

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
_____ Форсюк А.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«2» червень 2021 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Ельперін І.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«2» червень 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
на тему: Розробка системи автоматизації технологічного процесу сушіння молока

Виконав: здобувач 4 курсу, групи АК-4-2

_____ Жураківська Анастасія Аркадіївна
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ Проскурка Євген Сергійович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

_____ (підпис)

_____ (підпис)

Рецензент _____ Михайленко Б.В.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній роботі немає запозичень із праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач _____
(підпис)

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 29 квітня 2021 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 Жураківська А.А.

_____ (підпис)

Керівник роботи Проскурка Є.С.

_____ (підпис)

Анотація

Кваліфікаційною роботою є розробка системи автоматизації технологічного процесу сушіння молока.

В кваліфікаційній роботі представлено опис технологічного процесу, завдання на систему автоматизації, схема автоматизації, специфікація технічних засобів автоматизації, монтажна схема датчик тиску АІР-10Н в корпусі НГ-06, схеми підключення контрольно-вимірювальних приладів та виконавчих механізмів до ПЛК та розширені схеми підключення технічного засобу.

Розроблено алгоритм та програма для управління процесом сушіння молока. Програма розроблена для ПЛК М340 від виробника Schneider Electric. Інтерфейс SCADA-програма технологічного процесу розроблено в програмному забезпеченні Citect SCADA2015 та вигляд дисплейної мнемосхеми представлено в записці.

Було поставлено і досліджено задача комп'ютерного моделювання, а саме знаходження оптимальних налаштувань ПІ-регулятора за допомогою метода Циглера - Нікольсона.

Ключові слова: сушіння, молоко, АІР-10Н, ПЛК М340.

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

Annotation

Qualification work is the development of a system for automation of the technological process of milk drying.

The qualification work presents a description of the technological process, tasks for the automation system, automation scheme, specification of technical means of automation, assembly diagram of the **AIR-10N** pressure sensor in the NG-06 case, connection diagrams of control and measuring devices and actuators to the PLC and extended technical connection diagrams. means.

An algorithm and a program for controlling the milk drying process have been developed. The program is designed for PLC M340 from the manufacturer Schneider Electric. The interface of the SCADA-program of the technological process is developed in the software Citect SCADA2015 and the form of the display mnemonic is presented in the note.

The problem of computer modeling was set and investigated, namely finding the optimal settings of the PI controller using the Ziegler-Nicholson method.

Keywords: drying, milk, AIR-10N, PLC M340.

					<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	9
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.....	9
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.....	18
Розділ 2. Система автоматизації.....	19
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО)	19
2.2. Схема автоматизації	36
2.3. Специфікація приладів та засобів автоматизації	38
Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення	40
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера	40
3.2. Розширені схеми підключення для окремого контуру.....	45
Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів	49
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК).	53
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога.	66
6.1. Перелік вхідних і вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.	66
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора	69
Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання	
7.1. Постановка задачі дослідження	71
7.2. Вибір об'єкта керування та його математична модель	72
7.3. Моделювання САР	74
7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання.....	77
Висновок.....	78
Список використаної літератури.....	79

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

Вступ

Харчова промисловість України – є однією з системо-утворюючих галузей економіки країни.

Харчова промисловість єднає більше 20 спеціалізованих галузей, що охоплюють понад 40 основних виробництв. Всього в Україні вона виготовляє більш 10 тисяч найменувань продукції.

Процес розвитку харчової промисловості має потребу подальшої інтенсифікації технологічних процесів, зменшення витрати паливно-енергетичних ресурсів, металів та матеріалів, з яких виготовляють елементи конструкцій для машин та механізмів.

Основним впливом інтенсифікації харчової промисловості на даний час є суттєве прискорення науково-технічного прогресу, широке встановлення новітньої техніки та технологій, що в свою чергу забезпечує високу продуктивність та ефективність виробництва.

В майбутньому встановлюється завдання, яке завбачає потребу глибокої технічної перебудови харчової промисловості на основі новітніх досягнень науки і техніки.

Молочна промисловість – одна з перспективних галузей харчової промисловості. Однією з основ розвитку молочнопромислового комплексу є сприятливі природні та економічні умови.

У молочній промисловості виокремлюють такі галузі: маслоробну, незбираномолочну, сироробну, молочноконсервну, переробки вторинної сировини, виробництва дитячого харчування.

В Україні працюють приблизно 500 підприємств молочної промисловості, більшість яких є приватними. Про розвиток молочної промисловості говорить також поява на ринку збуту нових видів молочної продукції, асортимент, якої невинно урізноманітнюється.

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

Молоко є повноцінним і незамінним продуктом харчування людини, оскільки містить всі необхідні для його життєдіяльності речовини і вітаміни.

Але у світі виникає проблема повного і раціонального використання молока. Наприклад, при сепаруванні молока, виробництві сметани, вершкового масла, сиру і молочного білка за існуючої традиційної технології отримують вторинні продукти такі, як - знежирене молоко, склотину і молочну сироватку.

Вирішення цієї проблеми безвідходного молочного виробництва на теперішньому рівні можливо тільки за рахунок організації промислової переробки вторинних ресурсів.

На сучасних підприємствах створюють спеціальні цехи і ділянки по переробці вторинної молочної сировини. Розробляються та вдосконалюють комплекси обладнання та технологічні лінії з переробки знежиреного молока, склотин і молочної сироватки з використанням традиційних і нових методів обробки.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		8

Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації.

1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.

У всіх виробництвах харчової галузі застосовується процес сушки, яка є якщо не обов'язковою, то допоміжною операцією.

Сушінням називається теплообмінний процес видалення вологи з твердих вологих пастоподібних або рідких матеріалів (суспензій) шляхом випарювання і відведення пари, що утворилася.

На рисунку 1.1 зображена схема сушильного процесу.

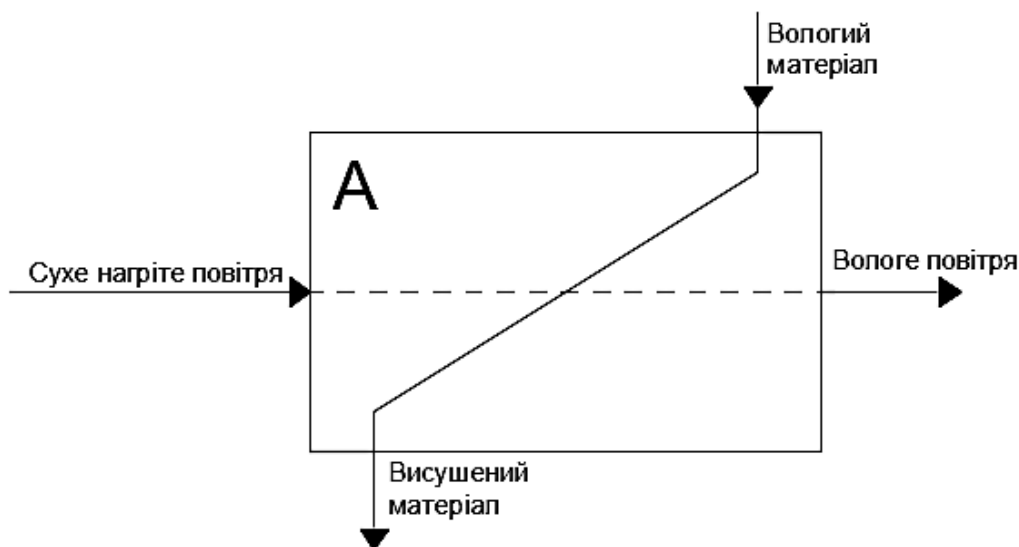


Рис. 1.1. Принципова схема сушки

В харчовій промисловості використовують наступні методи видалення вологи

з матеріалу:

- Випарювання - концентрування молока від рідини, близької по в'язкості до води, до згущеного продукту.
- Розпилення – перетворення згущеного продукту на вигляд крапель і шляхом випарювання води з них, до вигляду порошку, що складається з сухих частинок.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Жураківська А.А.			Розробка системи автоматизації технологічного процесу сушіння молока	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Проскурка Є.С.					9	10
Зав. каф.		Ельперін І.В.			НУХТ АК-4-2			
Секр. ЕК.		Проскурка Є.С.						

Кожний метод потрібно пристосувати до властивостей матеріалу, що переробляється на кожній стадії процесу. Чим важче продукт для сушіння, тим складніше установа.

В молочній промисловості використовують різноманітні розпилювальні сушки. Принцип дії яких майже ідентичні одна одній, лиш відрізняються пристроями окремих вузлів.

Сухий продукт, отриманий на розпилювальних сушильних установках, має високу розчинність (99,9%). Тому ці агрегати широко використовуються для сушки цільного молока, вершків, знежиреного молока, сироватки, продуктів дитячого харчування, а також для виробництва сухого масла.

Останніми роками актуальними стали прямоочні розпилювальні сушильні установки.

На рисунку 1.2 зображена розпилювальна сушильна установа фірми «Ніро-Атомайзер».

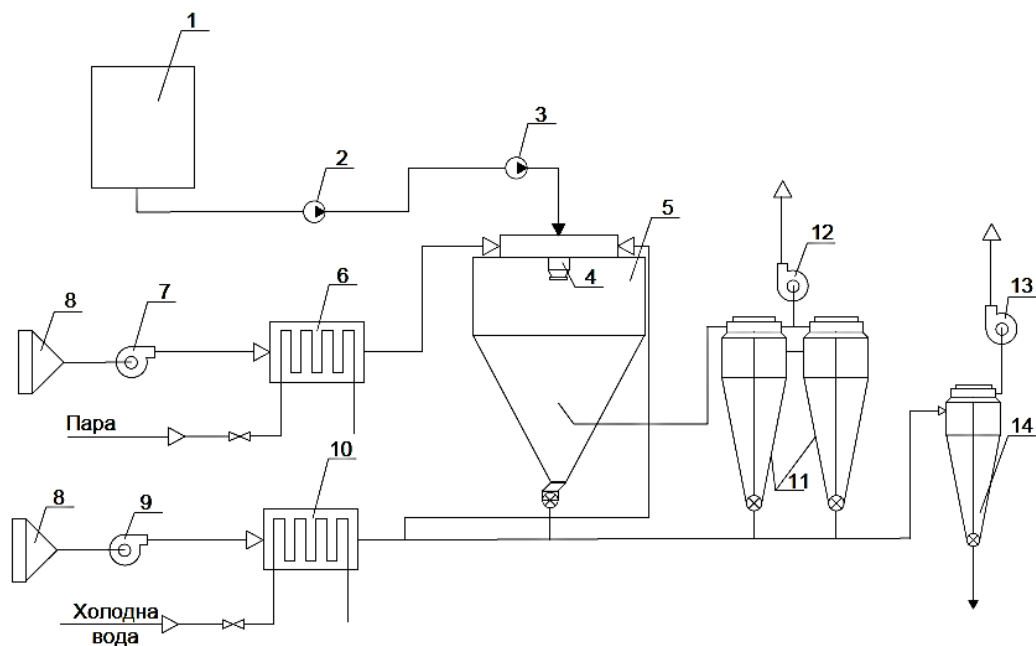


Рис. 1.2 Принципова схема сушильної установки «Ніро-Атомайзер»

1 – ємність, 2 – насос, 3 – насос високого тиску, 4 – форсунки, 5 – сушильна камера, 6 – паровий калорифер, 7, 9, 12, 13 – вентилятори, 8 – повітряний фільтр, 10 – охолоджувач, 11 – циклон, 12 – розвантажувальний циклон.

Повітря , очищене у фільтрі 8 ,вентилятором 7 потрапляє в паровий калорифер 6, де воно нагрівається паром тиском 1.6 МПа до температури 175⁰С . Гаряче повітря через розподільувач потрапляє в сушильну камеру 5.

З цеху згущення, продукт потрапляє в ємкість 1, з якої відцентровим насосом 2 подається на насос високого тиску 3, який транспортує продукт на форсунки розпилення.

На сушильній камері встановлено три форсунки, які розташовані одна від одної під кутом 120⁰, тим самим вони забезпечуєть рівномірний розпил продукту по всій камері у вигляді спіралі. При такому русі збільшується тривалість контакту краплі з гарячим повітрям.

Вентилятором 9 охолоджене повітря потрапляє в порожнину тим самим запобігає утворенню відкладень порошку на поверхні стінок самої порожнині.

Висушений порошок надходить в нижню конічну частину сушильної камери, звідки він по пневмотрасі спрямовується в розвантажувальний циклон 14 і далі на фасування.

Так як молочний порошок з сушильної камери має високу температуру (45⁰С), то в пневмотрасі він охолоджується до t =+20⁰С транспортуючим повітрям, яке в свою чергу охолоджується до t =10⁰С в охолоджувачі 10 холодною водою і після розвантажувального циклону вентилятором 13 викидається в атмосферу.

З сушильної камери відпрацьоване повітря температурою 95⁰С з пилоподібними частинками продукту відсмоктується з нижньої частинки сушильної камери вентилятором 12 і потрапляє в циклон 11, де очищується і викидається в атмосферу.

Технічна характеристика сушильної камери фірми «Ніро-Атомайзер»

Форсунки сушильної камери фірми "Ніро-Атомайзер" (Данія) призначені для сушки молочних продуктів. Дана установка на 90% автоматизована і механізована, управління процесом сушіння ведеться з пульта.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

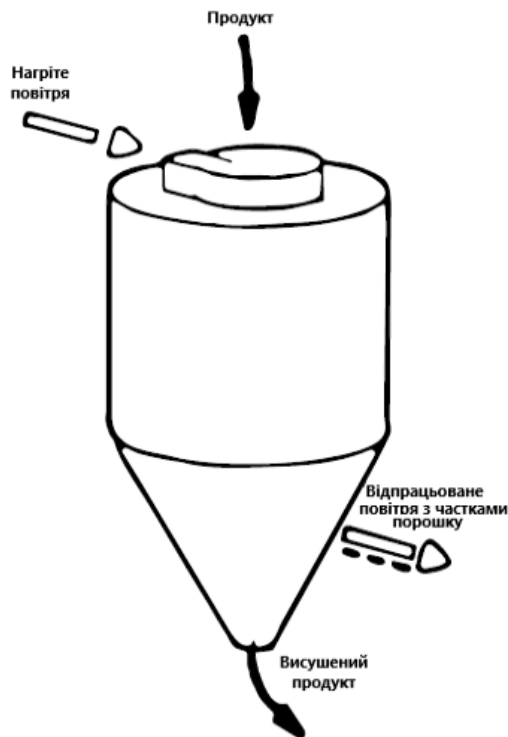


Рис. 1.3 Умовне зображення сушильної камери

Сушильна камера з форсунками спроектована на приймання 2085 кг\год. згущеного продукту із загальним вмістом сухих речовин – 48%.

Система подачі повітря

Фільтр холодного повітря застосовується для очищення повітря від макро частинок з високою фільтруючою здатністю, коефіцієнт якої складає 99,97% для частинок діаметром 0,3 мікрона.

Робота фільтра заснована на принципі ударної дифузії, здійсненою в разі великого відношення площі поверхні, що фільтрує до лицьової поверхні фільтра. Максимальна швидкість повітря, що проходить через фільтруючий елемент, складає 0,03 м/с, чим досягається висока ступінь очищення та довговічність фільтра.

Фільтруючий елемент високої щільності, що складається з напів-мікронних волокон, які забезпечують високу міцність при ефекті розтягнення, складаються «гармошкою» в щільний пакет. Кожен пакет відділяється гофрованими перегородками, які підтримують фільтруючий елемент і створюють повітряні канали, конфігурація яких забезпечує мінімальний опір повітряного потоку, що проходить через фільтр.

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



Рис. 1.4 Приклад повітряного фільтра

Пристрій введення нагрітого повітря в сушильну камеру

Нагріте повітря надходить в равликоподібну камеру змінного перерізу. Внутрішня порожнина камери розділена вертикальною перфорованою перегородкою. Перетин камери і перфорованої перегородки забезпечує рівномірне надходження сушильного агенту у внутрішню порожнину камери, звідки він направляється в апарат, обмежений внутрішніми і зовнішніми конічними кожухами.

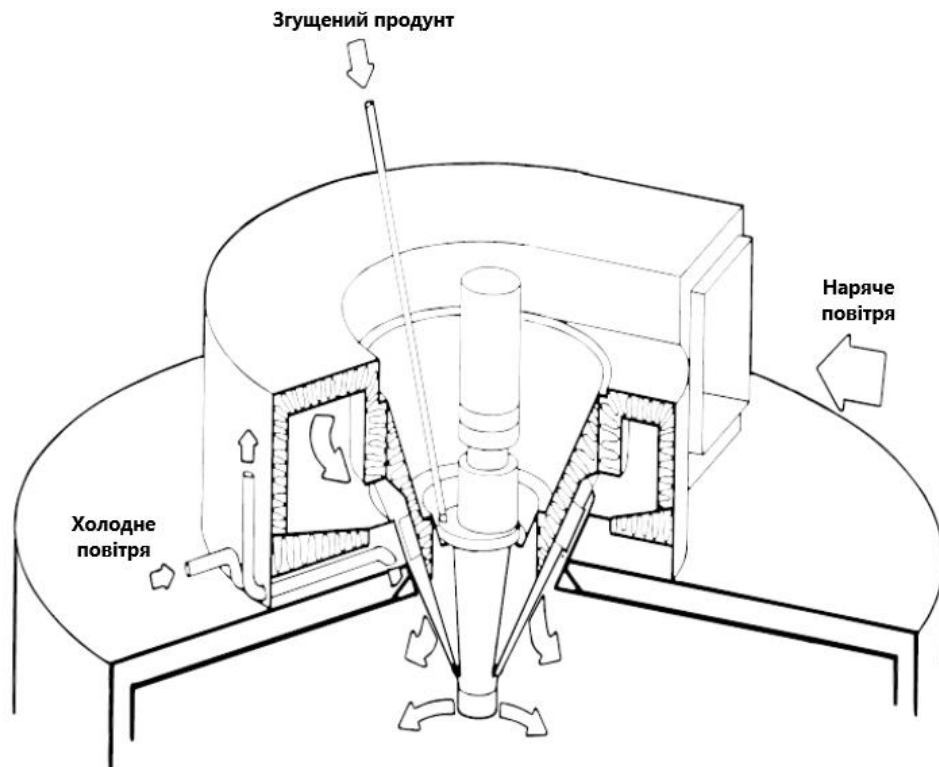


Рис. 1.5 Умовне зображення верхньої частини сушильної камери

Завдяки конусоподібної вставці сушильний агент розділяється на два закручених потоки. Закручення зовнішнього потоку посилюється лопатками. Конфігурація факела розпилу регулюється кутом нахилу лопаток і відносною висотою розташування конусоподібної вставки.

Зайве завихрення повітряного потоку призведе до утворення шару продукту на стелі камери, а при надмірному - недостатньому завихренні повітряний потік буде переміщати продукт вниз, при цьому, можливо, скупчення порошку підвищеної вологості на поверхні конуса вежі.

Для забезпечення безперервної роботи сушильної камери в порожнину між корпусами вводиться охолоджене повітря.

Система відведення відпрацьованого повітря з камери

Вихід відпрацьованого повітря з сушильної камери виконується наступним чином.

На корпусі сушильної камери, що прилягає до циліндричної частини, крайня частина отвору виконана з гофри, на меті якої є поділ потоку повітря і порошку.

Перетин гофри вибрано таким чином, щоб забезпечити швидкості повітря не більше 6 м/с. Практично таку ж саму швидкість має повітря в циліндричній частині сушильної камери. Через цей отвір по нержавіючому трубопроводі відпрацьоване повітря надходить на два паралельно встановлених циклони.

У циклонах відбувається відділення дрібної фракції порошку від повітря. Принцип дії циклонів заснований на використанні інерційності сил, що виникають при зміні напрямку руху повітряного потоку. При цьому частинки, володіючи значною інерцією, зберігають напрямок свого руху і видаляються з потоку.

Циклон має наступну конструкцію. У верхній частині циліндричного корпусу розміщений центральний патрубок для виведення очищеного повітря і вбудований тангенціально патрубок для ведення запиленого повітря.

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

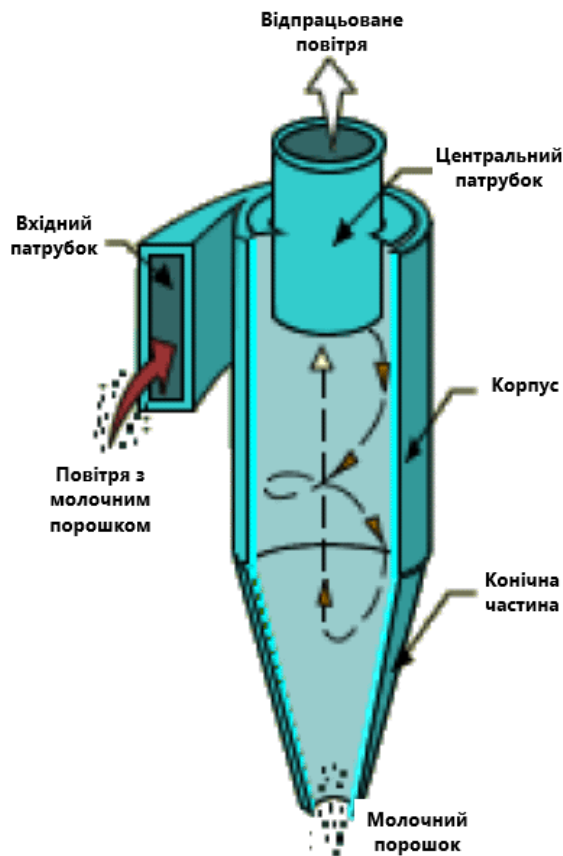


Рис. 1.6 Приклад розвантажувального циклону

Швидкість руху повітря у вхідному патрубку становить 25 м/с, у вихідному – 8 м/с. Відпрацьоване повітря з частинками сухого продукту тангенціально вводиться в порожнину циклону, де набуває обертового руху. Під дією відцентрової сили частинки сухого продукту відокремлюються і осідають на конусоподібне дно. Очищене повітря через патрубок потрапляє на витяжний вентилятор, яким видаляється в атмосферу.

Температура повітря, що йде з сушильної камери коливається в межах 94-104⁰С.

Порошок, який осів в нижній конічній частині сушильної камери, надходить завдяки повітрю на шлюзовий живильник.



Рис. 1.7 Приклад шлюзового живильника

Робочим елементом якого є лопатевий ротор, змонтований в нерухомому корпусі. Вал, на якому жорстко закріплений ротор, приводиться в обертання електродвигуном через редуктор і ремневу передачу.

Молочний порошок, з шлюзового живильника, надходить на пневмотрасу, яка транспортує його в розвантажувальний циклон.

Температура порошку є досить високою, близько 65°C , тому повітря, що використовується для транспортування, попередньо охолоджується холодною водою до температури $17\pm 2^{\circ}\text{C}$.

З розвантажувального циклону відпрацьоване повітря надходить в відцентровий вентилятор і потім видається в атмосферу, а молочний порошок потрапляє на шлюзовий живильник і транспортується на фасування.

Форсунки

Форсунки, які застосовують при розпилювальні продукту, мають вигляд пустотілих конусів, кут відкриття яких $45-60^{\circ}$. Особливістю форсунок для розпилення являється те, що їх конструкція, а саме вхід, забезпечує утворення нормального потоку.



Рис. 1.8 Приклад форсунки для розпилення

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Насос високого тиску

Насос високого тиску служить для подачі продукту на форсунки сушильної камери.

Насос являє собою плунжерний насос клапанного типу.



Рис. 1.9 Приклад плунжерного насоса високого тиску

Головна робоча деталь плунжерного насоса – це плунжер, який здійснює зворотно-поступальні рухи.

Принцип роботи будь-якого агрегату плунжерного типу заснований на тому, що всі рухомі механізми не стикаються з внутрішньою площиною робочої камери.

При переміщенні плунжера назад, створюючи ефект всмоктування рідини в гідравлічну частину, і тим самим відкриває клапан для її поглинання. Потім він переміщується назад. Своїм власним тиском плунжер витісняє рідину і при цьому підвищується її власний тиск. Клапан для поглинання закривається і відкривається клапан напору, який витісняє рідину в технологічну зону.

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 упр. дії
1	Трубопровід подачі згущеного молока	Витрата згущеного молока	2085 кг	Управління	Стан двигуна М	Вплив на двигун М
2	Трубопровід подачі пари	Тиск пари	1.6 МПа	Контроль	Відображення, реєстрація, сигналізація	АРМ оператора
3	Трубопровід подачі гарячого повітря	Температура гарячого повітря	175 ⁰ С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на вентилятор подачі повітря
4	Трубопровід подачі холодної води	Витрата холодної води	10.2 м ³ /год	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора
5	Трубопровід подачі холодного повітря	Температура холодного повітря	10 ⁰ С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на вентилятор подачі повітря

AK

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 2. Система автоматизації.

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

Термометр опору

Принцип роботи термометрів опору заснований на характеристиках провідників та напівпровідників, які змінювати свій опір відповідно до зміни їх температури.

Вимірювальний перетворювач температури SITRANS TF2 фірми “Siemens” єднає 3 елемента в одному пристрої:

- термометр опору Pt100, який знаходиться в захисному патрубку з нержавіючої сталі.
- основа приладу має високий рівень захисту
- налаштування проводиться шляхом використання дисплея на якому розміщені 3 кнопки.

Даний прилад застосовується для індикації та перевірки (контролю) заданої температури, що відслідковується на певній технологічній лінії.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Жураківська А.А</i>			<i>Розробка системи автоматизації технологічного процесу сушіння молока</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>					19	21
<i>Зав. каф.</i>		<i>Ельперін І.В</i>				<i>НУХТ АК-4-2</i>		
<i>Секр. ЕК.</i>		<i>Прскурка Є.С.</i>						



Рис. 2.1 Зовнішні вигляд SITRANS TF2

Переваги даного перетворювача:

1. Висока точність вимірювання;
2. Застосування двопровідної схеми живлення;
3. Простий у своїй конструкції і монтажу.

Основним недоліком є те, що ним не можна вимірювати високі температури, як приклад - в вибухонебезпечних зонах.



Рис. 2.2 Підключення SITRANS TF2 до двопровідної схеми живлення

Таблиця 2.1 Технічні параметри перетворювача температури SITRANS TF2

Принцип вимірювання	
Термометр опору	Pt100, клас В у відповідності з DIN IEC 751
Вхід	
Величина вимірювання	Температура
Максимальний діапазон вимірювань	-50...+200°C (-58...392°F)
Мінімальний інтервал вимірювань	50K (90°F)
Вихід	
Вихідний сигнал	4...20 mA
Нижня межа струму	3.6 mA
Верхня межа струму	23 mA
Вихід захищений від	Нерівної полярності, перенапруги, короткого замикання
Максимальний опір навантаження	$(U_n - 12V) / 0.023A$
Характеристика	Пропорційна температурі
Живлення	
Напруга на клеммах вимірювального перетворювача тиску (U_n)	Від 12 до 30 V DC
Обмеження у застосуванні	
Тиск	Макс. 40 бар (580 psi)
Умови використання	
Температура навколишнього середовища, в межах:	-28...+85°C
Рекомендований діапазон температур, в межах:	-10...+70°C

Витратомір-лічильник з овальними шестернями

Для того, щоб контролювати витрату згущеного молока, яке йде на форсунки сушильної камери, я застосувала витратомір-лічильник з овальними шестернями Kobold DOM-A60HFC.



Рис. 2.3 Зовнішній вигляд Kobold DOM-A60HFC

Принцип дії ґрунтується на відмірюванні певних обсягів рідини, які утворюються між стінками вимірювальної камери 1 і овальними шестернями 2 і 3, при обороті останніх під впливом руху вимірювальної рідини.

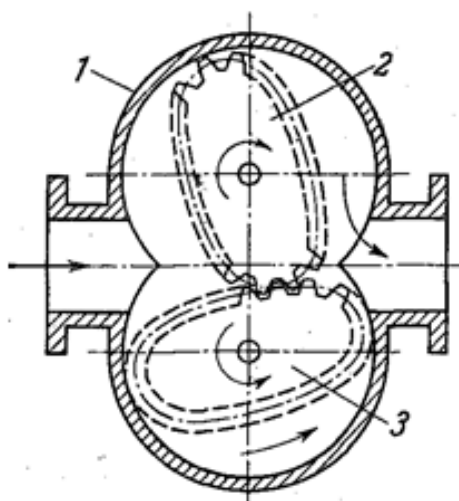


Рис. 2.4 Схематичне зображення лічильника рідини з овальними шестернями

Регулятор потоку може бути застосований як закритий лічильник з імпульсним виходом, спроможний взаємодіяти з багатьма моніторингових та контролюючих приладами, або - лічильник може бути повністю обладнаний такими приладами, як суматори, лічильники швидкості або контролери.

Датчик тиску з HART-протоколом

В області вимірювання тиску було створено серію малогабаритних мікропроцесорних датчиків тиску АІР-10Н в корпусі НГ-06.



Рис. 2.5 Зовнішній вигляд датчика тиску АІР-10Н в корпусі НГ-06.

Датчик тиску АІР-10Н в корпусі НГ-06 призначений для безперервного перетворення значень абсолютного тиску, надлишкового тиску, надмірного тиску - розрідження, різниці тисків і гідростатичного тиску рідких та газоподібних середовищах в уніфікований вихідний струмовий сигнал 4-20 мА і в цифровий сигнал на базі HART-протоколу.

Такий широкий вибір робить серію АІР-10Н універсальною і дозволяє застосовувати в більшості технологічних процесів для вимірювання не тільки тиску, а й рівня або витрати.

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

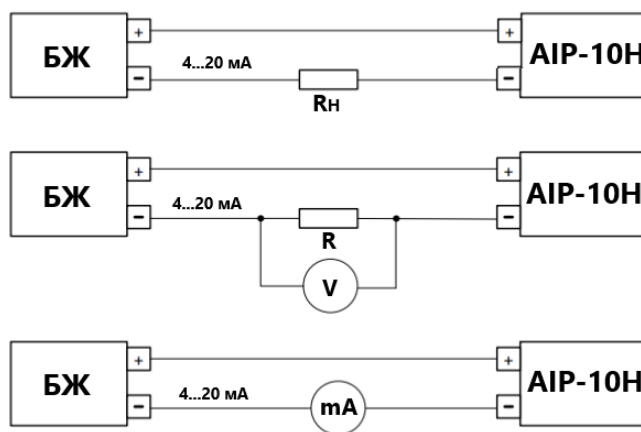
Таблиця 2.2 Основні технічні характеристики

Верхня межа вимірювань	Абсолютний тиск	4 кПа...2,5 МПа
	Надлишковий тиск	4 кПа...60 МПа
	Надлишковий тиск-розрідження	±5 кПа...(-0,1...2,4) МПа
	Диференціальний тиск	4 кПа...2,5 МПа
	Гідростатичний тиск	4 кПа...250 кПа
Клас точності	Від 0,1%	
Додаткова температурна похибка	Від $(0,03+0,05* \times P_{\text{ВМАХ}} / P_{\text{В}})$ на кожні 10 ⁰ С	
Одиниці виміру	Па, кПа, МПа, кгс/см ² , кгс/м ² , атм., mbar, bar, мм.рт.ст., мм.вод.ст	
Глибина перенастроювання діапазонів	1:25	
Вихідний сигнал	4...20 мА / HART	
Конфігурація	HART-протокол	
Пило-вологозахист	IP65 (IP67)	

Датчик тиску АІР-10Н складаються з первинного перетворювача і електронного пристрою. Середовище, яке подається під тиском, потрапляє в камеру первинного перетворювача і деформує його мембрану, що призводить до зміни електричного опору розташованих на ній тензорезисторів, включених в електричний ланцюг дільника напруги, в результаті чого первинний перетворювач видає сигнал напруги.

Електронний пристрій перетворить електричний сигнал в цифровий код значення вимірюваного тиску, який потім перетворюється в уніфікований струмовий вихідний сигнал і (або) сигнал на базі HART-протоколу.

Підключення AIP-10H по струмовій петлі



Мережеве підключення AIP-10H по HART-інтерфейсу

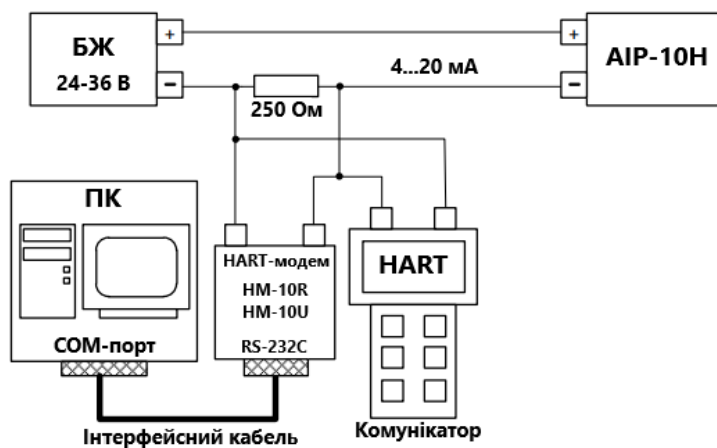


Рис. 2.6 Приклад схем електричних підключень даного датчика

Пневматичний клапан

Регулюючим органом мною було вибрано двоходоний клапан ARI-STEVI SMART 440 з сальниковим ущільненням штока компанія ARI-Armaturen GmbH (Німеччина).



Рис. 2.7 Зображення клапан ARI-STEVI SMART 440

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Перевагою даної компанії є те, що вона виробляє широкий спектр регулюючих клапанів з різноманітними затворами, дозволяючи підібрати найбільш підходящу внутрішню конструкцію регулюючих клапанів під певну задачу, забезпечуючи високу точність регулювання технологічного процесу і тривалий безвідмовний термін служби.

Таблиця 2.3 Технічні характеристики регулюючого клапана ARI-STEVI SMART 440

<i>Основні технологічні дані</i>	
Номінальні діаметри	DN 15...250
Номінальний тиск, бар	PN 16, 25, 40
Діапазон значень kvs	2,5...1000 м ³ /год
Діапазон регулювання	50:1
Температура робочого середовища	-60...+450
Тип затвору	Параболічний (стандарт), шліцьовий, збалансований по тиску
Приєднання	Фланцеве по стандарту DIN
Приводи	Електричні ARI - Premio, Auma, FR (з аварійною функцією) та пневматичні DP
<i>Матеріали основних вузлів</i>	
Корпус	сірий чавун EN-JL 1040, високоміцний чавун EN-JS 1049, нормалізована вуглецева сталь 1.0619+N, кислотостійка н/ж сталь 1.4408 (CrNiMo)
Внутрішні деталі (сідло, затвор, шток):	н/ж сталь 1.4021 + QT (Cr13 з загартуванням), 1.4571 (CrNiMoTi)

Трифазний асинхронний двигун

Трифазні електродвигуна AIP призначені для комплектації електроприводів різних установок, агрегатів і механізмів.

В даному випадку було обрано електродвигун AIP 132 S4 потужністю 7,5 кВт при фактичній частоті обертання валу 1450 об/хв.



Рис. 2.8 Зображення електродвигуна AIP 132 S4

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Основною перевагою асинхронних двигунів АІР є те, що в них проста конструкція. Їх легко виробляти, тому вартість - невисока. Обслуговування та ремонт також не вимагають великих витрат.

Також для даних двигунів характерний високий ККД, який може досягати до 85%.

Таблиця 2.4 Технічні характеристики електродвигуна АІР132 S4

Параметр		Значення
Потужність	P	7.5 кВт
Частота обертання умовна (фактична)	v	1500 (1450) об/хв
Напруга	U	380/660 В
Сила струму	I	15.6 А
ККД	μ	87%
Коефіцієнт потужності	$\cos\varphi$	0.84
Співвідношення крутних моментів	$M_{\Gamma}/M_{Н}$	2.3
Співвідношення крутних моментів	$M_{\max}/M_{Н}$	2.3
Співвідношення струмів	$I_{\Gamma}/I_{Н}$	7.0
Момент інерції	J	0.0227 кг*м ²
Рівень шуму	L	71 дБ(А)
Об'ємні розміри в упаковці	V	65x36x41 см ³
Вага нетто	$m_{\text{нетто}}$	64 кг
Вага брутто	$m_{\text{брутто}}$	67 кг

Підключення трифазного електродвигуна АІР 132 S4 до мережі 380 та 660 В можна здійснити двома варіантами:

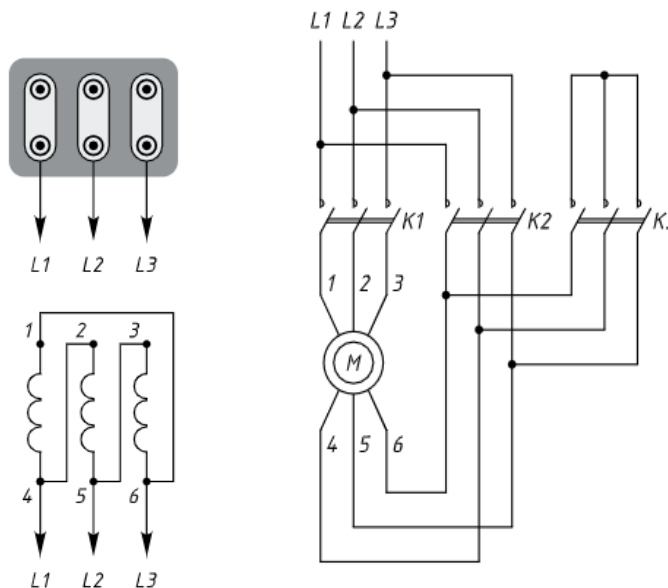


Рис. 2.9 Приклад схем підключення електродвигуна АІР 132 S4 до мережі 380 та 660 В

Підключення «трикутник»: дозволяє використовувати всю заявлену потужність електродвигуна. Але і вона має недолік для пускового моменту: пуск провокує негативний ріст пускових моментів. Для рішення цієї проблеми використовують частотний перетворювач.

Підключення «комбінована»: дозволяє використовувати всі переваги двох окремих схем і обійти їх недоліки. Суть цього рішення полягає в тому, що двигун запускається за схемою «зірка», а при досягненні оптимального числа обертів перемикається на схему «трикутник». Таким чином пуск електродвигуна виходить плавним з невеликими пусковими струмами, а після перемикання схем його потужність збільшується на 30% і повністю відповідає заявленій в паспорті.

Частотний перетворювач

Частотний перетворювач Danfoss VLT Micro Drive FC-051 7.5 кВт - універсальний компактний загальнопромисловий привід, має векторну і скалярну системи управління двигуном.



Рис. 2.10 Зовнішній вигляд Danfoss VLT Micro Drive FC-051 7.5 кВт

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Основні функціональні можливості частотного перетворювача Danfoss VLT Micro Drive:

- підвищена міцність і стійкість до зовнішніх впливів;
- багатоцільовий привід;
- вбудований ПД-регулятор;
- вбудований інтерфейс RS-485 FC-Protocol, Modbus RTU;
- векторне управління, управління по вольт-частотній характеристиці U / F ;
- автоматична оптимізація енергоспоживання (АЕО);
- автоматична адаптація до двигуна;
- вбудований програмований логічний контролер;
- 150% перевантаження протягом 1 хвилини;
- електронне теплове реле;
- вбудований фільтр ВЧ перешкод;
- можливість зняття і установки панелі управління під час роботи, функція копіювання.

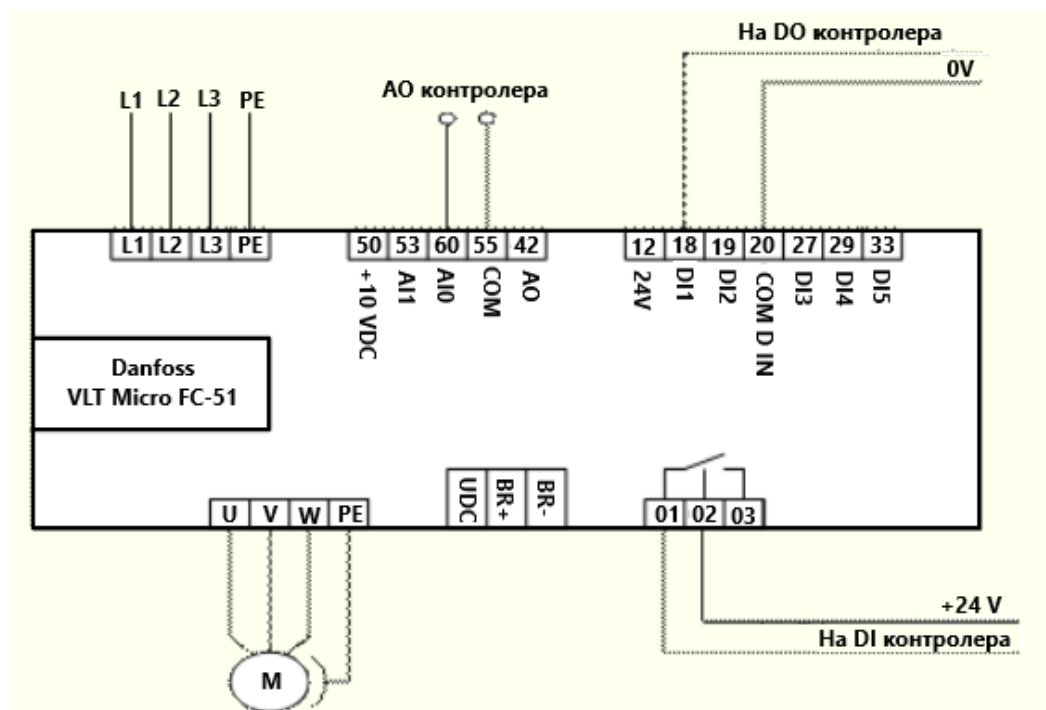


Рис. 2.11 Схема підключення Danfoss VLT Micro Drive FC-051

Поршневий компресор

Для продуктивної роботи пневматичної системи потрібно обрати компресор.

Повітряний компресор Matari M740E55-3 розроблений на основі сучасних технологій і являє собою складний електромеханічний виріб, який призначений для виробництва стисненого повітря і дозованої подачі під тиском споживачам.



Рис. 2.13 Зовнішній вигляд Matari M740E55-3

Основні переваги компресора Matari M740E55-3 – це:

1. висока продуктивність і тиск, достатні для використання даного агрегату в промислових цілях;
2. великий обсяг ресивера, що дозволяє підключати до себе декілька інструментів одночасно;
3. безшумна робота і безпека для навколишнього середовища;
4. компактність, яка забезпечує зручне зберігання, а в поєднанні з коліщатами і ручкою, також і транспортування.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

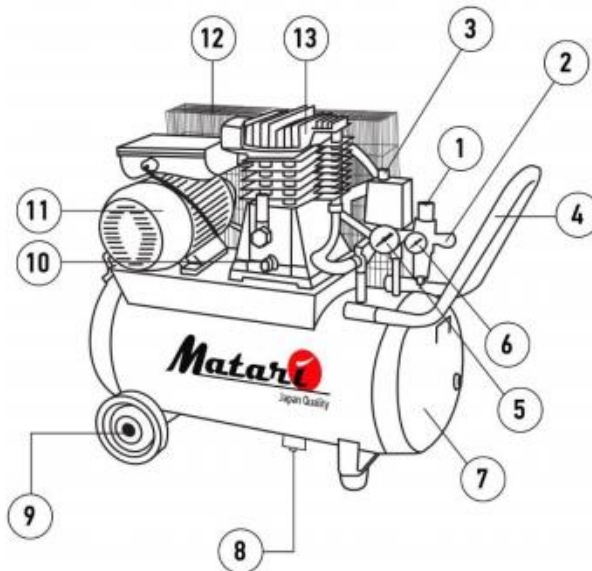


Рис. 2.14 Будова компресора:

1 – регулятор вихідного тиску, 2 – випускний вентиль, 3 – реле тиску, 4 – транспортна рукоятка, 5 - манометр для вимірювання тиску в ресивері, 6 - манометр для вимірювання тиску на виході, 7 - повітряний ресивер, 8 - зливний кран конденсату, 9 - транспортувальне колесо, 10 - вікно рівня масла, 11 – електродвигун, 12 - кожух ремінного приводу, 13 - компресорна група.

Таблиця 2.5 Технічна характеристика Matari M740E55-3

Тип компресора	Поршневий
Привід	Ремінний
Розташування ресивера	Горизонтальне
Продуктивність на вході	880 л / хв
Продуктивність на виході	740 л / хв
Тиск	10 бар
Обсяг ресивера	270 л

Таблиця 2.6 Технічна характеристика двигуна

Двигун	Електричний
Ступінь захисту	IP54
Потужність двигуна	5,5 кВт
Кількість фаз	Трифазний
Напруга	380В
Частота	50 Гц
Кількість циліндрів	3
Ступінь стиснення	1

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Блок ручного управління

Блок ручного управління БРУ-17 розроблений саме для застосування в місцевих і комбінованих системах автоматизації.

Основною відмінністю даного блоку від інших є те, що в нього присутнє гальванічне ізолювання між входами, виходами, ланцюгом живлення і інтерфейсом.



Рис. 2.15 Зовнішній вигляд блоку ручного управління БРУ-17

Блок ручного управління БРУ-17 служить для переключання ланцюгів управління виконавчими пристроями і механізмами, індикації робочого режиму, вимірювання та індикації одного технологічного параметру.

Також даний пристрій можна використовувати як:

- 1) станцію ручного управління аналоговими виконавчими механізмами, яка містить в собі індикацію режимів роботи;
- 2) блок, який, в свою чергу, призначений для вимірювання, обробки, перетворення і відображення вхідних фізичних параметрів (наприклад – рівень, температура, тиск і інші) на вбудованому цифровому індикаторі; а ще – утворювати вихідні сигнали технологічної сигналізації.

Таблиця 2.7 Технічна характеристика БРУ-17

Аналогові вхідні сигнали	
Кількість аналогових входів	1
Тип вхідних аналогових сигналів	<ul style="list-style-type: none"> • 0...5мА ($R_{вх}=400 \text{ Ом}$); • 0...20мА ($R_{вх}=100 \text{ Ом}$); • 4...20мА ($R_{вх}=100 \text{ Ом}$); • 0...10В ($R_{вх}=25 \text{ кОм}$).
Межа основної приведенної похибка вимірювання вхідних параметрів	$\leq 0,2\%$
Точність індикації	0,01 %
Межа допоміжної похибки, викликані зміною температури навколишнього середовища	$< 0,2 \% / 10^{\circ}\text{C}$
Аналогові вихідні сигнали	
Кількість аналогових виходів	1
Тип вихідного аналогового сигналів	<ul style="list-style-type: none"> • 0...5 мА ($R_{н}\leq 2\text{кОм}$); • 0...20 мА ($R_{н}\leq 500 \text{ Ом}$); • 4...20 мА ($R_{н}\leq 500 \text{ Ом}$); • 0..10В ($R_{н}\geq 2\text{кОм}$).
Межа основної зведеної похибки формування вихідного сигналу	$\pm 0,2\%$

Підключення сигналів до блоку ручного управління БРУ-17 здійснюється за допомогою роз'ємів-клем з пружинними сполуками, які встановлюються на задній стінці приладу.

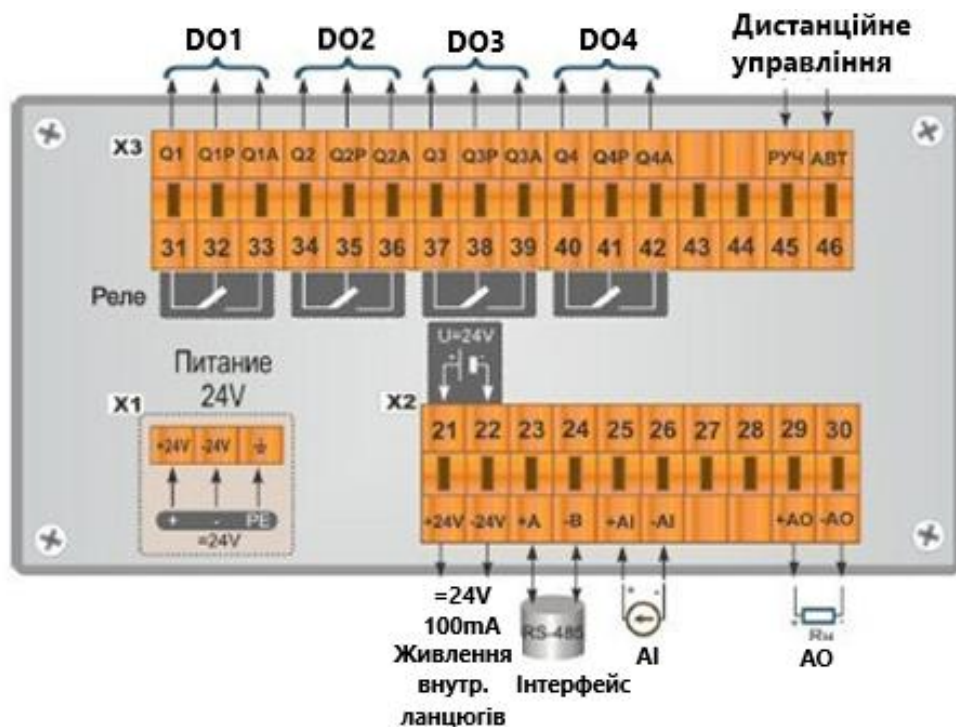


Рис. 2.16 Підключення до БРУ-17

Електро-пневматичний перетворювач

ASCO Numatics Series 617 Sentronic LP - це сімейство високоефективних та економічних пропорційних клапанів з цифровим керуванням, які ідеально підходять для вимог регулювання тиску.

ЕПП перетворює пропорційний електричний сигнал 4...20 мА або 0...10 В у пропорційний пневматичний сигнал, що лежить, зазвичай, в діапазоні 20...100 кПа. Для коректної роботи ЕПП потрібно його підключити до ліній зв'язного повітря.



Рис. 2.17 Зовнішній вигляд Sentronic LP серії 617 ASCO Numatics

Особливості Sentronic LP:

- 1) Розшифровується як:
 - Низьке споживання енергії (3,8 В);
 - Цифрове спілкування та управління;
 - Дисплей (інтегрований) з функціональними кнопками;
 - Пілотний пропорційний клапан
- 2) Інші функції – це діагностика клапанів, налаштування параметрів та обслуговування;

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

- 1) Вихідний тиск клапана також можна регулювати за допомогою вбудованого дисплея та функціональні кнопки;
- 2) RoHS, сумісний з REACH.

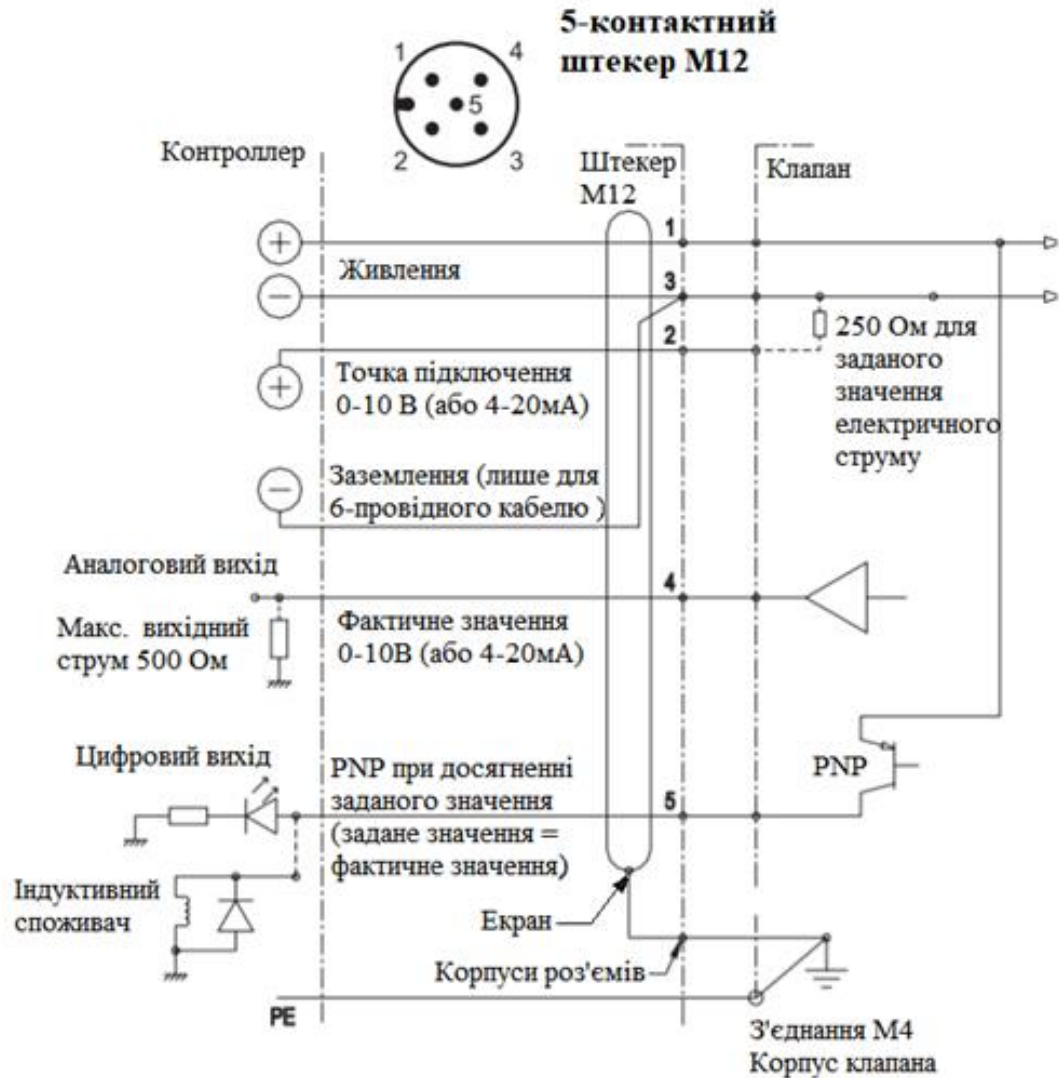


Рис. 2.18 Електричне підключення Sentronic LP серії 617 ASCO Numatics

2.2 Опис схеми автоматизації

Функціональна схема автоматизації процесу сушки молока відображає: управління двигуном і контроль витрати згущеного молока, яке надходить в сушильну камери; керування двигунами для подачі повітря в калорифер і охолоджувач; регулювання температури повітря в трубопроводі за допомогою клапана; контроль тиску пари, яка подається з котельні в калорифер; подачу і контроль витрати води; регулювання температури повітря в трубопроводі за допомогою клапану подачі води; управління двигуном для відведення відпрацьованого повітря з сушильної камери.

Контур контролю витрати згущеного молока і витрати води складається з витратоміра-лічильника **Kobold DOM-A60HFC** (поз.1а і 6а), який вмонтовується в трубопровід. Вимірювання витрати здійснюється за рахунок проходження продукту через порожнину, де знаходиться овальні шестерні, які обертаються навколо своєї осі, повний оберт – один дискретний імпульс. Даний прилад підключається на дискретний вхід контролера. Потік згущеного молока управляється двигуном **AIP 132 S4**.

Температура повітря в трубопроводі вимірюється та контролюється за допомогою термометра опору **SITRANS TF2** (поз. 2а і 5а) фірми “Siemens”. Прилад має діапазон вимірювання $-50\dots 200^{\circ}\text{C}$ та вихідний сигнал 4...20мА. Для перетворення сигналу використовується електро-пнеumo перетворювач **Sentronic LP серії 617 ASCO Numatics** (поз. 2б і 5б), який видає пневматичний сигнал 20...100 кПа для клапана **ARI-STEVI SMART 440** (поз. 2в і 5в), який в свою чергу керує, в першому випадку, потоком пари, в другому - води. Всі дані зображаються на ПК та панелі оператора.

Контролю тиску пари в трубопроводі, яка подається з котельні, здійснюється за допомогою датчик **AIP-10H в корпусі НГ-06** (поз. 3а), який має аналоговий вихід 4...20 мА.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Датчик комплектується індикаторним пристроєм, який відображає значення тиску за допомогою 4-розрядного світлодіодного індикатора.

Для контур управління подачею повітря для нагрівання і охолодження використовується двигун **AIP 132 S4**, управління яким виконується за допомогою частотного перетворювача **Danfoss VLT Micro Drive FC-051** (поз. 4б і 7б) через блок ручного управління **БРУ-17** (поз. 4а і 7а). Керуючий сигнал поступає з аналогового модуля виходів ПЛК. Для аварійного захисту двигуна **AIP 132 S4** встановлена кнопка **СТОП** (поз. SB3 і SB4). Потужності двигуна і частотного перетворювача є однаковими (7.5 кВт), тим самим вони є сумісними. Всі дані реєструються і зберігаються в ПК.

Для контуру відведення відпрацьованого повітря з сушильної камери використовується двигун **AIP 132 S4**, який має дискретне управління.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		37

2.3 Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.8 Специфікація засоби автоматизації

№ п/п	№ поз. За схемою	Місце встановлення	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	К-ст	Виробник
1	2	3	4	5	6	7
1	1а, 6а	по місцю	Витратомір-лічильник з овальними шестернями, які обертаються з певною частотою та видають імпульс при проходженні рідини через вимірювальну камери за один оберт. Жив. 24В.	Kobold DOM-A60HFC	2	КOBOLD, Німеччина
2	2а, 5а	По місцю	Термометр опору Pt100 з уніфікованим вихідним сигналом 4...20 мА та діапазоном вимірювання - 50...200 ⁰ С. Жив. 24В	SITRAN S TF2	2	Siemens, Німеччина
3	3а	По місцю	Вимірювальний перетворювач тиску з уніфікованим вихідним сигналом 4...20мА і цифровим сигналом на базі HART-протоколу, точність від 0.1%. Жив. 24В	AIP-10H	1	Елемер, Росія
4	2в, 5в	По місцю	Пневматичний виконавчий механізм. Ржив=140кПа	ARI-STEVI SMART 440	2	ARI-Armaturen GmbH, Німеччина
5	2б, 5б	На щиті	Електро-пнеumo перетворювач. Перетворює пропорційний електричний сигнал 4...20 мА або 0-10 В в пропорційний пневматичний сигнал 20-100 кПа. Ржив=140 кПа.	Sentronic LP серії 617 ASCO Numatics	2	ASCO™, США
6	4а, 7а	На щиті	Блок ручного управління для перемикачів на ручне керування. Вхідний сигнал 4...20 мА, Rвх = 100 Ом, керуючий сигнал 4...20 мА, Rвх ≤ 500 Ом	БРУ-17	2	Микрол, Росія

Арк. 1

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Продовження таблиці 2.8

7	46, 76	На щиті	Перетворювач частоти. Потужність 7,5 кВт. Живлення 380В	Danfoss VLT Micro Drive FC- 051	2	Danfoss, Данія
8	M1, M2, M3, M4	По місцю	Трифазний асинхронний двигун. Потужність 7,5 кВт 1500 об/хв. Живлення 380 В.	AIP 132 S4	4	АІР м. Київ
9	SB1, SB3, SB4,SB5	По місцю	Кнопка з фіксацією, грибкоподібна. Номінальне робоче навантаження 110/230/600В. Ступінь захисту IP40.	LAY5- BT42	4	ІЕК, Україна
10	KM1, KM2	По місць	Пускач магнітний безконтактний нереверсний, I=160А, робоча напруга 220...380 В.	ПМ - 12160210 УЧВ	2	Електроприроб, М. Чебоксари

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

3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера

В даному випадку я застосувала промисловий логічний контролер міжнародної компанії Schneider Electric.

На сьогоднішній день компанія Schneider Electric є одним з найбільш відомих світових брендів з виробництва електротехнічної продукції та засобів автоматизації, які призначені для житлових, офісних і виробничих приміщень.

Також Schneider-Electric постійно удосконалює асортимент своєї продукції, намагаючись зайняти на ринку лідируючі позиції.

З огляду на це, мною було обрано ПЛК Modicon M340, який має функції високого рівня, широкі можливості інструментального програмного середовища UNITY PRO, який в свою чергу полегшує і значно скорочує час розробки програми та введення в експлуатацію.

Фізична структура Modicon M340

Елементна база системи промислових контролерів Modicon M340 представляє собою набір спеціалізованих модулів.

Всі модулі закріплюються на шасі, які в свою чергу, виконують дві функції:

- є основою для механічного кріплення модулів в комунікаційній шафі;
- забезпечує електричне з'єднання модулів.

Система M340 допускає застосування від одного до чотирьох шасі з різною кількістю місць установки модулів. Всі модуля з'єднані між собою шиною Bus X, яка має загальну довжину до 30 м.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Жураківська А.А</i>			<i>Розробка системи автоматизації технологічного процесу сушіння молока</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>					40	9
<i>Зав. каф.</i>		<i>Ельперін І.В</i>				<i>НУХТ АК-4-2</i>		
<i>Секр. ЕК.</i>		<i>Прскурка Є.С.</i>						

Всі модулі, враховуючи процесорний, живляться по внутрішній шині від модуля живлення BMX CPS 2000. Він ставиться в шась в роз'єм з маркуванням CPS. Також даний модуль живлення має аварійне реле. Реле позначається номером 0 на шасі. Споживчу потужність можна переглянути при конфігурації ПЛК.



Рис. 3.1 Зовнішній вигляд BMX CPS 2000

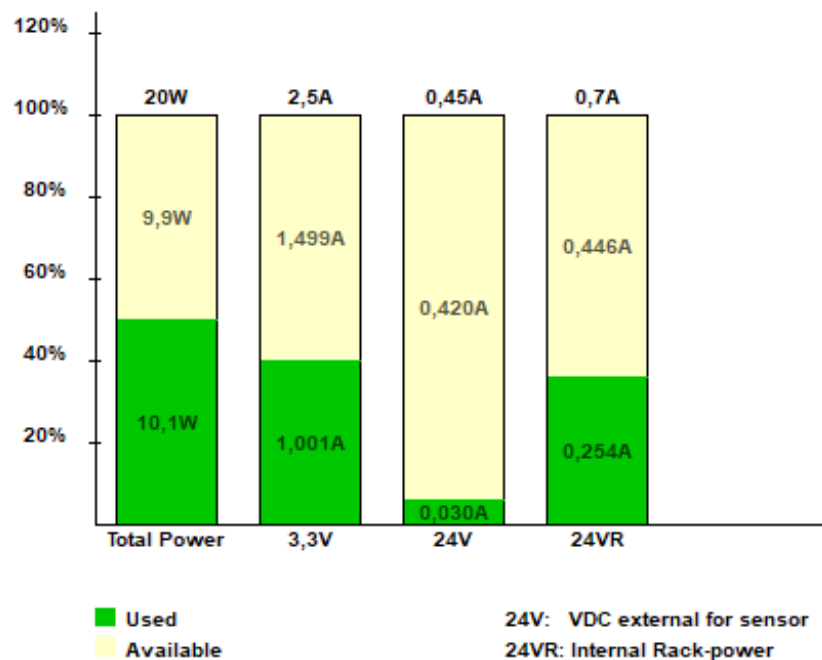


Рис. 3.2 Розподіл споживчої потужності

Процесорний модуль М340 був обраний ВМХ Р34 2000.



Рис. 3.3 Зовнішній вигляд ВМХ Р34 2000

Таблиця 3.1 Загальна характеристика процесорного модуля

Характеристика		ВМХ Р34 2000
Максимальна кількість	шасі	4
	Дискретних входів + виходів	1024
	Аналогових входів + виходів	256
	Лічильних каналів	36
Обсяг RAM	Загальний розмір	4096 Кб
	Для програм, констант, символів	3584 Кб
	Для даних	256 Кб
Максимальна кількість об'єктів	Внутрішні біти %Mi	32464
	Внутрішні слова %MWi	32464
	Нелокалізовані змінні	256
Внутрішня комунікація	Послідовний RS-485/RS-232C	+

Даний процесорний модуль задовільняє технологічне завдання завдяки своїм функціональними можливостями.

Тепер перейдемо до вибору дискретних і аналогових модулів згідно завдання.

Вибір модулів для ПЛК М340 наведено в таблиці 3.2:

Модулі вводу/виводу		Примітка
Найменування	Кількість	
BMX P34-2000	1	Процесор
BMX CPS 2000	1	Блок живлення
BMX DDM 16022	1	Змішаний дискретний модуль
BMX AMI 0410	1	Модуль аналогових входів
BMX AMO 0410	1	Модуль аналогових виходів

Апаратна конфігурація ПЛК UNITY PRO в виглядає наступним чином:

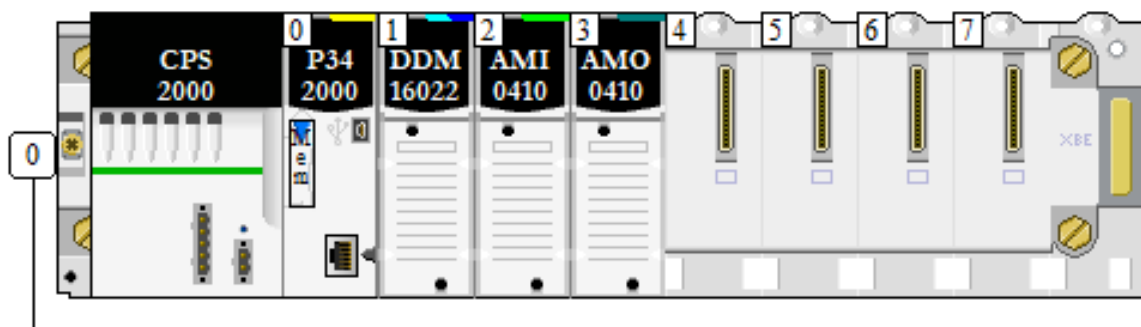


Рис. 3.4 Апаратна конфігурація

Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

Дискретні входи/виходи. До змішаного дискретного модуля BMX DDM 16022 на вхід підключається дві кнопки для екстреної зупинки двигунів, дві кнопки для управління частотним перетворювачами та два витратоміра, а на вихід підключається магнітні пускачі.

Аналогові входи. До модуля аналогових входів BMX AMI 0410 підключається датчик тиску та два датчики температури, які мають уніфікований сигнал 4...20 мА.

Аналогові виходи. До модуля аналогових виходів BMX AMO 0410 підключається два частотних перетворювача для управління двигуна і також два електро-пнеumo перетворювачі з уніфікованим сигналом 4...20 мА.

На принциповій схемі підключення контрольно-вимірювальних приладів та виконавчих механізмів до ПЛК процесу сушки молока було застосовано такі елементи:

- автоматичні вимикачі в силових ланцюгах: QF1-QF9 – використовується для включення і відключення певних гілок або для автоматичного відключення у разі короткого замикання;
- блоки живлення: БЖ1-БЖ4 – використовується для перетворення змінної напруги в постійну для живлення датчиків, кнопок та магнітних пускачів.

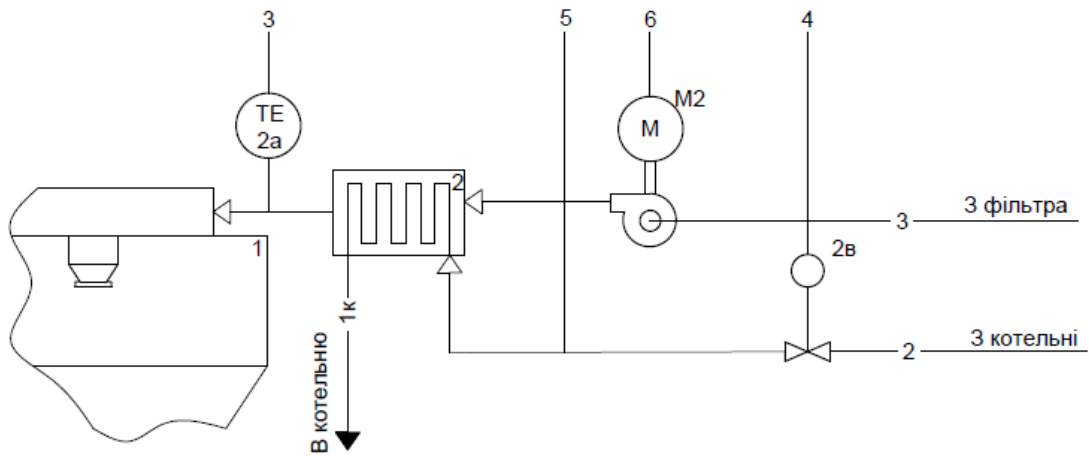
На принциповій схемі підключення контрольно-вимірювальних приладів та виконавчих механізмів до ПЛК процесу сушки молока було використано наступні позначення:

- нумерація відгалужень в котрих проходить пневматичний сигнал від компресора до клапана та електр-пнеumo перетворювача розпочинається з 001(001-005);
- нумерація провідників в котрих протікає сигнал від датчиків до ПЛК розпочинається з 100(100-115);
- нумерація провідників в котрих протікає сигнал управління від ПЛК до електро-пнеumo перетворювачів розпочинається з 200(200-207);
- нумерація провідників в котрих протікає змінний струм розпочинається з 800(800-829);
- нумерація провідників в котрих протікає постійний струм розпочинається з 900(900-927).

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2. Розширені схеми підключення для окремого контуру

Контур регулювання температури повітря в трубопроводі за допомогою подачі пари



		3	4	5	6
		175°C	20...100кПа	1.6МПа	
Прилади по місцю		ТТ 2а		РТ 3а	Н SB3
Прилади на щиті			ТУ E/P 2б		НС 4а СИ 4б
ПЛК	У	•	•	•	•
	ВА				
	АВ				
	ВД				
ПК	С	•	•	•	•
	І	•	•	•	•
	С	•	•	•	•
	А	•	•	•	•

Позначення	Найменування
1	Сушильна камера
2	Паровий калорифер
- 1к -	Конденсат
- 2 -	Пара
- 3 -	Повітря

Рис. 3.5 Функціональна схема автоматизації контуру регулювання температури повітря в трубопроводі за допомогою подачі пари

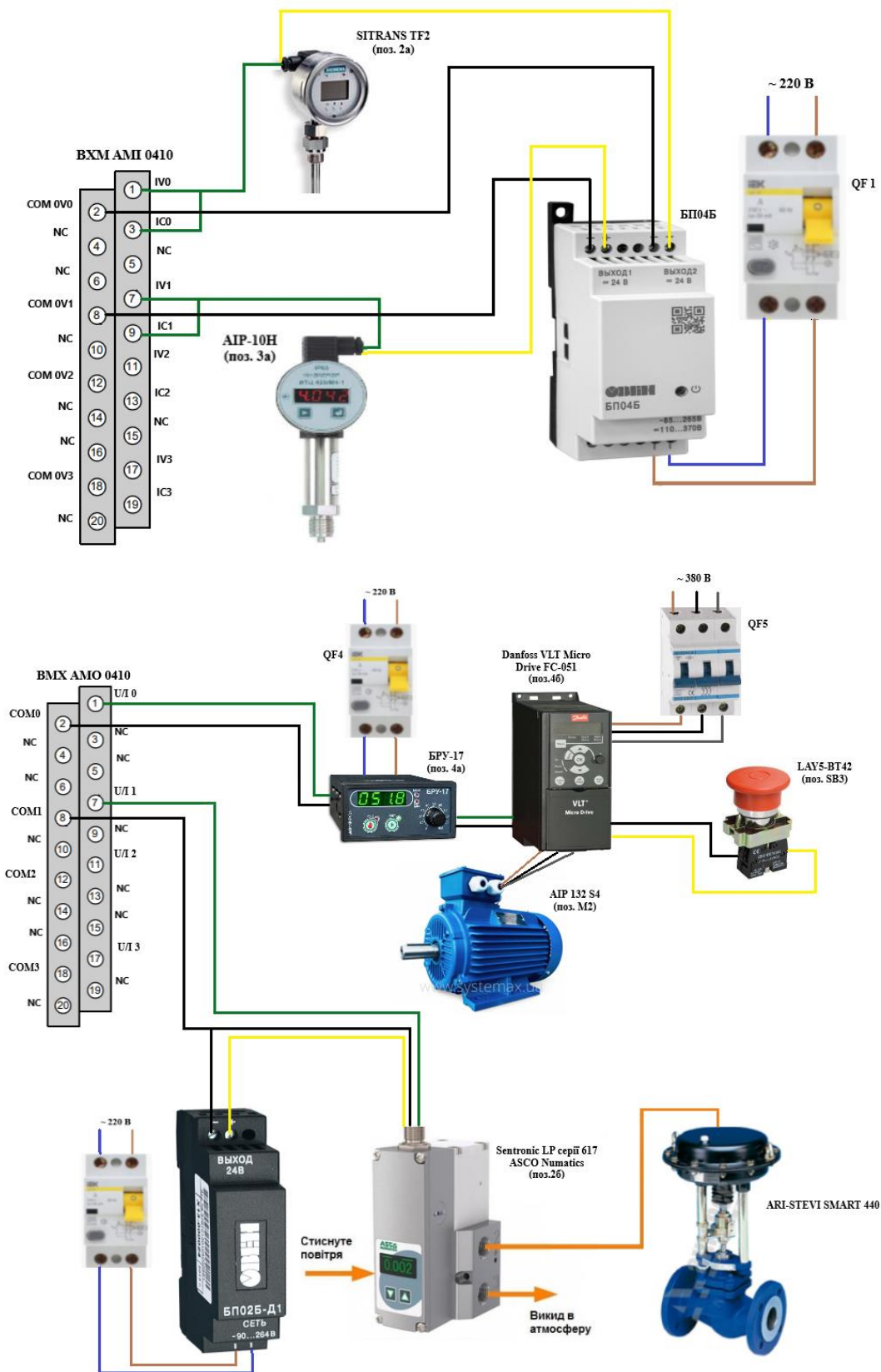


Рис. 33 Графічна схема підключення датчика температури і тиску, перетворювача та пневматичного клапана і частотного перетворювача до модулів ПЛК Schneider Electric M340.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Контур регулювання температури повітря в трубопроводі за допомогою подачі пари працює наступним чином.

Датчики температури SITRANS TF2 (поз. 2а) і тиску AIP-10H (поз. 3а) підключається за допомогою струмової петлі до модуля аналогових входів BMX AMI 0410. Живлення датчиків відбувається через блока живлення БП04Б з вихідною напругою 24 В , який в свою чергу під'єднаний до мережі через автоматичний вимикач QF1.

Пневматичний клапан ARI-STEVI SMART 440 (поз. 2в) підключається до електро-пнеumo перетворювача Sentronic LP серії 617 ASCO Numatics (поз. 2б), який під'єднаний на 7 і 8 канали аналогового вихідного модуля BMX AMO 0410 та перетворює пропорційний електричний сигнал 4...20 мА, у пропорційний пневматичний сигнал 20...100 кПа.

Також до модуля BMX AMO 0410 підключається частотний перетворювач. Вихідний сигнал 4...20 мА від модуля передається на блок ручного управління БРУ-17 (поз. 4а), який в свою чергу живиться від мережі через автоматичний вимикач QF4. Далі сигнал від блоку ручного управління передається частотному перетворювачу Danfoss VLT Micro Drive FC-051 (поз. 4б), котрий керує двигуном AIP 132 S4 (поз. M2) та живиться через автоматичний вимикач QF5.

На схемі підключення зображена кнопка LAY5-BT42 (поз. SB3) аварійної зупинки, що встановлюється як по місцю, так і на щиті.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу

В даній роботі мною було використано датчик тиску АІР-10Н в корпусі НГ-06, який контролює тиск пари в трубопроводі, що подається з котельні в паровий калорифер для нагріву повітря, яке в свою чергу надходить в сушильну установку.

Зовнішній вигляд даного датчика зображений на рисунку 4.1.



Рис. 4.1 Зовнішній вигляд датчика тиску АІР-10Н в корпусі НГ-06

					<i>Кваліфікаційна робота</i>					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Розробка системи автоматизації технологічного процесу сушіння молока</i>			<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Жураківська А.А</i>						49	4	
<i>Керівник</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>						<i>НУХТ АК-4-2</i>		
<i>Зав. каф.</i>		<i>Ельперін І.В</i>								
<i>Секр. ЕК.</i>		<i>Прскурка Є.С.</i>								

Конструкція та принцип роботи датчика тиску АІР-10Н

Датчик АІР-10Н складається з первинного перетворювача і електронного приладу. Середовище під тиском надходить в камеру первинного перетворювача і деформує його мембрану, що призводить до зміни електричного опору на тензорезисторів, включених в електричний ланцюг ділянки напруги, в результаті чого первинний перетворювач видає сигнал напруги.

Електронний пристрій перетворить електричний сигнал в цифровий код значення вимірюваного тиску, який потім перетворюється в уніфікований струмовий вихідний сигнал і (або) сигнал на базі HART-протоколу.

Конструктивно АІР-10Н складається з металевого корпусу, в якому розміщений модуль електричного приладу. З одного торця корпусу угвинчений штуцер з первинним перетворювачем, на іншому кінці корпусу встановлені герметична вилка.

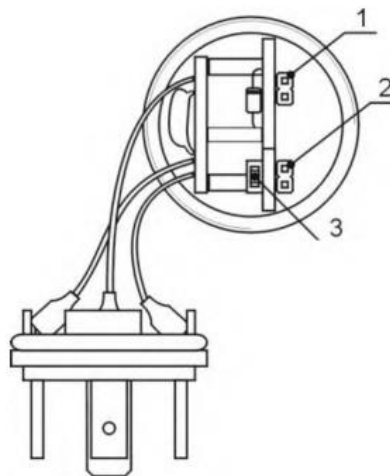


Рис. 4.2 Вид згори на електронний пристрій зі знятою кришкою і виделкою зовнішнього підключення

Позначення до рисунку 4.2 :

- 1 - перемичка (джампер) блокування записи по HART;
- 2 - перемичка (джампер) блокування геркона установки «нуля»;
- 3 - кнопка установки «нуля».

Для корпусу НГ-06 доступ до органів управління і з'єднання здійснюється за допомогою зняття вилки зовнішнього підключення, для цього відвертають пластмасову гайку кріплення і знімають вилку з кільцем ущільнювача.

AIP-10H в корпусі НГ-06 може комплектуватися індикаторним пристроєм ІТЦ 420(Ex)/M4-1 (або ІТЦ 420(Ex)/M4-2). ІТЦ 420(Ex)/M4-1 (або ІТЦ 420(Ex)/M4-2) відображає вимірне значення тиску за допомогою 4-розрядного світлодіодного індикатора. Пристрій має можливість обертання індикатора на 330°.



Рис. 4.3 Зовнішній вигляд індикаторних пристроїв
ІТЦ 420(Ex)/M4-1 та ІТЦ 420(Ex)/M4-2

Параметри :

- основна похибка - $\pm 0,1\%$, $\pm 0,2\%$;
- температурний діапазон експлуатації - $-50\dots+70\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- червона СД-індикація 8 мм;
- можливість обертання індикатора на 330°.

Монтаж датчика

AIP-10H монтується на посадочне місце в положенні, зручному для експлуатації та обслуговування.

При виборі місця установки AIP-10H необхідно враховувати наступне:

1. місця установки AIP-10H повинні забезпечувати зручні умови для обслуговування та демонтажу;
2. температура, відносна вологість навколишнього повітря, параметри вібрації не повинні перевищувати допустимі значення;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

3. напруженість магнітних полів, викликаних зовнішніми джерелами змінного струму частотою 50 Гц, не повинна перевищувати 400 А/м;
4. для забезпечення надійної роботи АІР-10Н в умовах жорсткої і вкрай жорсткої електромагнітної обстановки електричні з'єднання необхідно вести крученими парами або крученими парами в екрані. Екран при цьому необхідно заземлити.

Електричний монтаж перетворювачів повинен проводитися відповідно до схем електричних підключень наведених вище.

Сполучні трубки від місця відбору тиску до АІР-10Н повинні бути прокладені по найкоротшій відстані. Довжина лінії має бути достатньою для того, щоб температура середовища, що надходить в АІР-10Н, не перевищувала граничної робочої температури.

Рекомендована довжина - не більше 15 м.

Сполучні лінії повинні мати односторонній ухил (не менше 1:10) від місця відбору тиску вгору до АІР-10Н, якщо вимірювальне середовище - газ, і вниз до АІР-10Н, якщо вимірювальне середовище - рідина.

Перед з'єднанням до датчику тиску АІР-10Н лінії повинні бути ретельно продуті для зменшення можливості забруднення камер вимірювального блоку.

Для продувки з'єднувальних ліній повинні передбачатися спеціальні пристрої.

З'єднання датчика тиску АІР-10Н до сполучної лінії здійснюється за допомогою комплекту монтажних частин.

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

В даному розділі мною було розроблено алгоритм роботи об'єкта автоматизації процесу сушіння молока, яка має такий вигляд:

1. Після натискання кнопки ПУСК, одночасно вмикаються двигуни М2 і М3.
2. Відкрити Кл1 на 70% і Кл2 на 20%. Дочекайтесь поки температура в трубопроводах досягне 150°C і 9°C відповідно. Після цього перейти до виконання пункту 3.
3. Включити регулятори температур і керуючи аналоговими клапанами (Кл1 і Кл2) підтримувати температуру гарячого повітря в трубопроводі на заданому значенні 175°C і холодного повітря – на 10°C (діапазон вимірювання датчика - -50...+200°C). Перейти до наступного пункту.
4. Включити двигун М4 для відведення відпрацьованого повітря з сушильної установки і ввімкнути таймер. (1 цикл = 2085 кг/год)
5. Включити двигун подачі згущеного молока М1.
6. Процес сушіння молока виконується до тих пір, поки не закінчиться заданий час (60 хв). Після чого вимикається двигун М1.
7. Якщо не натиснута кнопка СТОП, то цикл програми повторюється. Якщо натиснута кнопка СТОП, то вимкнути двигуни М2, М3, М4, закрити клапани Кл1 і Кл2.

Для кращого розуміння алгоритму управління складається алгоритмічна структура для розв'язання задач, яка в свою чергу відображає систематизацію і структуровану обробку інформацію. Також дана структура зображує послідовність керуючих дій для нормальної роботи об'єкта автоматизації.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Кваліфікаційна робота</i>			
		Жураківська А.А			<i>Розробка системи автоматизації технологічного процесу сушіння молока</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
		Проскурка Є.С.					53	13
						<i>НУХТ АК-4-2</i>		
		Ельперін І.В						
		Прскурка Є.С.						

На рисунку 5.1 зображена блок-схема управління процесом сушіння МОЛОКА.

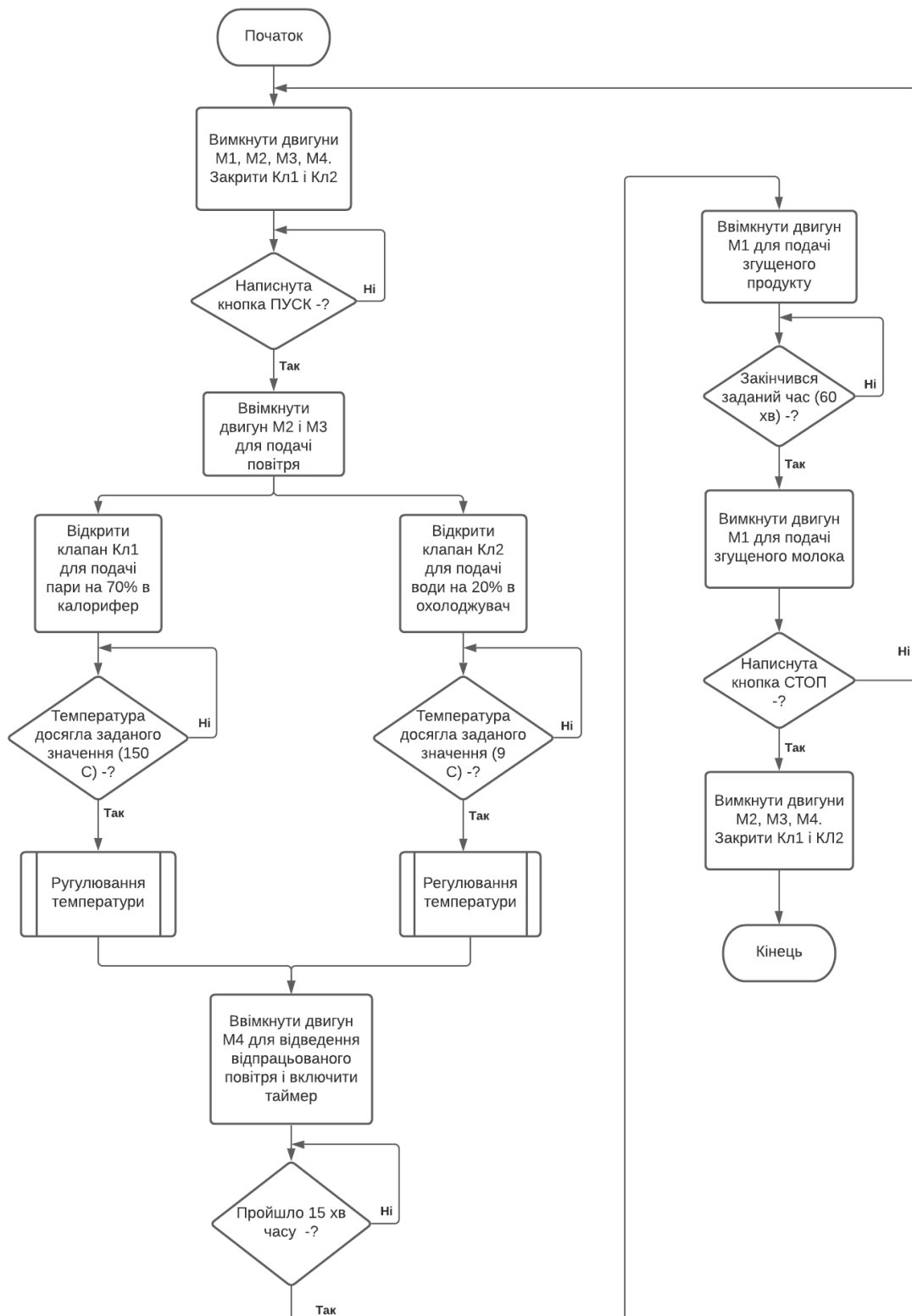


Рис. 5.1 Блок-схема управління процесом сушіння молока.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Як зазначено вище даної роботи, для управління об'єктом (сушильна установка) необхідно скомпонувати ПЛК таким чином, щоб забезпечити підключення: 6-х дискретних вхідних сигналів, 2-х дискретних вихідних сигналів, 3-х вхідних аналогових сигналів 4...20мА і 4-х аналогових вихідних сигналів 4...20мА.

Для побудови такої конфігурації на базі ПЛК М340 достатньо вибрати:

- модуль ЦПУ – для функцій даної задачі підходить ВМХ Р34 2000,
- один змішаний модуль на 8 дискретних входів, та 8 дискретних виходів (ВМХ DDM 16022),
- один аналоговий модуль на 4 аналогові входи (ВМХ АМІ 0410),
- один аналоговий модуль на 4 аналогові виходи (ВМХ АМО 0410).

Для такої кількості модулів достатньо одного шасі на 8 посадочні місця (ВМХ ХВР 0800). Модуль живлення для шасі вибираємо на 220В. Для живлення модулів в шасі достатньо ВМХ СРС 2000. Схема компонування ПЛК показана на рисунку 5.2.

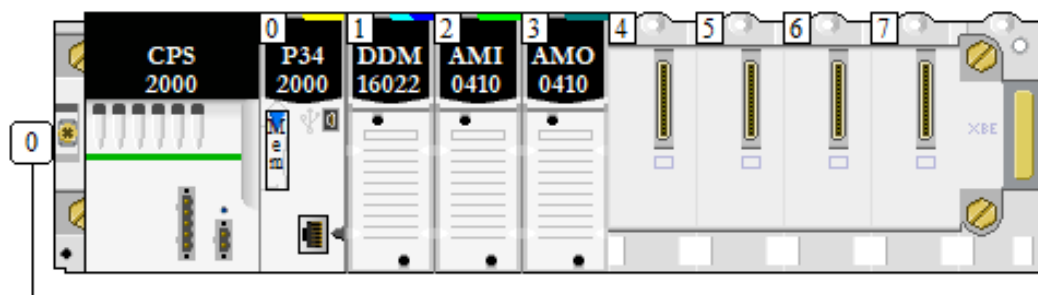


Рис. 5.2 Апаратна конфігурація

Для з'єднання провідників до аналогових/дискретних модулів вводу/виводу, необхідно додатково вибрати клемні колодки для модулів. Для гвинтових затискачів вибираємо ВМХ FTV 2010.

Таким чином маємо таку специфікацію засобів автоматизації для ПЛК:

Поз.	Найменування та технічна характеристика засобу	Тип, марка, позначення документа, листа опитування	Завод – виготовлювач/виробник	Одиниця виміри	Кількість
1.	Шасі X80 з Xbus шиною на 8 посадочні місця	BMX XBP 0800	Schneider Electric, Франція	шт	1
2.	Модуль ЦПУ	BMX P34 2000	Schneider Electric, Франція	шт	1
3.	Модуль живлення 100...240 VAC, 20 Вт	BMX CPS 2000	Schneider Electric, Франція		
4.	Модуль на 8 дискретних входів та 8 дискретних транзисторних виходів	BMX DDM 16022	Schneider Electric, Франція		
5.	Модуль на 4 аналогових вхідних сигналів	BMX AMI 0410	Schneider Electric, Франція		
6.	Модуль на 4 аналогових вихідних сигналів	BMX AMO 0410	Schneider Electric, Франція		
7.	20 контактна з'ємна колодка з гвинтовими зажимами	BMX FTB 2010	Schneider Electric, Франція	шт	3

Після цього ми складаємо таблицю 5.1, на якій зображені відомості вхідних/вихідних сигналів ПЛК.

Таблиця 5.1 Відомості вхідних/вихідних сигналів

Вхідні сигнали		
Джерело сигналу	Назва змінної UNITY PRO	Адреса
Температура 1	TE_1	%IW0.2.0
Температура 2	TE_2	%IW0.2.2
Тиск	PE	%IW0.2.1
Витрата 1	FE_1	%IO.1.0
Витрата 2	FE_2	%IO.1.3
Аварійна кнопка двигуна M1	SB_1	%IO.1.1
Аварійна кнопка двигуна M2	SB_3	%IO.1.2
Аварійна кнопка двигуна M3	SB_4	%IO.1.4
Аварійна кнопка двигуна M4	SB_5	%IO.1.5
Вихідні сигнали		
Клапан подачі пари в калорифер	LVS_1	%QW0.3.1
Клапан подачі води в охолоджувач	LVS_2	%QW0.3.2
Двигун M1	M_1	%Q0.1.17
Двигун M2	HC_2	%QW0.3.0
Двигун M3	HC_3	%QW0.3.3
Двигун M4	M_4	%Q0.1.21

У відповідності до цього у програмі UNITY PRO створюються змінні вводу/виводу.

● FE_1	EBOOL	%IO.1.0	Витратомір-лічильник для молока
● SB_1	EBOOL	%IO.1.1	Кнопка аварійної зупинки M1
● SB_3	EBOOL	%IO.1.2	Кнопка аварійної зупинки M2
● FE_2	EBOOL	%IO.1.3	Витратомір-лічильник для води
● SB_4	EBOOL	%IO.1.4	Кнопка аварійної зупинки M3
● SB_5	EBOOL	%IO.1.5	Кнопка аварійної зупинки M4
● TE_1	INT	%IW0.2.0	Датчик температури гарячого повітря
● PE	INT	%IW0.2.1	Датчик тиску
● TE_2	INT	%IW0.2.2	Датчик температури холодного повітря
● M_1	EBOOL	%Q0.1.17	Двигун M1 для подачі молока
● M_4	EBOOL	%Q0.1.21	Двигун M4 для відведення повітря
● HC_2	INT	%QW0.3.0	Двигун M2 для подачі повітря
● LVS_1	INT	%QW0.3.1	Клапан подачі пари
● LVS_2	INT	%QW0.3.2	Клапан подачі води
● HC_3	INT	%QW0.3.3	Двигун M3 для подачі повітря

Рис. 5.3 Перелік змінних вводу/виводу в UNITY PRO

На рисунках 5.4-5.7 зображено вікно конфігурування модулю ЦПУ, дискретного і аналогових модулів входів/виходів.

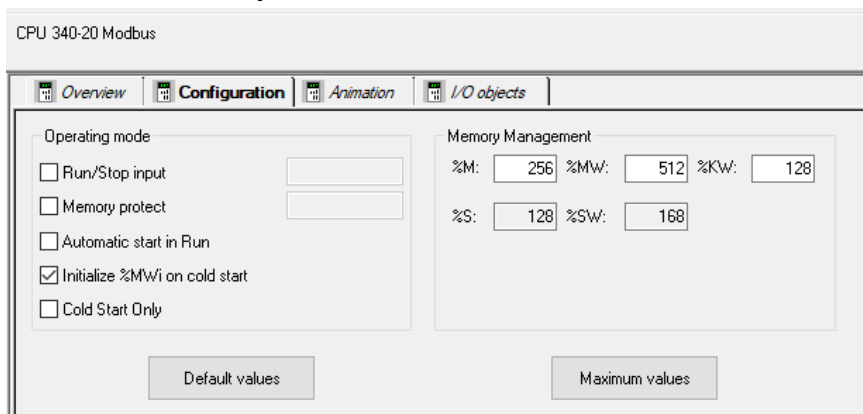


Рис. 5.4 Конфігурування процесорного модуля

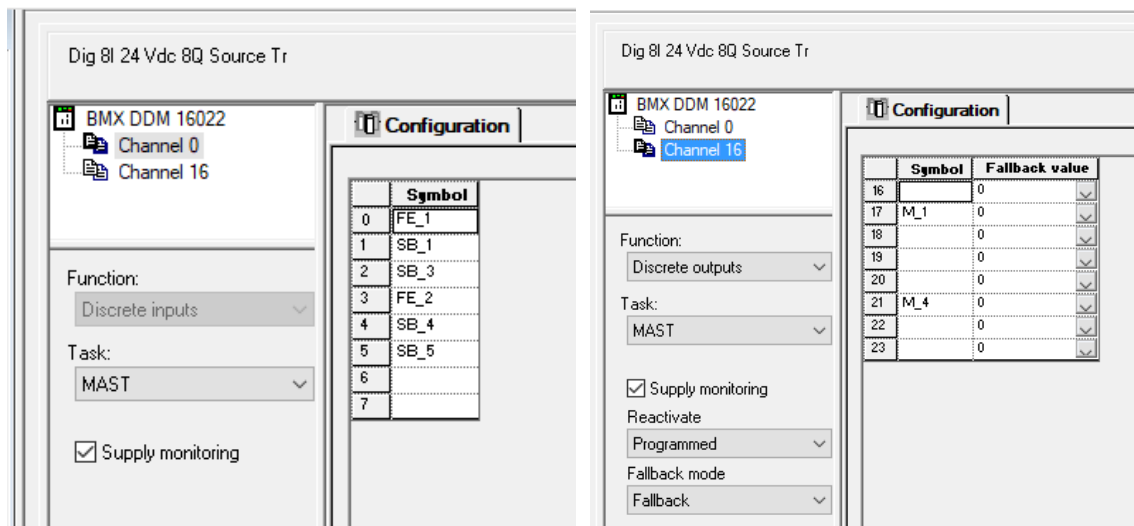


Рис. 5.5 Конфігурування модуля BMX DDM 16022

Масштабування та перетворення входів/виходів

В даному пункті необхідно масштабувати технічні змінні, які в свою чергу обробляється в секціях INPUTS та OUTPUTS.

На рисунку нижче показана секція "INPUTS" в якій зображується масштабування вхідних аналогових змінних за допомогою функціонального блоку "SCALING".

```
(*аналогові входи*)

SCALING_TE_1 (IN := INT_TO_REAL(TE_1),
              PARA:=SCALE_PARA_TE_1,
              OUT=>TE_1M); (*масштабування температури гарячого повітря*)

SCALING_TE_2 (IN := INT_TO_REAL(TE_2),
              PARA:=SCALE_PARA_TE_2,
              OUT=>TE_2M); (*масштабування температури холодного повітря*)

SCALING_PE_1 (IN := INT_TO_REAL(PE),
              PARA:=SCALE_PARA_PE_1,
              OUT=>PE_M); (*масштабування тиску пари*)
```

Рис. 5.9 Масштабування вхідних аналогових сигналів

Масштабування за допомогою ФБ SCALING вимагає налаштування через змінну типу PARA_SCALE.

Name	Type	Address	Value	Comment
SCALE_PARA_PE_1	Para_SCALING			
in_min	REAL		0.0	Немасштабований мінімум
in_max	REAL		10000.0	Немасштабований максимум
out_min	REAL		0.004	Масштабований мінімум
out_max	REAL		2.5	Масштабований максимум
clip	BOOL		FALSE	Якщо 1, то лімітувати по виходу
SCALE_PARA_TE_1	Para_SCALING			
in_min	REAL		0.0	Немасштабований мінімум
in_max	REAL		10000.0	Немасштабований максимум
out_min	REAL		-50.0	Масштабований мінімум
out_max	REAL		200.0	Масштабований максимум
clip	BOOL		FALSE	Якщо 1, то лімітувати по виходу
SCALE_PARA_TE_2	Para_SCALING			
in_min	REAL		0.0	Немасштабований мінімум
in_max	REAL		10000.0	Немасштабований максимум
out_min	REAL		-50.0	Масштабований мінімум
out_max	REAL		200.0	Масштабований максимум
clip	BOOL		FALSE	Якщо 1, то лімітувати по виходу

Рис. 5.10 Налаштування PARA_SCALE відповідно завданню

Для аналогових виходів я застосувала просту формулу для масштабування.

```
(*для аналогових виходів*)
(*клапан 0-100% -> 0-10000%*)
    LVS_1:=real_to_int(LVS_1M*100.0);
    LVS_2:=real_to_int(LVS_2M*100.0);
    HC_2:=real_to_int(HC_2M*100.0);
    HC_3:=real_to_int(HC_3M*100.0);

(*для дискретних виходів*)
M_1:=M_1M;
M_4:=M_4M;
```

Рис. 5.11 Масштабування вихідних аналогових сигналів

Реалізація контурів регулювання з використання PI_V

Реалізація контуру регулювання температурою гарячого і холодного повітря на мові ST показаний нижче. Налаштування змінних контуру показано на рисунку 5.12.

У програмі застосовується періодичний виклик 1 раз в секунду за допомогою використання функціонального блоку SAMPLETM. Режим слідування потрібний для можливості зміни значення виходу на виконавчий механізм безпосередньо з програми.

```
(*реалізації контуру регулювання гарячого повітря*)
TC1_SMPL (t#1s,0);(*генератор імпульсів 1с*)
TC1(EN:=TC1_SMPL.Q,(*викликати раз в секунду*)
    PV:=TE_1M,(*дійсне масштабування температури*)
    SP:=TE_1_SP,(*задане значення*)
    MAN_AUTO:=TC1_AUTO,(*перемикач руч/авт*)
    PARA:=TC1_PARA,(*параметри регулювання*)
    TR_I:=LVS_1M,(*значення режиму слідування = значення каналу*)
    TR_S:=TC1_TRON,(*включення режиму слідування*)
    OUT:=LVS_1M);(*значення на ВМ*)

(*реалізації контуру регулювання холодного повітря*)
TC2_SMPL (t#1s,0);(*генератор імпульсів 1с*)
TC2(EN:=TC2_SMPL.Q,(*викликати раз в секунду*)
    PV:=TE_2M,(*дійсне масштабування температури*)
    SP:=TE_2_SP,(*задане значення*)
    MAN_AUTO:=TC2_AUTO,(*перемикач руч/авт*)
    PARA:=TC2_PARA,(*параметри регулювання*)
    TR_I:=LVS_2M,(*значення режиму слідування = значення каналу*)
    TR_S:=TC2_TRON,(*включення режиму слідування*)
    OUT:=LVS_2M);(*значення на ВМ*)
```

Рис. 5.12 Реалізація контуру регулювання температури гарячого і холодного повітря

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

Name	Type	Address	Value	Comment
TC1_PARA	Para_PI_B			
id	UINT			використовується для алгоритму автопідстройки
pv_inf	REAL		-50.0	обмеження за мінімумом вхідної величини
pv_sup	REAL		200.0	обмеження за максимумом вхідної величини
out_inf	REAL		0.0	обмеження за мінімумом вихідної величини
out_sup	REAL		100.0	обмеження за максимумом вихідної величини
rev_dir	BOOL		FALSE	0- пряма робота регулятора 1- зворотня робота
en_rcpy	BOOL		FALSE	1- використати вхід RCPY
kp	REAL		1.0	коефіцієнт пропорційності
ti	TIME		t#5s	час інтегрування
dband	REAL		0.1	зона нечутливості
outbias	REAL		50.0	зміщення для П-режиму (при ti=0s)
TC2_PARA	Para_PI_B			
id	UINT			використовується для алгоритму автопідстройки
pv_inf	REAL		-50.0	обмеження за мінімумом вхідної величини
pv_sup	REAL		200.0	обмеження за максимумом вхідної величини
out_inf	REAL		0.0	обмеження за мінімумом вихідної величини
out_sup	REAL		100.0	????????? ?? ?????????? ????????? ?????????
rev_dir	BOOL		true	0- пряма робота регулятора 1- зворотня робота
en_rcpy	BOOL		FALSE	1- використати вхід RCPY
kp	REAL		2.0	коефіцієнт пропорційності
ti	TIME		t#5s	час інтегрування
dband	REAL		0.2	зона нечутливості
outbias	REAL			зміщення для П-режиму (при ti=0s)

Рис. 5.13 Змінні для контуру регулювання температури гарячого і холодного повітря

Реалізація логіко-командних задач

На відміну від контурів регулювання та функції обробки, які мають виконуватися постійно, логіко-командні задачі мають початок і кінець. В даному випадку було використано мову ST та інструкцію вибору «CASE».

Мова ST (Structured Text, структурований текст) – це текстова мова, яка подібна до PASCAL, C, BASIC і т.п. Дана мова не така виразна, як інші графічні мови, але вона універсальна і найкраще підходить для виконання складної логіки, громіздких обчислень і операцій з циклами і масивами.

```

TM(TM_Start, TM_Time);

%M102:=%S5;
%M103:=RE(%M102);

    Case StepProg of
0:
    TC1_AUTO:=false;
    TC2_AUTO:=false;
    AUTO_HC2:=false;
    AUTO_HC3:=false;
    LVS_1M:=0.0;
    LVS_2M:=0.0;
    M_1M:=false;
    HC_2M:=0.0;
    HC_3M:=0.0;
    M_4M:=false;
        StepProg:=1;
1:
    if SB_StartM then
        AUTO_HC2:=TRUE;
        AUTO_HC3:=TRUE;
        StepProg:=2;
    end_if;

```

Рис. 5.14 Реалізація програми користувача

```

2:
    LVS_1M:=70.0;
    LVS_2M:=20.0;
    StepProg:=3;
3:
if TE_1M>=150.0 AND TE_2M>=9.0 then
    TC1_AUTO:=true;
    TC2_AUTO:=true;
    TC1_TRON:=false; (*виключити режим слідування регулятора*)
    TC2_TRON:=false;
    TE_1_SP:=175.0; (*записати уставку для наступного кроку*)
    TE_2_SP:=10.0;
    StepProg:=4;
end_if;
4:
if TE_1M>=175.0 and TE_2M>=10.0 then
    M_4M:=true;
    TM_Start:=true;
    TM_Time:=t#150s;
    StepProg:=5;
end_if;
5:
if TM.ET=t#30s then
    M_1M:=true;
    StepProg:=6;
end_if;

6:
if TM.Q then
    M_1M:=false;
    StepProg:=7;
end_if;
7:
if SB_StopM then
    LVS_1M:=0.0;
    LVS_2M:=0.0;
    HC_2M:=0.0;
    HC_3M:=0.0;
    M_4M:=false;
else
    StepProg:=0;
end_if;
END_CASE;

```

Продовження рис. 5.14 Реалізація програми користувача

Налагодження програмного забезпечення на діючому обладнанні або імітаторі ПЛК

Для налагодження роботи регуляторів контурів потрібно мати зворотній сигнал від об'єкта управління.

При відсутності об'єкта управління значення технологічної змінної можна імітувати. Для найпростішої імітації можна використати аперіодичну ланку 1-го порядку.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк. 62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевірка контуру проводиться на імітаторі та при наявному об'єкті та ПЛК на реальному об'єкті управління. Для перевірки роботи представлений графічний операторський екран з мнемосхемою.

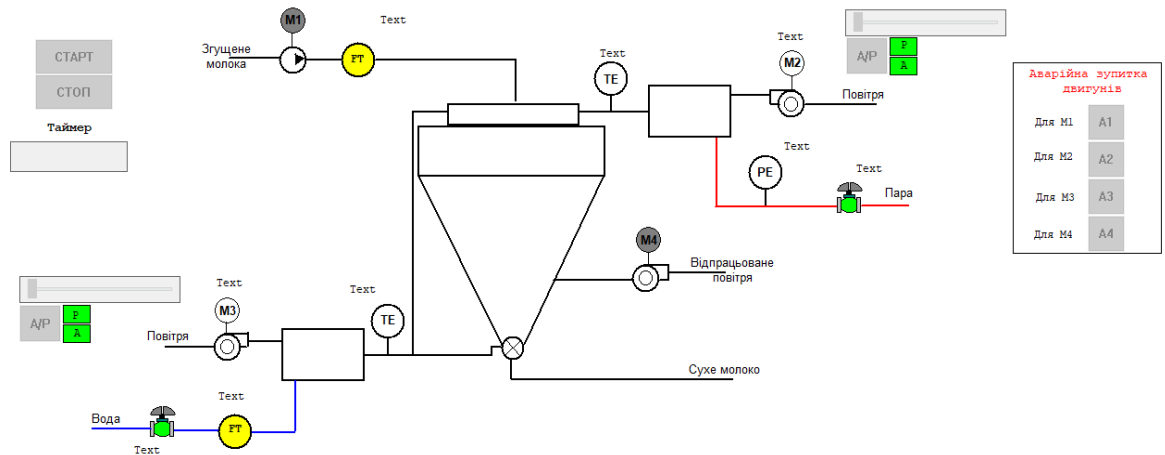


Рис. 5.15 Вигляд операторського екрану в UNITY PRO

У даному випадку для реалізації аперіодичної ланки застосовано готовий функціональний блок LAG_FILTER.

```

%M100:=%S5; (*бітовий меандер з періодом 100 мс*)
%M101:=RE(%M100);(*імпульс кожні 100 мс*)

(*Імітація температури гарячого повітря*)
LAG_TE_1 (IN := INT_TO_REAL(HC_2), (*вхід об'єкта - значення ВМ*)
          GAIN := 0.01, (*коефіцієнт підсилення*)
          LAG := T#60S);(*стала часу*)
TE_1:= WRITE_INPUT_INT (*функція для запису в %IW*)
(3000 + (*зміщення відносно початку діапазону*)
 real_to_int(LAG_TE_1.out));(*вихід з аперіодичної ланки*)

LAG_TE_1b (IN := INT_TO_REAL(LVS_1), (*вхід об'єкта - значення ВМ*)
           GAIN := 1.5, (*коефіцієнт підсилення*)
           LAG := T#60S);(*стала часу*)
TE_1:= WRITE_INPUT_INT (*функція для запису в %IW*)
(3000 + (*зміщення відносно початку діапазону*)
 real_to_int(LAG_TE_1.out+LAG_TE_1b.out));(*вихід з аперіодичної ланки*)

(*Імітація температури холодного повітря*)
LAG_TE_2 (IN := INT_TO_REAL(HC_3), (*вхід об'єкта - значення ВМ*)
          GAIN := 0.8, (*коефіцієнт підсилення*)
          LAG := T#120S);(*стала часу*)
TE_2:=WRITE_INPUT_INT(*функція для запису в %IW*)
(2800+ (*зміщення відносно початку діапазону*)
 real_to_int(LAG_TE_2.out));(*вихід з аперіодичної ланки*)

```

Рис. 5.16 Імітація температури за допомогою функціонального блоку LAG_FILTER

```

LAG_TE_2b (IN := INT_TO_REAL(LVS_2), (*вихід об'єкта - значення ВМ*)
          GAIN := 0.75, (*коефіцієнт підсилення*)
          LAG := T#120S); (*стала часу*)
TE_2:=WRITE_INPUT_INT(*функція для запису в %IW*)
      (2800+ (*зміщення відносно початку діапазону*)
       real_to_int(LAG_TE_2.out-LAG_TE_2b.out*3.7)); (*вихід з аперіодичної ланки*)

(*імітація тиску пари*)
if LVS_1M>=0.1 then
    PE_M:= PE_M + 1.6;
end_if;

if LVS_1M<=0.1 then
    PE_M:= PE_M + 0.4;
end_if;

(*імітація витрати молока і води*)
if M_1M and %M101 then
    FE_1M:= FE_1M + 1.73755712; (*кг*)
end_if;

if LVS_2M>=0.1 and %M101 then
    FE_2M:= FE_2M + 0.005222735; (*м3 *)
end_if;

```

Рис. 5.16 Продовження імітація температури за допомогою функціонального блоку LAG_FILTER

Далі я виконала реалізацію автоматичного і ручного режимів роботи двигунів і також реалізацію кнопок аварійної зупинки двигунів.

```

(*реалізація авто/руч режиму роботи двигунів*)

if AUTO_HC2 then
    HC_2M:=50.0;
else
    HC_2M:=manual_HC2;
end_if;

if AUTO_HC3 then
    HC_3M:=50.0;
else
    HC_3M:=manual_HC3;
end_if;

(*реалізація кнопки аварійної зупинки двигунів*)

if SB_1_M then
    M_1M:=false;
end_if;

if SB_3_M then
    HC_2M:=0.0;
end_if;

if SB_4_M then
    HC_3M:=0.0;
end_if;

if SB_5_M then
    M_4M:=false;
end_if;

```

Рис. 5.17 Реалізація кнопок аварійної зупинки двигунів і авто/руч режиму роботи двигунів.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Для перевірки роботи контуру регулювання температури гарячого і холодного повітря було створено сторінку з відображенням плинного стану контуру регулювання та елементами керування.

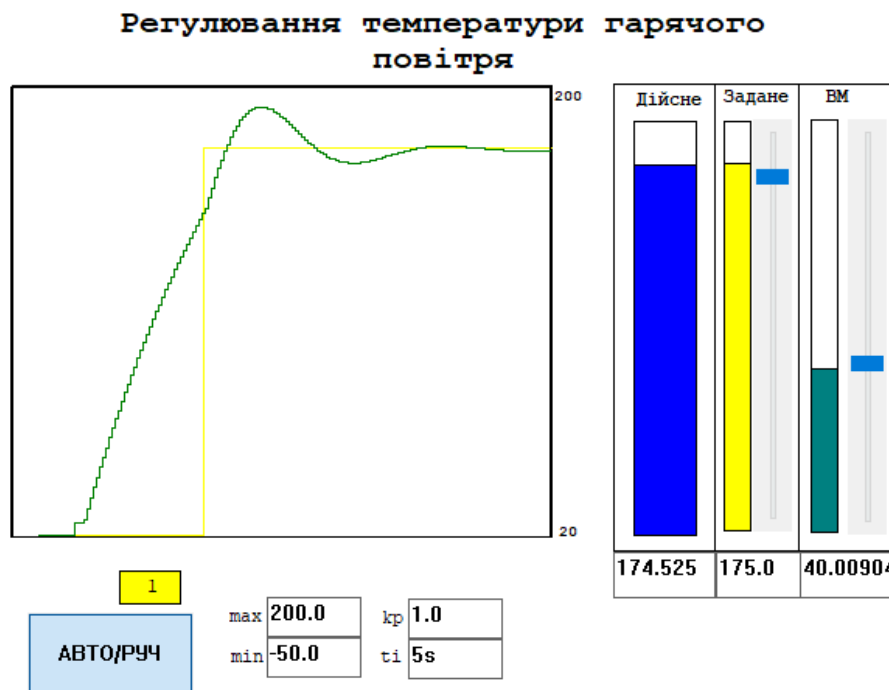


Рис. 5.18 Перевірка роботи контуру регулювання гарячого повітря в автоматичному режимі

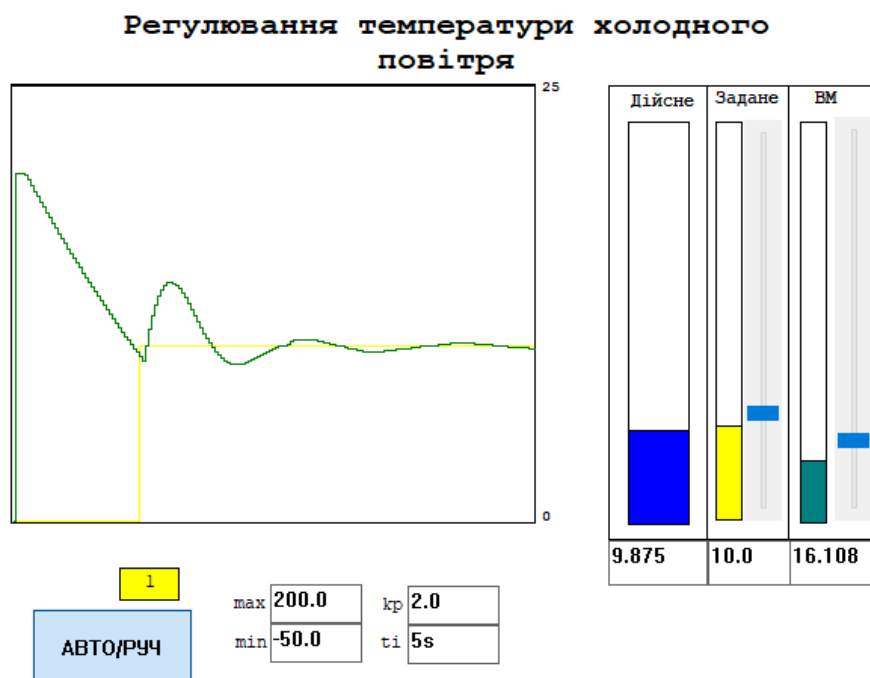


Рис. 5.19 Перевірка роботи контуру регулювання холодного повітря в автоматичному режимі

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога.

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

В молочній промисловості важливу роль відіграють якісні показники сировини (молока), які впливають на технологічний процес.

Навіть у досконалих системах час від часу виходять з ладу обладнання, в технологічний процес попадають інші сторонні предмети та виникають інші непередбачні процесом події.

Система управління процесом може своєчасно реагувати на всі ці нештатні ситуації шляхом сигналізації або блокування обладнання. Але далі рішення має приймати людина. Для контролю за процесом вона має бути мати повні інформацію про дану подію і можливість ручного дистанційного керування виконавчими механізмами.

Всі ці можливі ситуації мають передбачати можливість обов'язкової участі людини. У будь-якому випадку потрібно упорядкувати зв'язок, який з одного боку міг дати людині можливість реалізації контролю стану певного процесу та всієї системи, а з іншого – забезпечувати можливість реалізації втручання в процес управління.

Тобто необхідно в системі управління передбачити людино-машинний інтерфейс (HMI – Human-Machine Interface).

Для реалізації даних вимог я використала програму Vijeo Citect, яка є зрозумілою в плані використання і надійною у плані зв'язку з UNITY PRO.

Роботу я розпочинаю з створення нового проекту на основі вже існуючого шаблону.

З першу перенесемо технічні змінні, які вже існують в UNITY PRO в Vijeo Citect.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Жураківська А.А</i>			<i>Розробка системи автоматизації технологічного процесу сушіння молока</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>					66	5
<i>Зав. каф.</i>		<i>Ельперін І.В</i>				<i>НУХТ АК-4-2</i>		
<i>Секр. ЕК.</i>		<i>Прскурка Є.С.</i>						

Для запису змінних використовуємо Редактор проектів .

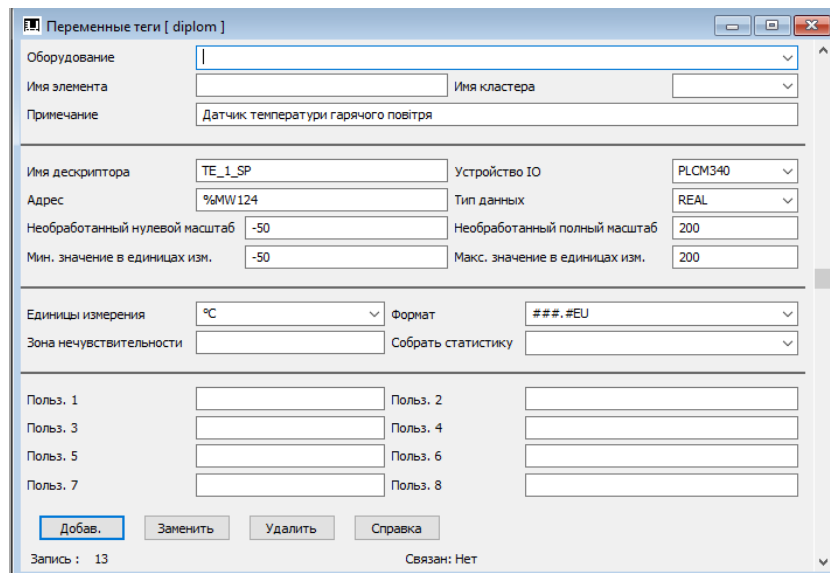


Рис. 6.1 Вікно змінних тегів

Всі змінні, які застосовувалися в даному проекті наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1. Змінні теги

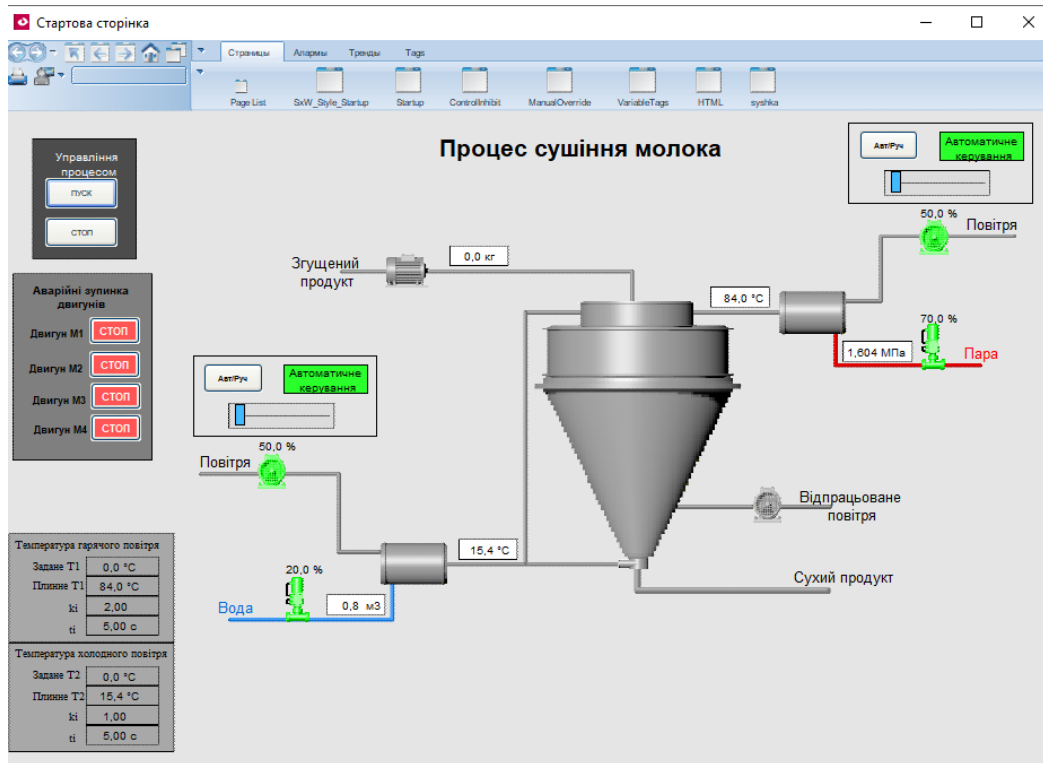
Ім'я змінного тегу	Адреса	Мін. вихідне значення	Макс. вихідне значення	Мін. значення в одиницях вимірю	Макс. значення в одиницях вимірю	Тип даних
1	2	3	4	5	6	7
FE 1M	%MW100	0	10000	0	2085	REAL
FE 2M	%MW102	0	10000	0	10.2	REAL
HC 2M	%MW104	0	10000	0	100	REAL
HC 3M	%MW106	0	10000	0	100	REAL
LVS 1M	%MW108	0	10000	0	100	REAL
LVS 2M	%MW110	0	10000	0	100	REAL
PE M	%MW112	0	10000	0.004	2.5	REAL
TE 1M	%MW114	0	10000	-50	200	REAL
TE 2M	%MW116	0	10000	-50	200	REAL
manual_HC3	%MW118	0	10000	0	100	REAL
manual_HC2	%MW120	0	10000	0	100	REAL
TE 1 SP	%MW124	0	10000	-50	200	REAL
TE 2 SP	%MW126	0	10000	-50	200	REAL
M 1M	%M0	-	-	-	-	DIGITAL
M 4M	%M2	-	-	-	-	DIGITAL
SB 1 M	%M4	-	-	-	-	DIGITAL
SB 3 M	%M6	-	-	-	-	DIGITAL
SB 4 M	%M8	-	-	-	-	DIGITAL
SB 5 M	%M10	-	-	-	-	DIGITAL
SB StartM	%M12	-	-	-	-	DIGITAL
SB StopM	%M14	-	-	-	-	DIGITAL
AUTO_HC2	%M16	-	-	-	-	DIGITAL
AUTO_HC3	%M18	-	-	-	-	DIGITAL

Також в цьому редакторі можна налаштувати параметри трендів і тривоги.

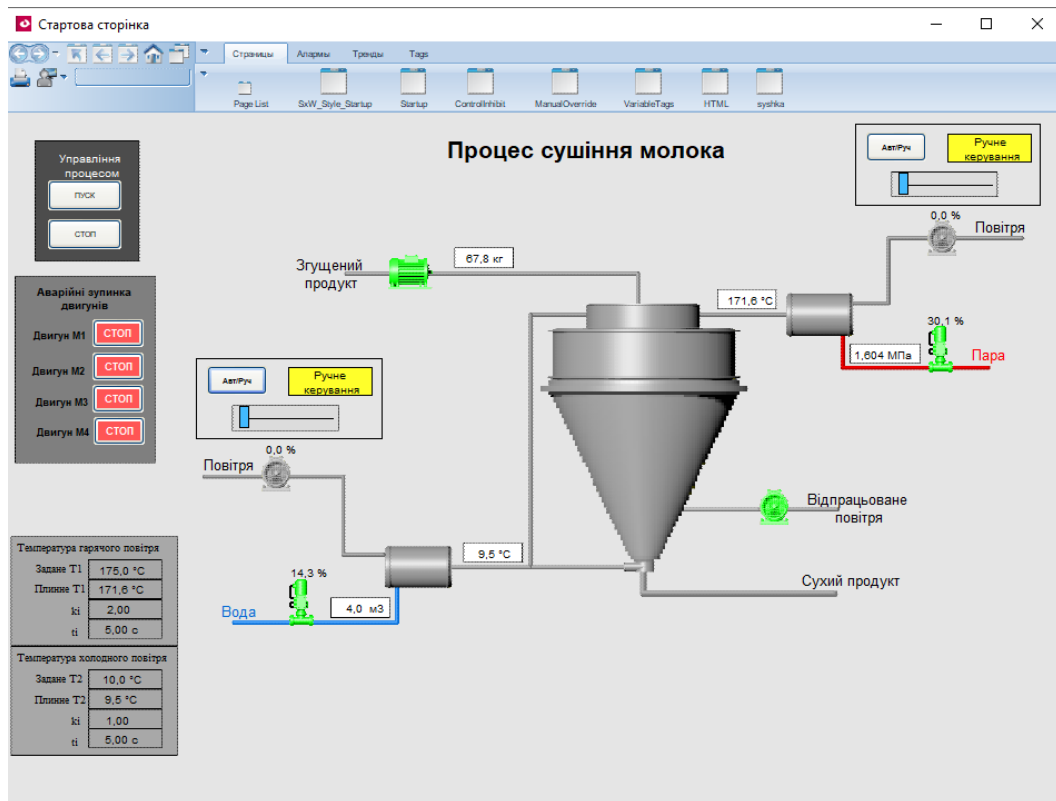
Рис. 6.2 Вікно трендів

Рис.6.3 Вікно аналогових алармів

6.2 Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора Автоматичний режим роботи SCADA-системи

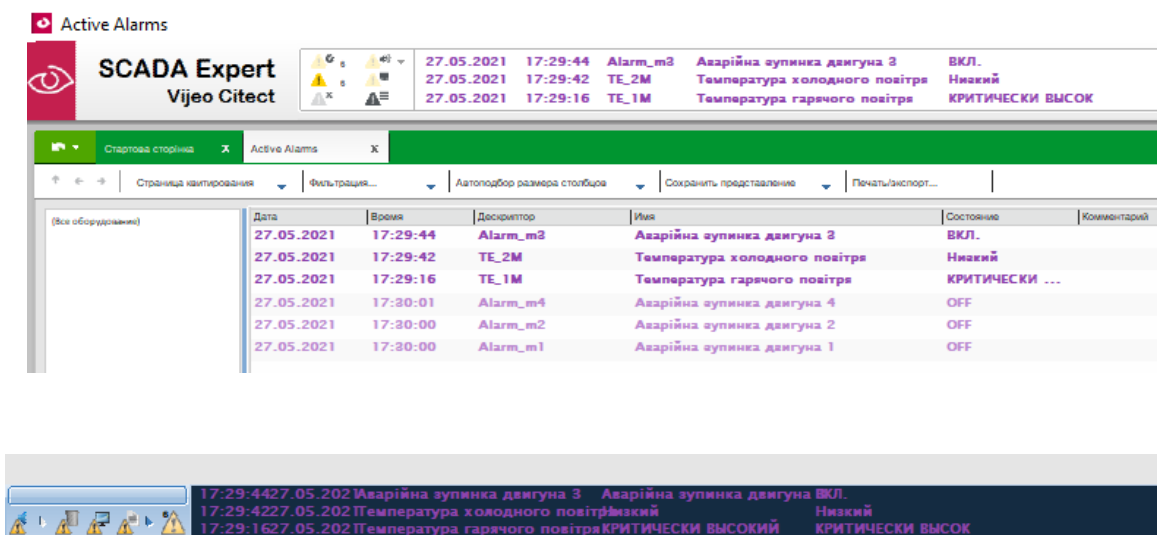


Ручний режим роботи SCADA-системи

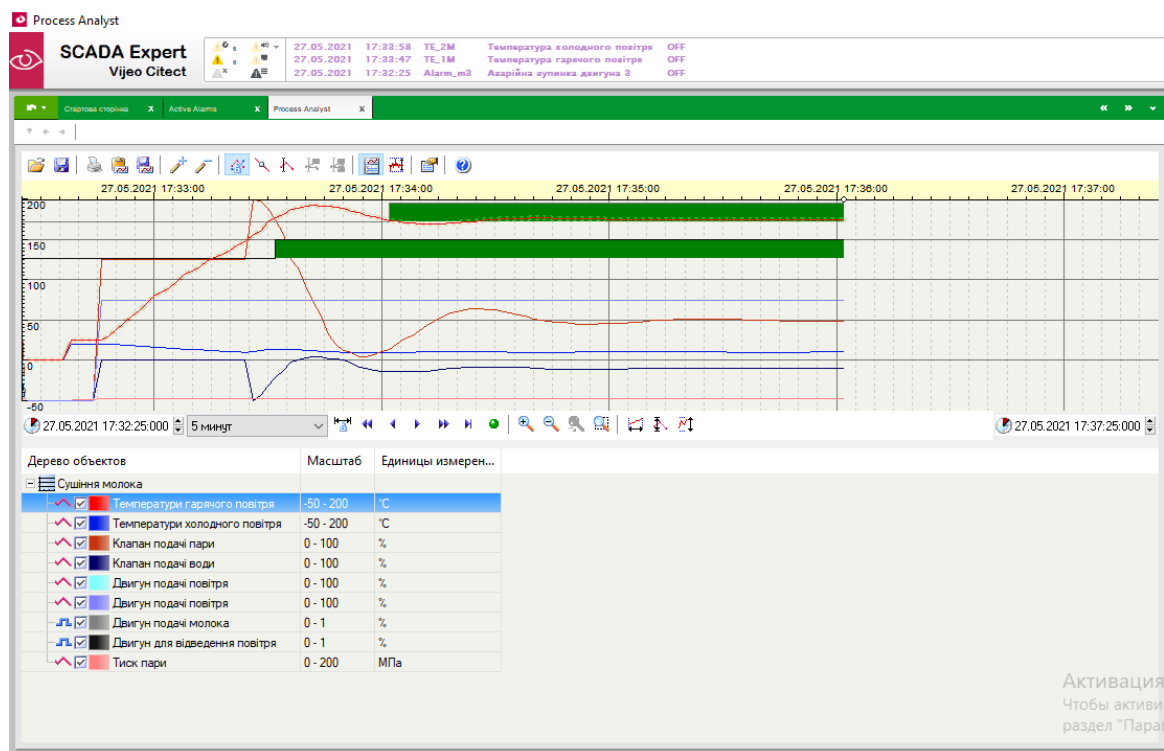


Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Вікно тривог



Вікно трендів



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

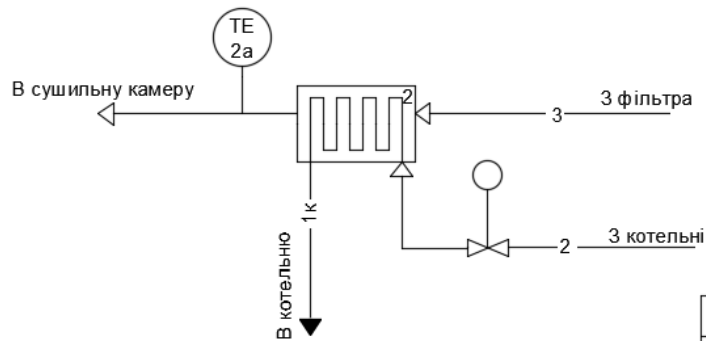
Арк.

70

Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання

7.1. Постановка задачі дослідження

При виробництві сухого молока з'являється необхідність покращення якості регулювання температури гарячого повітря в трубопроводі, яке надходить в сушильну установку.



Позначення	Найменування
2	Паровий калорифер
— 1к —	Конденсат
— 2 —	Пара
— 3 —	Повітря

Рис. 7.1 Контур регулювання температури гарячого повітря в трубопроводі

Постановка задачі комп'ютерного моделювання: отримати оптимальні настройки ПІ-регулятора для відомої математичної моделі за допомогою метода Циглера - Нікольсона.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Кваліфікаційна робота</i>		
Розроб.		Жураківська А.А.					
Керівник		Проскурка Є.С.				71	7
Зав. каф.		Ельперін І.В.			<i>НУХТ АК-4-2</i>		
Секр. ЕК.		Прскурка Є.С.					
<i>Розробка системи автоматизації технологічного процесу сушіння молока</i>							

7.2. Вибір об'єкта керування та його математична модель

Згідно поставленої задачі обираємо вхідні сигнали, а саме основне збурення і керуючу дію, та вихідний сигнал – змінна, яка регулюється.

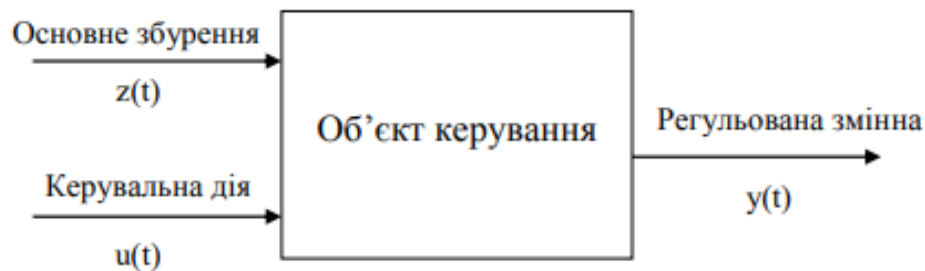


Рис. 7.2 Параметрична схема об'єкта керування

Отже отримаємо:

- збурення 1 – початкова температура повітря в трубопроводі, °С;
- збурення 2 – потік повітря, яке надходить в паровий калорифер;
- керуюча дія – управління клапаном подачі пари в калорифер, %ХРО (% ходу регулюючого органу);
- регульована змінна – температура гарячого повітря в трубопроводі, °С.

Математична модель парового калорифера формується з аперіодичної ланки 1-го порядку і ланки підсилення, які мають наступний вигляд:

- аперіодична ланка:

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

- ланка підсилення

$$W_4(s) = e^{\tau_{ин}s}$$

За допомогою використання пакету прикладних програм Matlab, середовище Simulink побудуємо математичну модель парового калорифера, яка має наступний вигляд:

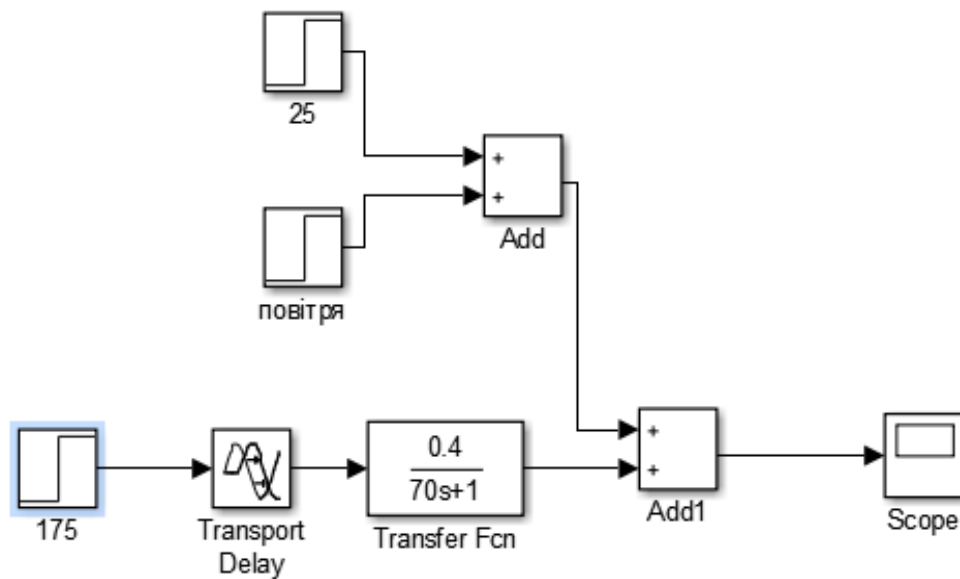


Рис. 7.3 Структурна схема математичної моделі

7.3. Моделювання САР

Для побудови математичної моделі парового калорифера з П-регулятором треба мати на увазі, що коефіцієнт керування за каналом збурення повинен бути меншим за каналом керування.

Таким чином отримуємо:

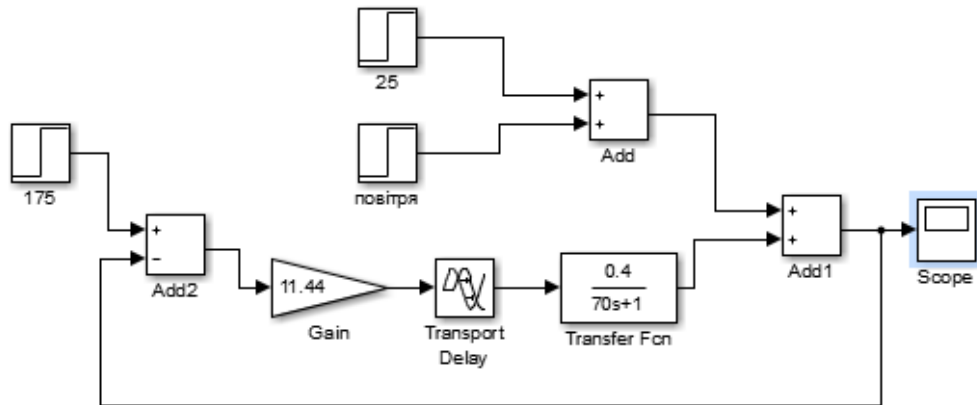


Рис. 7.4 Структурна схема САР

При такому коефіцієнті підсилення ($k_{кр} = 11.44$) маємо перехідний процес в режимі автоколивань ($T_{кр} = 45$), тобто система знаходиться на межі стійкості.

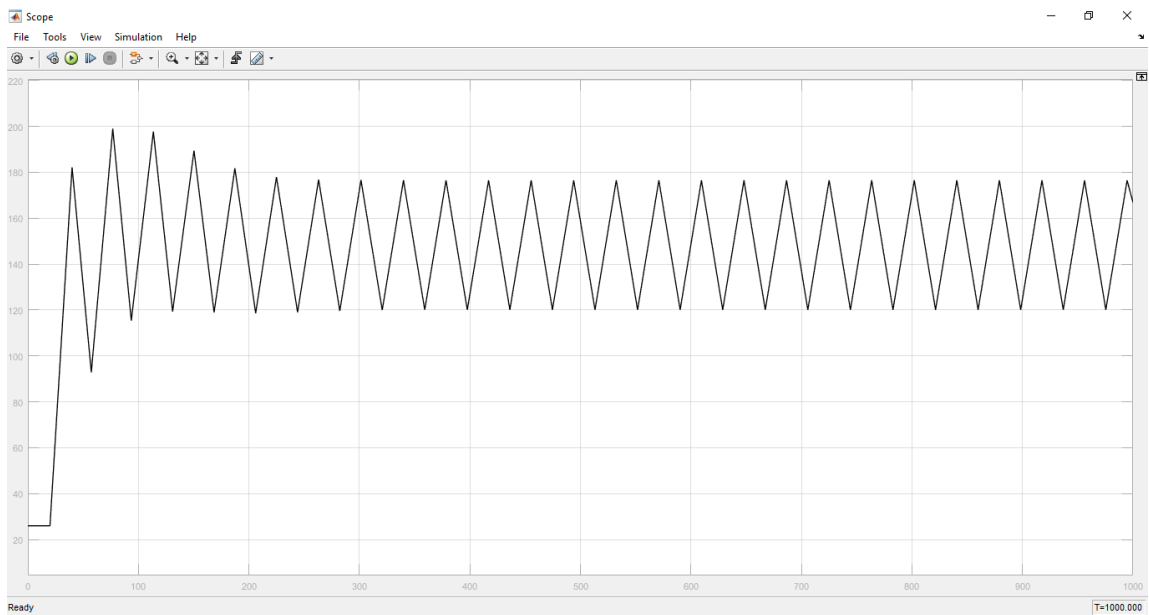


Рис. 7.5 Перехідний процес з використанням П-регулятора

За методом Циглера – Нікольсона настройки ПІ-регулятора наступні:

- Коефіцієнт підсилення:

$$k_p = 0.45 * k_{кр}$$

$$k_p = 0.45 * 11.44 = 5.148$$

- Час інтегрування:

$$T_i = \frac{T_{кр}}{1.2}$$

$$T_i = \frac{45}{1.2} = 37.5 \text{ с.}$$

- Коефіцієнт інтегрування:

$$k_i = \frac{k_p}{T_i}$$

$$k_i = \frac{5.148}{37.5} = 0.13728$$

Знайдені коефіцієнти забезпечують оптимальні настройки ПІ-регулятора.

Тому доповнюємо вже існуючу структурну схему таким чином:

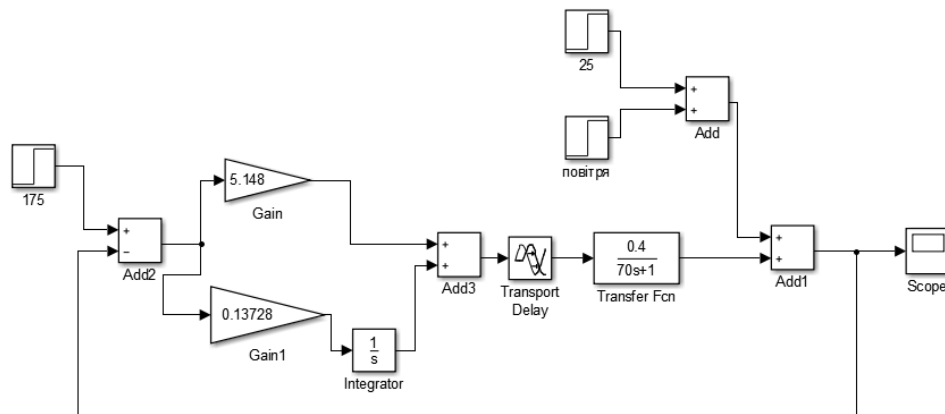


Рис. 7.6 Структурна схема САР з ПІ-регулятором

Отримаємо перехідний процес:

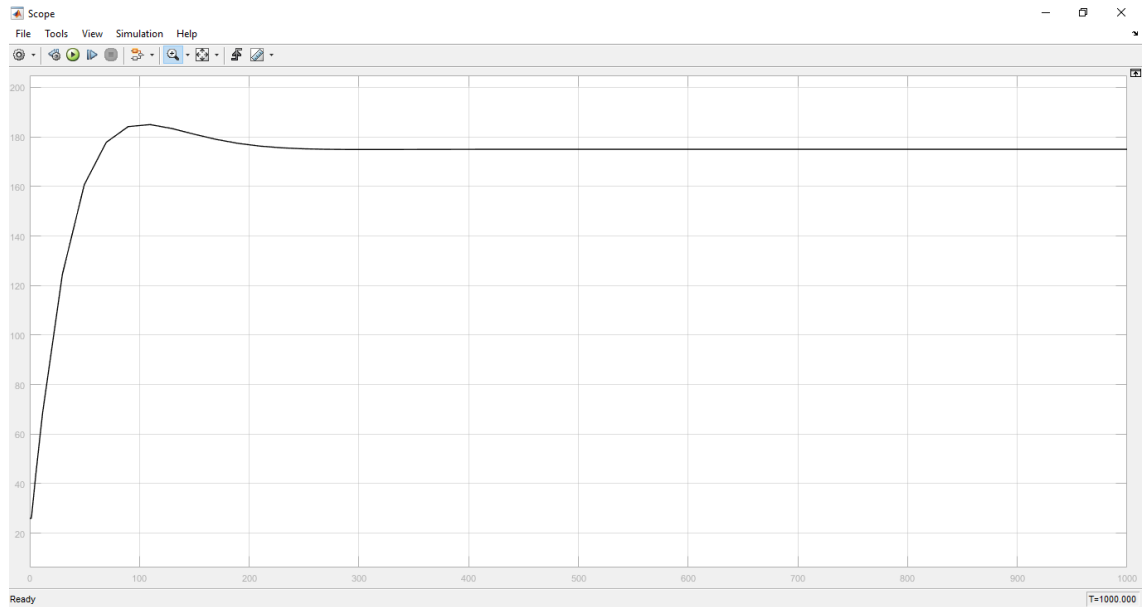


Рис. 7.7 Перехідний процес з використанням ПІ-регулятора

7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків

На даному етапі було проведено комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання температури гарячого повітря в трубопроводі.

За допомогою використання відомого метода, а саме – метод Цинлера - Нікольсона , визначили наступні оптимальних настройок ПІ-регулятора:

- Коефіцієнт підсилення:
 $k_p = 5.148$
- Час інтегрування:
 $T_i = 37.5 \text{ с.}$
- Коефіцієнт інтегрування:
 $k_i = 0.13728.$

Знайдені оптимальні настройки ПІ-регулятора забезпечують найкращий критерій якості перехідного процесу. Тобто з нього видно, що динамічна похибка є мінімальною, перерегулювання відсутнє, час перехідного процесу є мінімальний, а також, неможливо порахувати ступінь затухання перехідного процесу, так як відсутня третя амплітуда.

Висновок

На меті кваліфікаційної роботи є розробка системи автоматизації технологічного процесу сушіння молока.

У даній роботі були використані новітні методи щодо проектування системи автоматизації, також застосовані високоточні датчики температури та тиску, широковідомі виконавчі механізми та регулюючі органи.

За допомогою використання промислового логічного контролера Modicon M340 було розроблено програму керування технологічним процесом сушіння молока. Дана програма передбачає контроль і реєстрацію даних величин, автоматичне і ручне управління ВМ та відображення всього процесу на операторському екрані.

Також завдяки застосуванню програму Vijeo Citect створила SCADA-програму, яка призначена для розробки та забезпечення роботи в реальному часі систем збору, обробки, відображення та архівування інформації про управління процесом сушіння молока.

Проведені дослідження щодо покращення якості регулювання температури гарячого повітря в трубопроводі, яке надходить в сушильну установку.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		78

Список використаної літератури

- 1) Технологія молока та молочних продуктів : навчальний посібник / Власенко В. В., Т 38 Головка М. П., Семко Т. В., Головка Т. М. – Харківський державний університет харчування та торгівлі. – Харків : ХДУХТ, 2018. – 202с.
- 2) Бредихин С.А. Технология и техника переработки молока /С.А. Бредихин, Ю.В.Космодемьянский, Ю.В.Юрин. – М.: Колос, 2001. – 354 с.
- 3) Крусъ Г.Н. Технология молока и молочных продуктов / Г.Н. Крусъ, А.Г. Храмцов, З.В. Волокитина, С.В. Карпычев; Под ред. А.М. Шалыгиной. – М.: КолосС, 2004. – 455 с.
- 4) Співак О. Ю. Сушильні процеси та установки. Приклади та задачі. Навчальний посібник / О. Ю. Співак – Вінниця: ВНТУ, 2014 – 116 с.
- 5) Єресько Г. О. Технологічне обладнання для молочної промисловості. / Єресько Г. О., Шинкарик М. М., Ворощук В. Я. — Київ: „Інкос”. Центр навчальної літератури. 2007.-344 с.
- 6) Ткаченко С. Й., Співак О. Ю. Т44 Сушильні процеси та установки. Навчальний посібник. - Вінниця: ВНТУ, 2007. - 76 с.
- 7) Технологія виробництва молочних продуктів спеціального призначення: підручник/ О.А. Савченко, О.В. Грек, О.О. Красуля. – К.; ЦП «Компринт», 2017.– 218 с.
- 8) Сучасні технології молочних продуктів: підручник/ О.А. Савченко, О.В. Грек, О.О. Красуля. – К.; ЦП «Компринт», 2017.– 218 с.
- 9) Молокопереробка. Інновації : підручник / О. В. Грек, О. О. Красуля ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т харч. технол. - Київ : НУХТ, 2017. - 390с.
- 10) Пупена О.М. Програмування промислових контролерів у середовищі UNITY PRO [Текст]: Навч. посібник / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: Видавництво Ліра – К, 2013. – 376 с.
- 11) Проектування систем автоматизації. Трегуб В.Г. Навч. пос. — К: Видавництво Ліра-К., 2014. — 344с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

12) 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.

13) Автоматизація виробничих процесів: підручник. / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед.— К.: Видавництво Ліра-К, 2015. — 378с.

14) Людино-машинні інтерфайси: лабораторний практикум для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньо-професійної програми «Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології» денної і заочної форм навчання / уклад.: О.М. Пупена, В.В. Полупан – К.: НУХТ, 2019.– 136 с.

15) Методи сучасної теорії управління [Текст] : підручник / А.П. Ладанюк Н.М. Луцька, В.Д. Кишенько, Л.О. Власенко, В.В. Іващук. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 368 с.

16) 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.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80