де - Q_o – об'ємна витрата опари, $\text{м}^3/\text{с}$;

c_o – вологість опари, %;

Q_M – об'ємна витрата борошна, $\text{м}^3/\text{с}$;

Q_T – об'ємна витрата тіста на виході, $\text{м}^3/\text{с}$;

c_T – вологість тіста на виході, %;

У ємності відбувається конвективний перенос тепла від входу до виходу.

Балансове співвідношення в загальному вигляді виглядає наступним чином:

$$\Sigma_{\text{прих}} - \Sigma_{\text{ух}} = \frac{d}{dt}(\hat{e}\hat{i}\hat{e} - \hat{a}\hat{i}), \quad (7.1)$$

де: $\Sigma_{\text{прих}}$ – потік речовини або енергії, що приходить в об'єкт;

$\Sigma_{\text{ух}}$ – потік речовини або енергії, що йде з об'єкта;

$\frac{d}{dt}(\hat{e}\hat{i}\hat{e} - \hat{a}\hat{i})$ – похідна по часу від кількості речовини або енергії, що знаходиться в об'єкті.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для написання математичної моделі об'єкта необхідно ввести наступну систему припущень:

- вважаємо ємність об'єктом з зосередженими координатами;
- в моделюється об'єкті концентрація розподілена рівномірно.

Рівняння матеріального балансу може бути замінено балансом обсягів:

$$- Q_o + Q_M - Q_T = \frac{dV}{dt}, \quad (7.2)$$

де V – об'єм тіста в ємності.

$$V = S \cdot \dot{I}, \quad (7.3)$$

де S – площа поперечного перерізу змішувача, прийmemo $S=3,5 \text{ м}^2$;

H – рівень рідини, м.

Як даного обсягу прийmemo обсяг камери попереднього змішування тістомісильної машини, так як практично весь обсяг камери інтенсивної обробки зайнятий валами.

Об'ємна витрата тіста на виході розраховується за формулою:

$$Q_o = S_o \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}, \quad (7.4)$$

де S_o – площа отвору в днищі тістомісильної машини, м^2 ($S_o=0,1 \text{ м}^2$);

g – прискорення вільного падіння, м/сек^2 ($g=9,8 \text{ м/сек}^2$);

H – рівень рідини, м (початкове значення прийmemo $H=1,5\text{м}$).

Початкова умова, тобто значення Q_o в момент часу, рівний нулю знаходиться з моделі статички об'єкта.

Матеріальний баланс по одному компоненту - борошну - виглядає наступним чином:

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_o \cdot c_o - Q_T \cdot c_T = \frac{d(V \cdot c_T)}{dt}, \quad (7.5)$$

де c_o – вологість опари, % ($c_o = 66\%$);

c_T – результуюча вологість тіста, % (також знаходимо з рівнянь моделі статички).

З урахуванням рівнянь (7.2), (7.3), (7.4), (7.5) і початкових умов, отримуємо математичну модель динаміки об'єкта:

$$\begin{cases} Q_M + Q_o - Q_T = \frac{dV}{dt} \\ Q_T = S_o \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \\ V = S \cdot H \\ Q_o \cdot c_o - Q_T \cdot c_T = \frac{d(V \cdot c_T)}{dt} \\ c|_{t=0} = c_0 \end{cases} \quad (7.6)$$

В синтезуемій САР вологості задане значення вологості підтримується зміною витрати борошна, яке подається в змішувач.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.3 Моделювання САР.

Крім об'єкта регулювання САР вологості містить первинний перетворювач, ПІ-регулятор та виконавчий пристрій у вигляді клапана (рисунок 7.2).

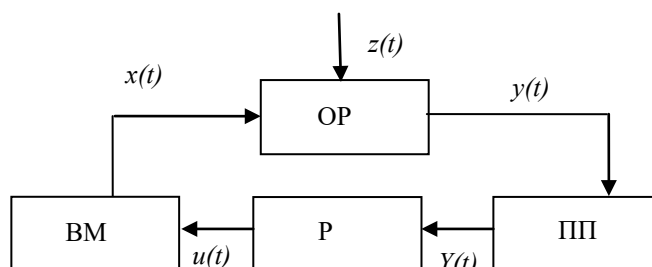


Рисунок 7.2 – Структурна схема САР

ОР – об'єкт регулювання (змішувач);

ПП – первинний перетворювач;

Р – регулятор (ПІ-регулятор);

ВМ – виконавчий механізм (клапан);

$x(t)$ – витрата борошна на вході в тістомісильну машину;

$y(t)$ – вологість тіста (регульований параметр);

$Y(t)$ – наведена вологість тіста (знерозмірна величина 0...1)

$u(t)$ – керуючий вплив (0...1);

$z(t)$ – зміна вологості опари на вході в об'єкт (обурююча дія).

Для побудови математичної моделі за допомогою математичного пакета MATLAB за рівняннями математичної моделі необхідно у Simulink скласти блок-схему моделі.

Для побудови схеми об'єкта, що моделюється, в додатку Simulink (додаток, орієнтований на моделювання динамічних систем з використанням функціональних блоків) скористаємося наступними блоками:



– Constant - константа;



– Gain - множення на константу чи змінну;



– Sum - підсумовування;



– Integrator - інтегрування сигналу;



– Scope - перегляд результату (візуалізація графіків);



– Product – множення сигналів



– Fcn - перетворення вхідного сигналу у вихідний відповідно до закладеної в блоці функції.

Для визначення всіх констант створюємо М-файл isx.m (рис. 7.3):

У цьому файлі описуємо всі задані константи, і навіть початкові значення, знайдені з моделей статички.

Далі у вікні MATLAB натискаємо лівою кнопкою миші посилання Simulink, після чого відкривається вікно Simulink Library Browser, де в меню File вибираємо рядок New/Model. У діалоговому вікні в меню File вибираємо рядок Model Properties, після чого з'являється наступне вікно, в якому вибираємо вкладку Callbacks і в рядку Model Initialization Function записуємо нашого М-file без розширення і натискаємо кнопку ОК.

```

1 | %S=2.5 %Площадь поперечного сечения смесителя, м^2
2 | %S0=0.04 %Площадь отверстия в днище смесителя, м^2
3 | %g=9.8 %Ускорение свободного падения, м/с^2
4 | %H0=1.2 %Начальное значение уровня, м
5 | %Qt=S0*sqrt(2*g*H0) %Расход теста при начальном значении уровня, м^3/с
6 | %Qo=(35/100)*Qt %Расход опары (из модели статички), м^3/с
7 | %Qm=(65/100)*Qt %Расход муки (из модели статички), м^3/с
8 | %Co=66 %Влажность опары, %
9 | %Ct=(Qo*Co)/Qt %Влажность теста в начальный момент времени (из модели статички), %
10 | %A0=0.5 %Начальная степень открытия клапана
11 | %kp=Qo/A0 %Пропускная способность клапана, м^3/с
12 | %Cmax=100 %Максимальное значение влажности теста, %
13 | %Cmin=0 %Минимальное значение влажности теста, %
14 | %Cz=28 %Заданное значение влажности теста, %

```

Рисунок 7.3 – Створення М-файла

Для побудови блок-схеми Simulink (рис. 7.4) необхідно скопіювати блоки з бібліотеки Simulink Library Browser в робоче вікно. Спершу будемо блок-схему для моделі об'єкта.

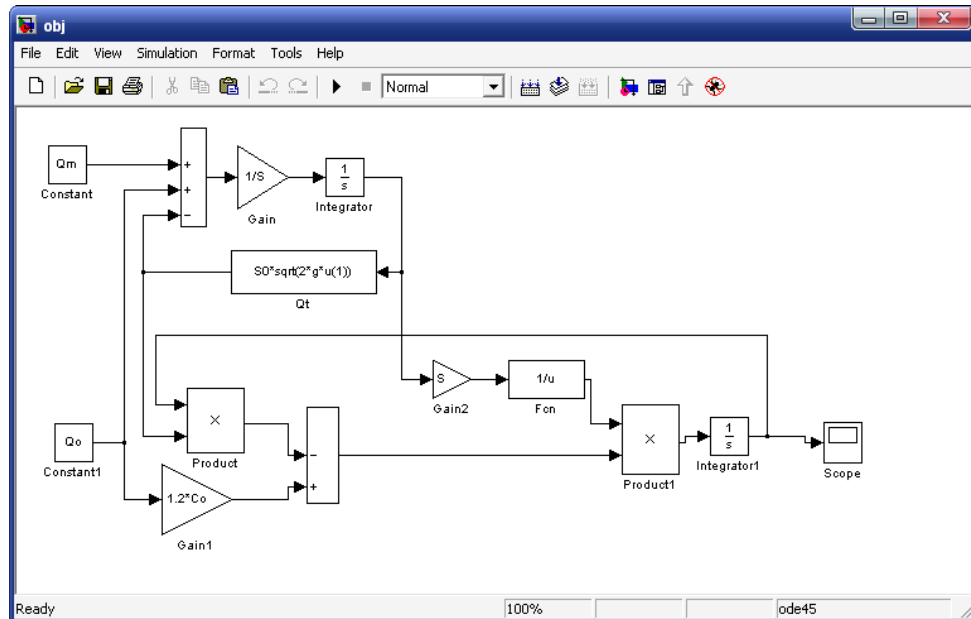


Рисунок 7.4 Модель об'єкта в MATLAB

Обурюючим впливом у нашій системі є зміна вологості опари, що надходить у ємність. Перехідна характеристика об'єкта при зміні ступінчастої вологості борошна на 20% буде виглядати наступним чином (рисунок 7.5):

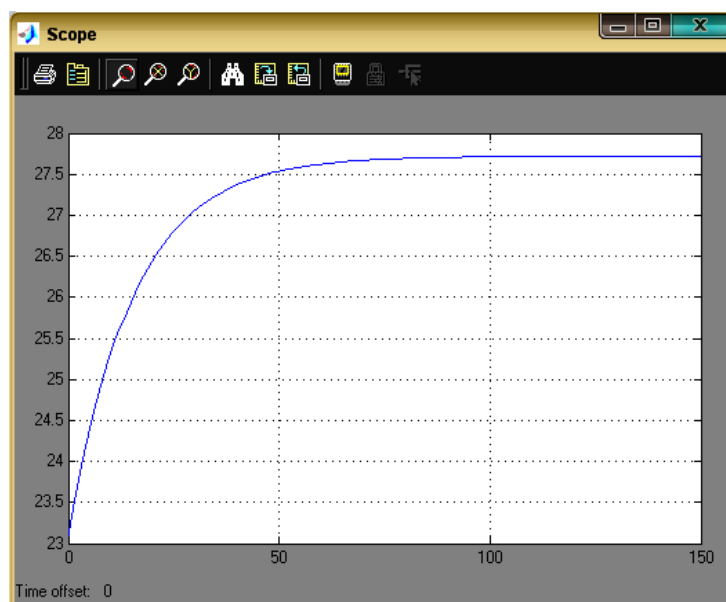


Рисунок 7.5 – Перехідна характеристика об'єкта при зміні ступінчастої вологості борошна

Створений нами об'єкт маскуємо у підсистему (рис. 7.6):

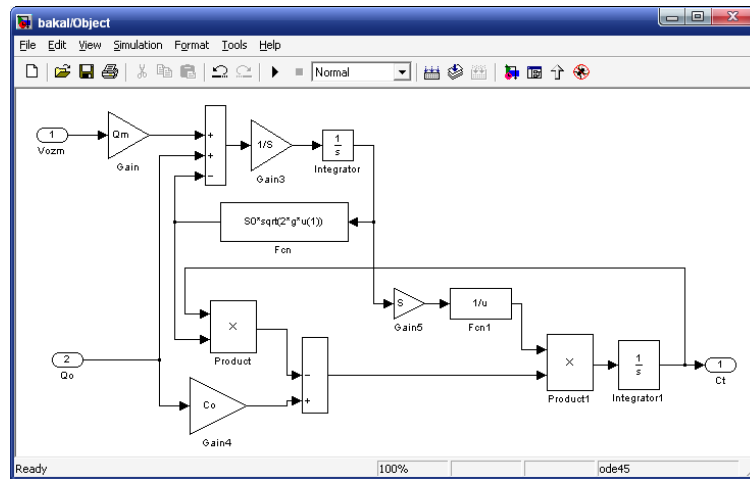


Рисунок 7.6-Маскована підсистема «Об'єкт»

Аналогічно створюємо модель ПІ-регулятора та маскуємо у підсистему «ПІ-Регулятор» (рис. 7.7):

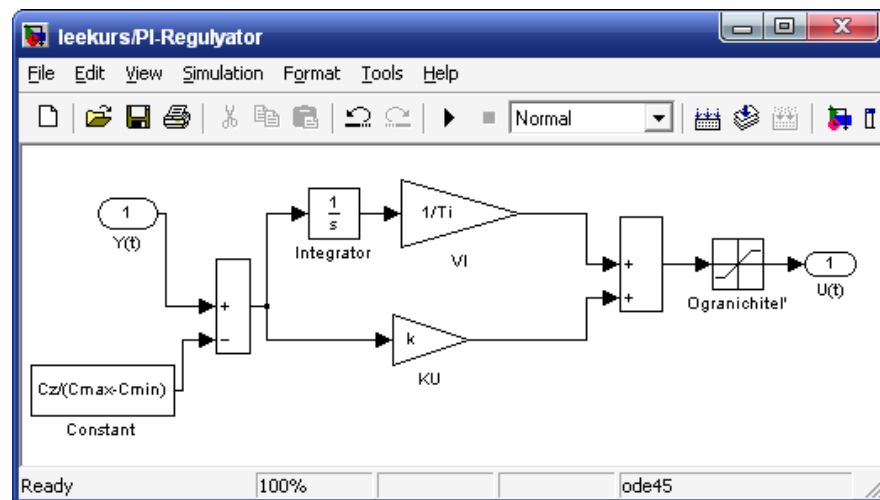


Рисунок 7.7- Маскована підсистема «ПІ-Регулятор»

Після об'єднання всіх створених нами підсистем об'єднуємо їх відповідно до структурної схеми САР вологості (рис. 7.8).

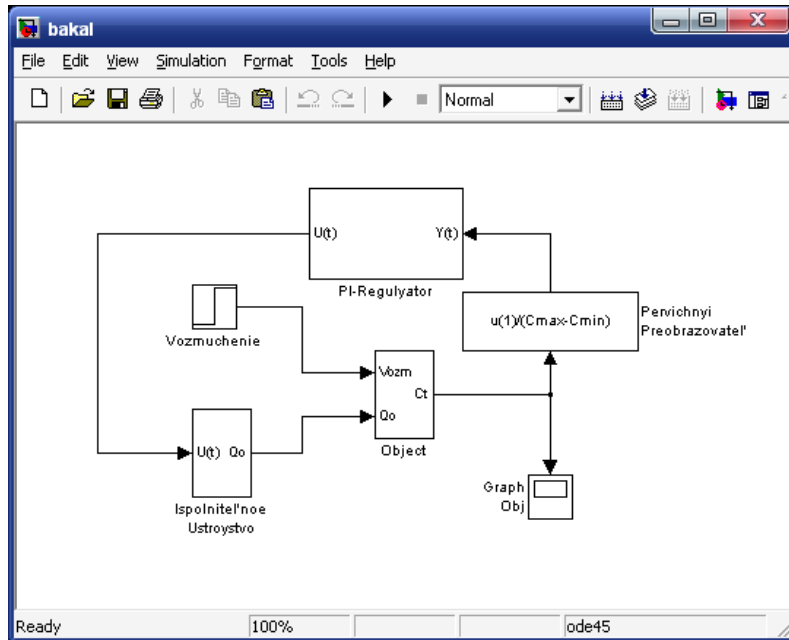


Рисунок 7.8-Модель вологості

Процес моделювання проводимо в інтервалі часу від 0 до 300 с. В результаті отримуємо такі графіки перехідного процесу при налаштуваннях регулятора $K_u = 1$ і $T_i = 2$ (рисунок 7.9):

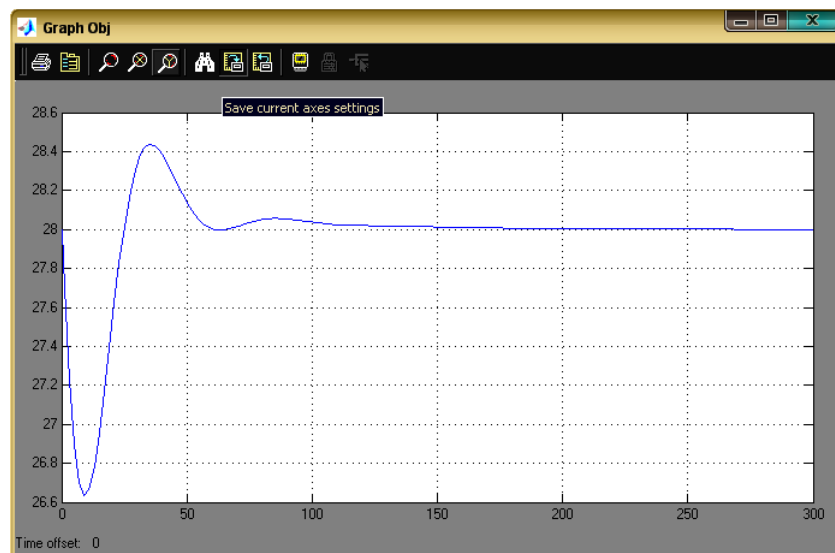


Рисунок 7.9- Перехідний процес в САР вологості

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

7.4 Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.

Розроблена математична модель дозволяє удосконалити математичну модель тістомісильної машини.

Завдання регулювання в даному випадку полягає у підтримці на заданому рівні таких параметрів як: продуктивність тістомісильного апарату та вологість тіста.

Тому, з метою отримання якісного тіста, необхідно вести систематичний контроль за витратою борошна на вході тістомісильної машини, температурою води і борошна.

Розроблена система дозволяє покращити якісні показники тіста для подальшого випікання вафельних листів та мінімізувати витрати енергетичних ресурсів. Система регулювання представлена у формі, що допускає її просту реалізацію в програмному забезпеченні ПЛК та ПК.

Для підвищення продуктивності тістомісильної машини необхідно відстежувати показання температури тіста для регулювання температури води, що подається на заміс, з урахуванням температури борошна, що замішується.

Продуктивність тістомісильної машини підтримуватиметься зміною витрати борошна на вході за допомогою багатооборотного електричного виконавчого механізму та двигуна.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		68

Висновки.

В кваліфікаційній роботі розроблена система автоматизації лінії виробництва вафель. Запропоновано варіант системи автоматизації, реалізований на мікропроцесорному контролері ПЛК TSX Micro 3722.

Схема автоматизації побудована на базі сучасних засобів та систем автоматизації, що забезпечить якісне протікання технологічного процесу..

Ця система передбачає більш точне та якісне регулювання технологічним процесом на базі надійних швидкодіючих приладів та засобів автоматизації. У проекті автоматизації пропонується контроль та регулювання усіх основних параметрів, які характеризують технологічний процес.

Розроблена автоматизована система управління технологічним процесом повинна підтримувати не тільки заданий технологічний режим, але й максимально ефективно використовувати матеріально-технічні можливості виробничих систем.

Комп'ютери АРМов оператора виконують збір інформації з контролерів, відображають дані на екранах моніторів і видають команди, що управляють процесом виробництва вафель. Програмне забезпечення АРМов реалізоване на базі SCADA- програми TRACE MODE.

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

Список використаної літератури

1. Технология виробництва вафель з начинкою. URL:
<https://foodtechnology.pro/tehnologiya-vyrobnytstva-vafel-z-nachynkoju->
2. Техническое описание Microhilot F FMR 230. URL:
<https://portal.endress.com/wa001/dla/5000207/1533/000/00/BA%20218F%20ru.pdf>
3. Датчик надлишкового тиску EJX430A URL:
<https://www.yokogawa.com/cis/solutions/products-and-services/measurement/field-instruments-products/pressure-transmitters/gauge-pressure/ejx430a/>
4. Інтелектуальні датчики температури STT 830 URL:
<https://honeywell.nt-rt.ru/price/product/353706>
5. 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
- 6 Трегуб В.Т. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2014.
- 7 Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 / А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2006. – 844 с.
8. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 2 / А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2009. – 944 с.
9. Ельперін І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник / І.В. Ельперін // К.: НУХТ. – 2003. – 320 с.
- 10 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.
- 11 Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В.Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К.: Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

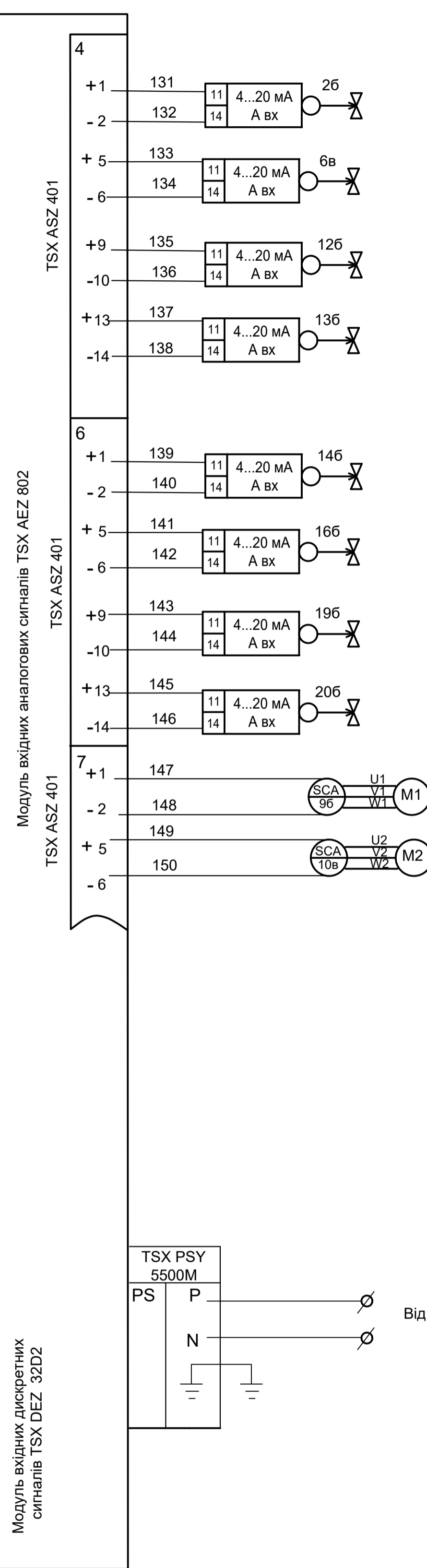
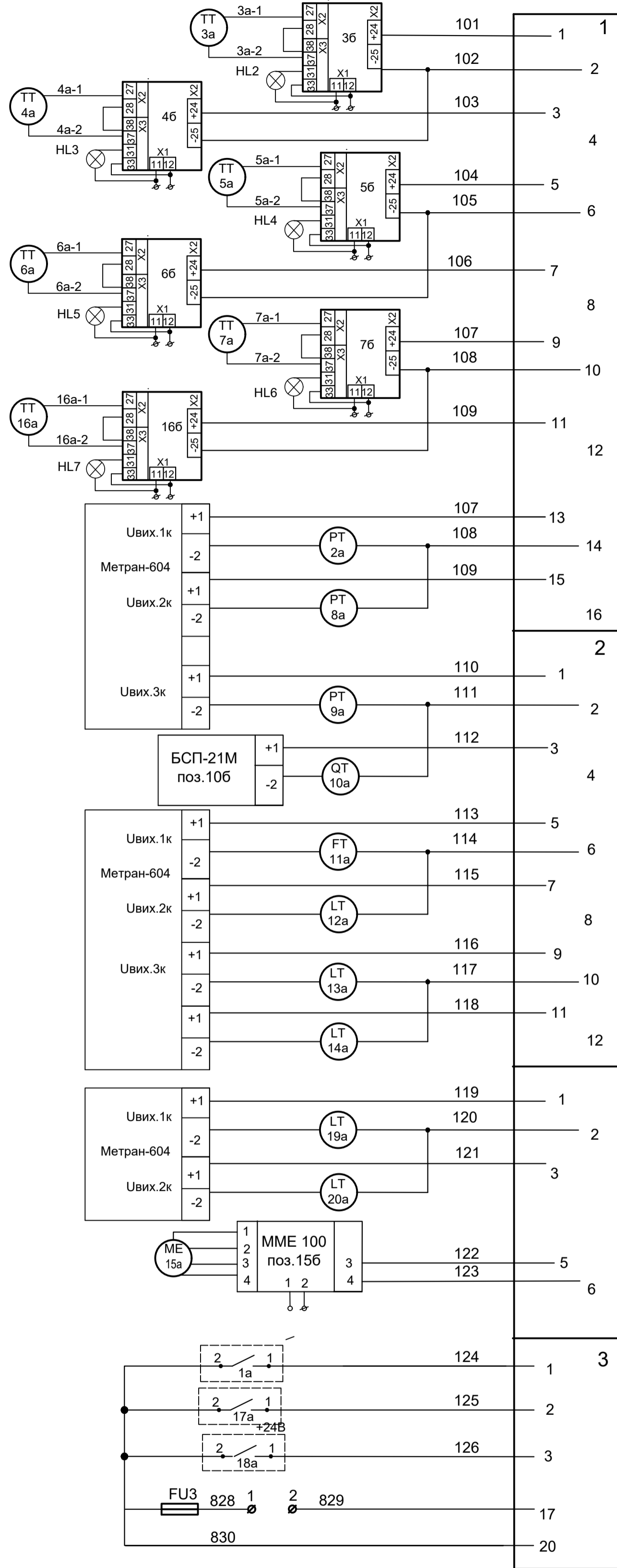
12. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Архангельська К.С., Власенко Л.О.— К.: НУХТ, 2014. —274 с.
13. Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: навчальний посібник / В. Г. Трегуб.– К.: НУХТ, 2006 – 139 с.
14. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с.
15. 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.
16. 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.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Modicon TSX Micro 3722

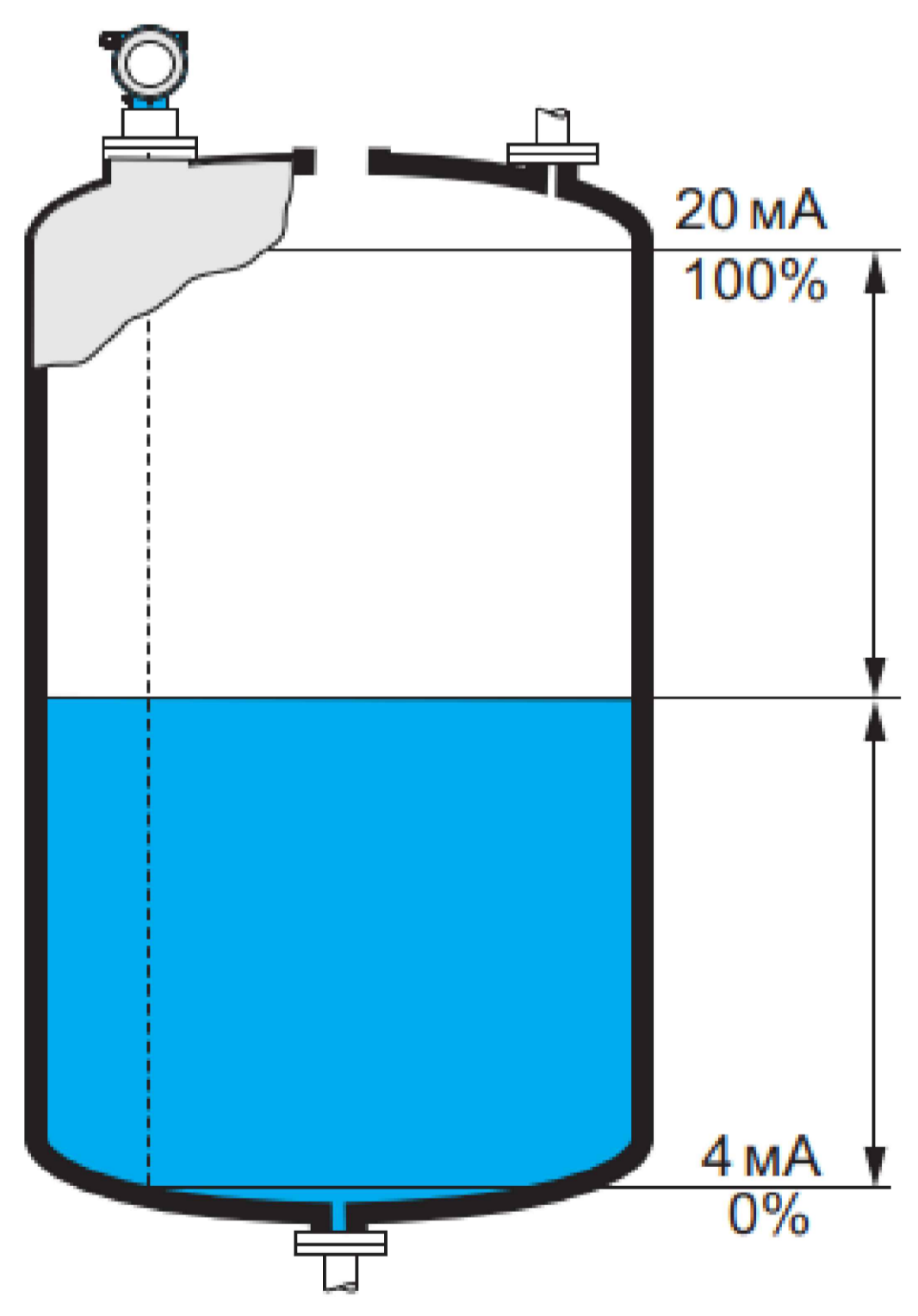
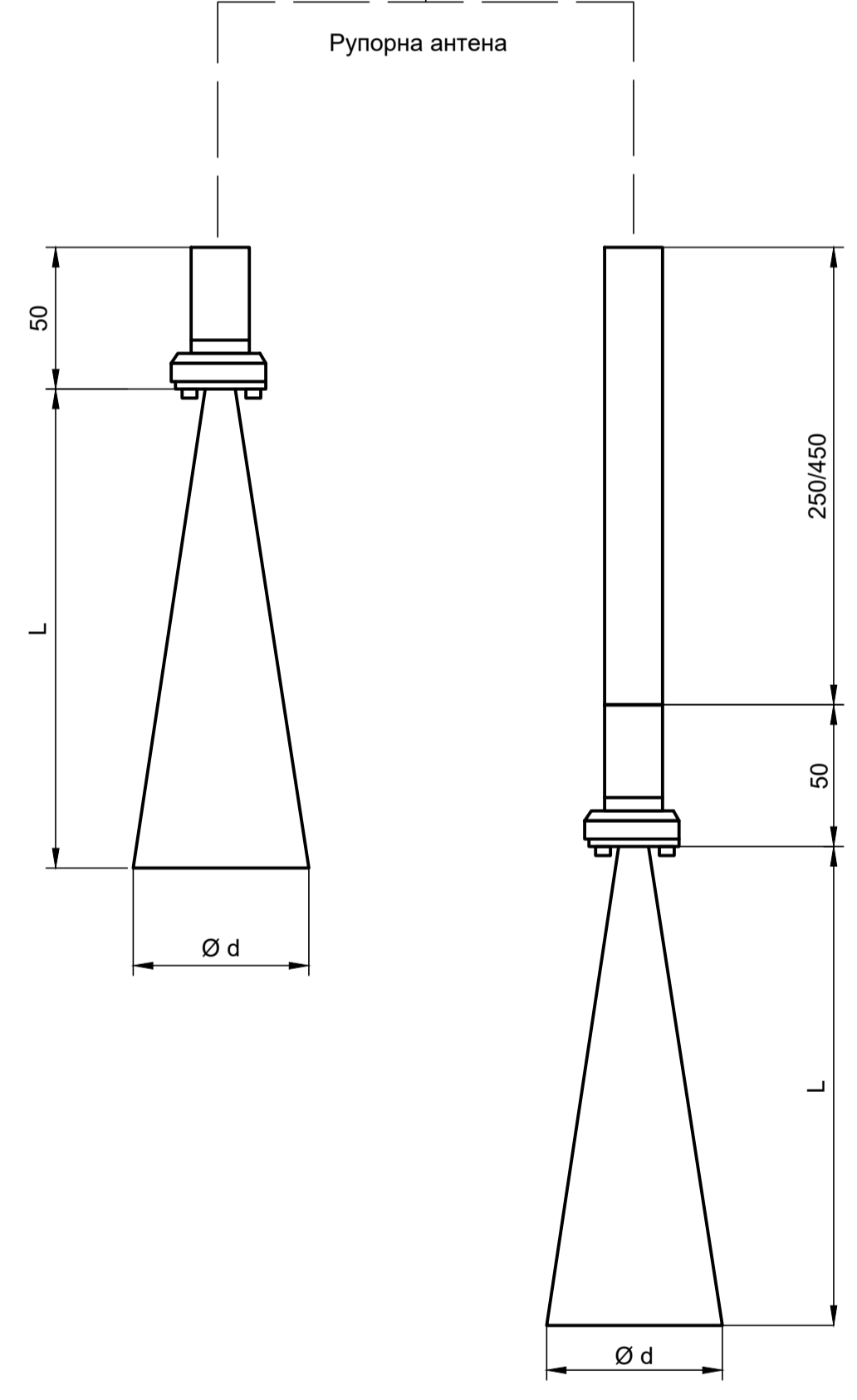
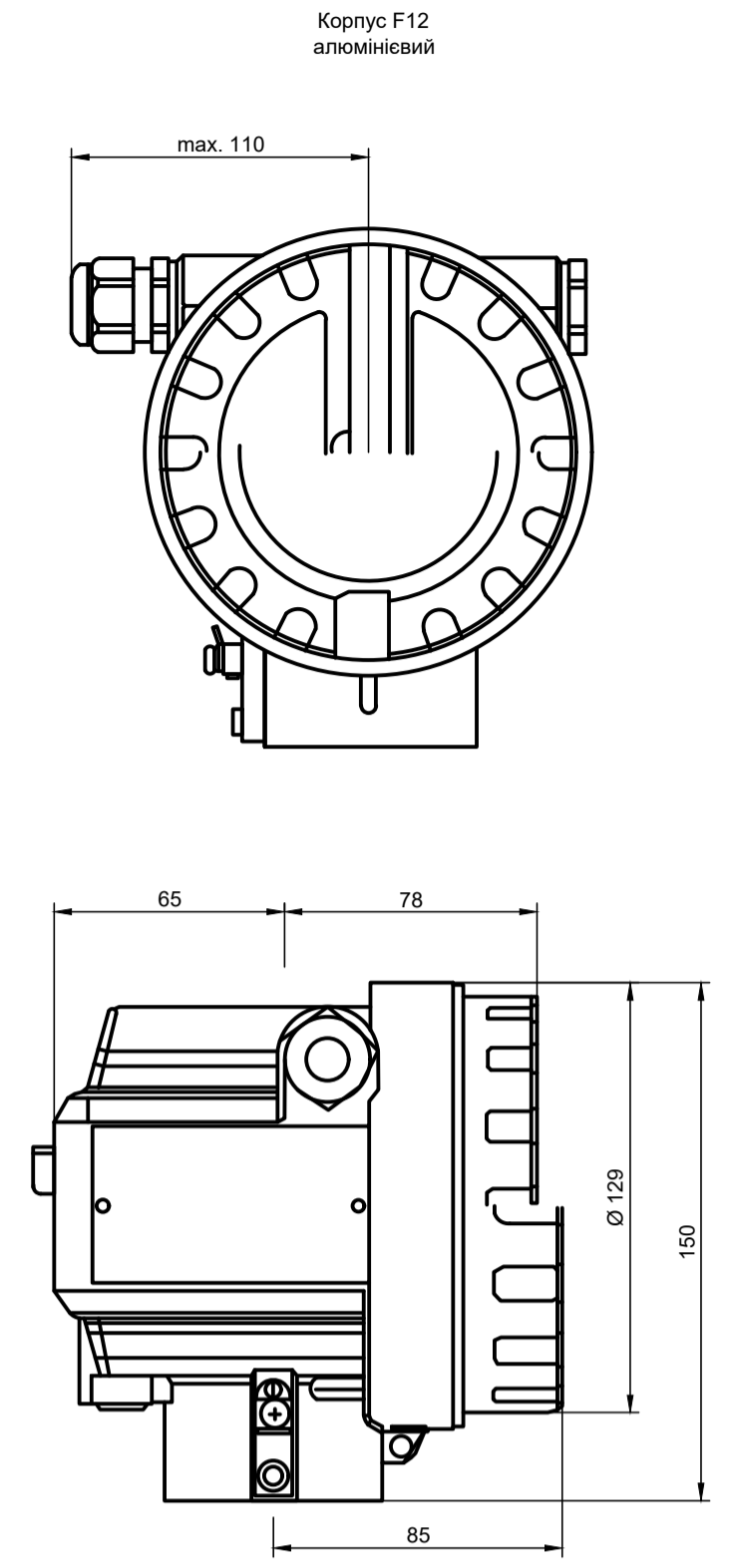
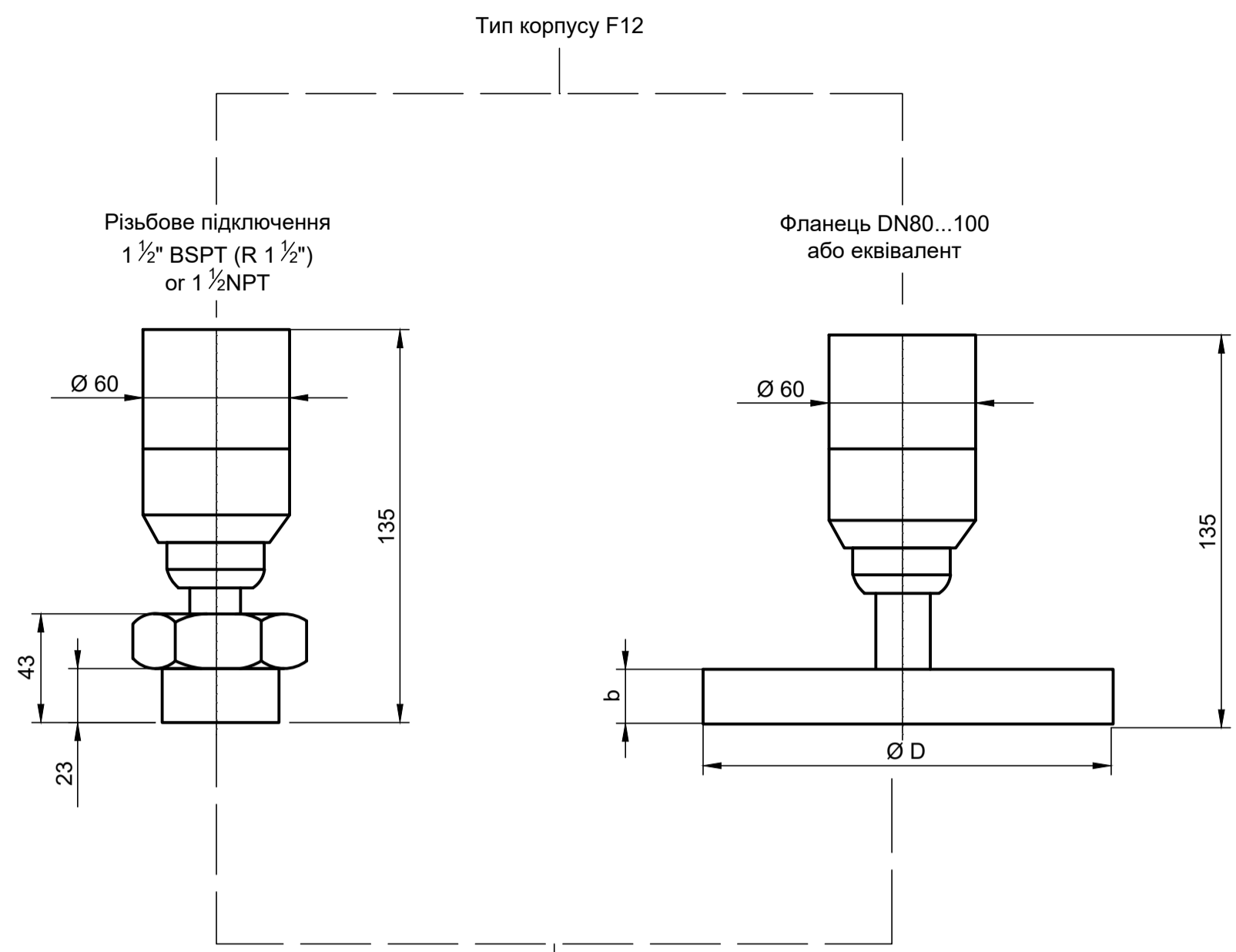
Контроль, регулювання та сигналізація

Температура води до тістоміси
Температура газу до печі
Температура в I зоні печі
Температура в III зоні печі
Температура начинки
Температура в охолоджувальній установці
Тиск газу до топки печі
Тиск газу в топці печі
Тиск повітря
Вміст CO ₂
Витрата начинки до відділення намазки
Рівень в бункері з борошном
Рівень в бункері з цукром
Рівень тіста в тістомісі
Рівень начинки в 1-му дозаторі відділення намазки
Рівень начинки в 2-му дозаторі відділення намазки
Вологість тіста в тістомісі
Наявність полум'я
Рух в відділенні різки
Рух в відділенні різки



Від схеми живлення ~ 220В

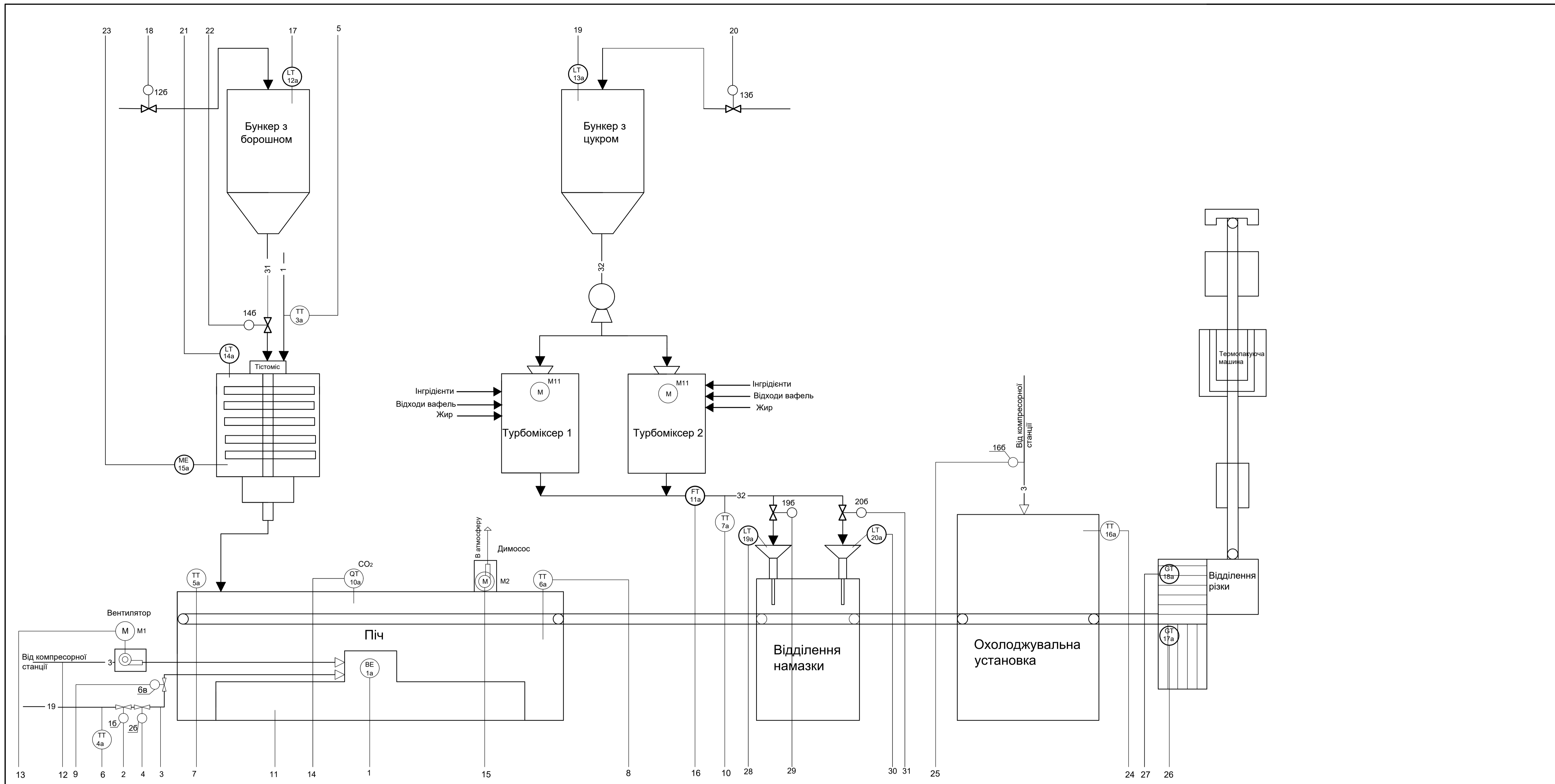
Кваліфікаційна робота					Літера	Маса	Масштаб
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації лінії виробництва вафель		
Студент		Бут В.О.					
Керівник		Барилюк О.В.					
Зав.Каф.		Смітюх Я.В.			Принципова схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК		
Секретар		Крупська			ЛУХТ ЗАВ 3-1-2024		



Рупорна антена

Antenna size	80mm/3"	100mm/4"
L (mm)	211	282
d (mm)	75	95

Кваліфікаційна робота					
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації лінії виробництва вафель
Студент		Бут В.О.			
Керівник		Барилюк О.В.			
Креслення встановлення рівнеміра Microhilot F FMR 230					
Зав.Каф.	Смітюх Я.В.				Літера
Секретар	Крупська				Маса
					Лист 3
					Листів 3
					Масштаб
					НУХТ
					ЗАВ 3-1-2024



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
	Навність палива	Відсікання газу	25 Па	Регулювання	15-20 °C	20 °C	280 °C	170 °C	Регулювання	29-31 °C	50 кПа	20 кПа	Управління	12-22 мг	Управління	98.9 м³/г	3 м	Регулювання	3 м	Регулювання	800 мм	Регулювання	65%	15-18 °C	Закриття	400 мм	Регулювання	400 мм	Регулювання			
Прилади за місцем		PT 2a								PT 8a	PT 9a	NSA KM1	NSA KM2										MT 15c	NSA KM3								
Щит автоматизації					TI 36	TI 46	TI 56	TI 66		TI 76		SCA 96	QI 106	SCA 106										TI 166							HL1	
Modicon TSX MICRO	Y																															
	C																															
	S																															
	B																															
PEOM	B																															
	I																															
	R																															
	H																															
	S																															
A																																

Позначення	Найменування
— 1 —	Трубопровід води
— 3 —	Трубопровід повітря
— 19 —	Трубопровід газу
— 31 —	Трубопровід борошна
— 32 —	Трубопровід цукрової пудри

				Кваліфікаційна робота			
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Літера	Маса	Масштаб
Студент		Бут В.О.			Розробка системи автоматизації лінії виробництва вафель		
Керівник		Барилюк О.В.			Лист 1	Листів 3	
Зав.Каф. Секретар		Смітюх Я.В. Крупська			Схема автоматизації		НУХТ ЗАВ 3-1-2024