

**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)

«04» червня 2024 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

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

«04» червня 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

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

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

на тему: Розробка системи автоматизації процесу варіння сусла в
сусловарійному апараті

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

Ковальов Павло Ігорович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Керівник Романов Микола Сергійович
(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 Андрій Мошенський
(ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2024 р.

Національний університет харчових технологій

Факультет *Автоматизації і комп'ютерних систем*

Кафедра *Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління*

Освітній ступінь *«Бакалавр»*

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

Ярослав СМІТЮХ

«15» квітня 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

КОВАЛЬОВУ Павлу Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Розробка системи автоматизації процесу варіння суслу в суслорайному апараті*

керівник роботи *доц. РОМАНОВ Микола Сергійович*

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

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

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

3. Вихідні дані до роботи

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

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

Вступ. 1. 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 15 квітня 2024 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 Павло КОВАЛЬОВ

_____ (підпис)

Керівник роботи Микола РОМАНОВ

_____ (підпис)

Анотація

Кваліфікаційною роботою є розробка системи автоматизації процесу виробництва сусла для сучасної пивоварні.

У кваліфікаційній роботі представлено опис технологічного процесу, завдання на систему автоматизації, схема автоматизації, специфікація технічних засобів автоматизації, монтажна схема технічного засобу автоматизації – датчика тиску Rosemount 3051, схеми підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК, а також розширена схема підключення технічних засобів автоматизації.

Розроблено алгоритм та програму для управління процесом виробництва сусла для пивзаводу. Програма розроблена для ПЛК M340 від виробника Schneider Electric. Інтерфейс SCADA-програма технологічного процесу розроблено в програмному забезпеченні Citect SCADA 2015, і вигляд дисплейної мнемосхеми представлено у проектній записці.

Було поставлено і досліджено завдання комп'ютерного моделювання, а саме знаходження оптимальних налаштувань ПІД-регулятора за допомогою методу Циглера - Нікольсона.

Ключові слова: сусло, пиво, Citect, Rosemount 3051, M340.

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

Annotation

The qualification work involves the development of an automation system for the wort production process for a modern brewery.

This qualification work presents a description of the technological process, the task for the automation system, the automation scheme, the specification of technical automation tools, the installation scheme of the automation device – the Rosemount 3051 pressure sensor, the wiring diagrams of sensors and actuators to the PLC, and the extended wiring diagram of the automation device.

An algorithm and program for controlling the wort production process for the brewery have been developed. The program is designed for the M340 PLC by Schneider Electric. The SCADA interface for the technological process was developed using Citect SCADA 2015 software, and the display mimic diagram is presented in the project documentation.

The task of computer modeling was set and investigated, specifically finding the optimal settings for the PID controller using the Ziegler-Nichols method.

Keywords: wort, beer, Citect, Rosemount 3051, M340.

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

Зміст

Вступ	7
Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації	8
1.1 Технологічний опис об'єкта автоматизації	8
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.....	17
Розділ 2. Система автоматизації.....	18
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО).....	18
2.2 Схема автоматизації.....	43
2.3 Специфікація засобів автоматизації.....	46
Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення	47
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера.....	47
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	50
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру Контур управління змішувачем.....	53
Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу.....	55
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)	61
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога... ..	77
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	77
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора	78
Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання	82
7.1. Постановка задачі дослідження.....	82
7.2. Вибір об'єкта керування та його математична модель	82
7.3. Моделювання САР.....	83
7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.....	86
Висновок.....	87
Список використаної літератури	88

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

Вступ

Забезпечення технологічних вимог під час процесу кипіння з хмелем сусла в сусловарійному апараті є критично важливим для оптимізації виробництва сусла.

Для досягнення максимальної ефективності в технологічному процесі приготування пивного сусла необхідно використовувати сучасні засоби автоматизації. Вони дозволяють знизити енергоспоживання та скоротити час, потрібний для пивоваріння, що, в кінцевому підсумку, підвищує рентабельність виробництва.

Метою цієї кваліфікаційної роботи є розробка системи автоматизації процесу варіння сусла в сусловарійному апараті з використанням сучасних технічних засобів автоматизації. Це забезпечить оптимальне проведення технологічного процесу, сприяючи ефективному виконанню наступних етапів у виробництві сусла.

У першому розділі надається опис об'єкта автоматизації. Другий розділ присвячений обґрунтуванню вибору технічних засобів. Третій розділ описує проектне компонування ПЛК. Четвертий розділ містить креслення встановлення технічних засобів. П'ятий розділ описує спеціальне програмне забезпечення для мікропроцесорного контролера. У шостому розділі розробляється людино-машинний інтерфейс оператора технолога. Та у сьомому розділі виконується комп'ютерне моделювання системи автоматизації регулювання.

Використання таких автоматизованих систем дозволить не лише підвищити якість кінцевого продукту, а й оптимізувати ресурсозатратність та підвищити загальну продуктивність виробництва.

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

Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації

1.1 Технологічний опис об'єкта автоматизації

Пиво - це алкогольний напій, що виготовляється з вареного та зброженого солоду, води, дріжджів та хмелю. Воно має варіативний вміст алкоголю, колір, смак та аромат, що залежить від рецептури та технології виготовлення. Пиво є одним з найстаріших алкогольних напоїв у світі і має тисячолітню історію виробництва. Початки його виробництва відносяться до стародавнього Єгипту та Месопотамії. Основні складові пива включають в себе солод (або інші зернові), воду, дріжджі та хміль. Солод додає напою колір, солодкість та тіло, дріжджі відповідають за бродіння цукрів у спирт, а хміль - за аромат та гіркоту.

Існує велика кількість різних видів пива, які відрізняються за кольором (світле, темне), характером смаку (лагер, ель, портер, стаут), вмістом алкоголю (легке, напівкріпке, кріпке) та іншими параметрами. Виробництво пива - це складний процес, що включає в себе кілька етапів: підготовка сировини, змішування компонентів, варіння сусла, зброжування, фільтрацію, охолодження та упакування.

Стадії технологічного процесу виробництва пива:

Підготовка сировини:

- Мелення солоду: Солод мелють для збільшення його поверхні та полегшення процесу екстракції цукрів.
- Змішування солоду та води: Мелений солод змішують з водою у відповідних пропорціях для утворення суміші, яка називається засипкою.

Зброжування:

					Кваліфікаційна робота		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Ковальов П.І.				8	10
Керівник		Романов М.С.					
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			НУХТ АК-4-1		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.					

- Додавання дріжджів: Дріжджі додають до засипки для початку процесу бродіння, під час якого дріжджі перетворюють цукор у суслі на алкоголь та вуглекислий газ.
- Контроль температури та часу: Температуру та тривалість бродіння контролюють, щоб досягти бажаного рівня алкоголю та смакових якостей пива.

Фільтрація:

- Відокремлення сусла: Після завершення бродіння сусло відокремлюють від відвару (жому) за допомогою фільтрувальних систем, що дозволяє відокремити рідку частину сусла від твердих залишків.

Варіння сусла:

- Кипіння сусла: Сусло кип'ятять для видалення зайвих речовин та концентрації екстрактивних речовин, таких як цукор, амінокислоти та білки.

Охолодження та додавання хмелю:

- Охолодження сусла: Після варіння сусло охолоджують до температури, придатної для додавання хмелю.
- Додавання хмелю: Хміль додають до сусла для надання пиву характерного аромату, гіркоти та збереження якості.

Охолодження та відстоювання:

- Охолодження та відстоювання: Після додавання хмелю сусло охолоджують та відстоюють для уточнення смакових якостей та видалення осаду.

Фільтрація та упакування:

- Фільтрація: Пиво фільтрують для видалення осаду та інших твердих частинок.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						9
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- Упакування: Готове пиво упаковують у пляшки, банки або бочки для подальшого реалізації.

Упакування та реалізація:

- Упакування: Упаковане пиво готують до відправлення на ринок для реалізації та споживання.

Стадії технологічного процесу варіння сусла в сусловарійному апараті:

Процес варіння сусла є ключовим етапом виготовлення пива, оскільки він впливає на його смак, аромат і якість. Автоматизація цього процесу дозволяє забезпечити стабільність та повторюваність у виробництві, що є важливим для забезпечення якості продукції. Крім того, автоматизація дозволяє зменшити витрати на працю та знизити ризик помилок під час процесу виготовлення пива.

Основні потреби, які вирішує автоматизація процесу варіння сусла, включають точний контроль температури, часу варіння та інтенсивності змішування. Також важливо мати можливість моніторингу та регулювання рівня рідини в апараті, а також контролю тиску в системі. Автоматизація дозволяє забезпечити ці потреби у виробничому процесі.

Особливості процесу варіння сусла включають у себе необхідність точного відслідковування температурного режиму, забезпечення рівномірного нагрівання та змішування сусла, а також контролю за часом варіння та охолодження. Автоматизація дозволяє забезпечити виконання цих вимог з високою точністю та ефективністю.

Після фільтрації відфільтроване сусло надходить у котел для варіння сусла з хмелем. Процес відбувається під тиском 0,02...0,03 МПа протягом 1,5...2 годин.

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



Мета кип'ятіння — стерилізація сусла, стабілізація і ароматизація його складу гіркими речовинами хмелю. За цей час випаровується надлишкова кількість води, екстрагуються гіркі речовини хмелю, який додається у кипляче сусло в подрібненому вигляді або у вигляді екстракту. Кількість хмелю, що додається, залежить від сорту пива.

При кип'ятінні сусла відбувається ряд процесів:

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

- розчинення і перетворення компонентів хмелю;
- утворення і коагуляція білкових і дубильних речовин;
- випаровування води;
- стерилізація сусла;
- руйнування всіх ферментів;
- підвищення кольоровості сусла;
- підвищення кислотності сусла;
- утворення редукуючих речовин;
- зміна вмісту у суслі диметилсульфіду та інших летких речовин.



При отриманні пива важливими компонентами хмелю є хмельові смоли і гіркі речовини, хмельова олія, дубильні речовини хмелю. Хмельові смоли або гіркі речовини хмелю – важливі для приготування пива хмельові компоненти, так як вони надають пиву гіркий смак, - кислоти – у холодному суслі майже не розчиняються. В киплячому суслі структура α -кислот витримує перебудову, яка називається ізомеризацією. Ізомеризовані сполуки, що виникли, мають значно більшу розчинність, ніж вихідні α -кислоти.

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

При кип'ятінні вихід ізогумулону, а з ним і гіркоти пива, залежить в основному від:

- 1) Природи ізогумулонів. Різні складові частини α -кислот мають різну ступінь ізомеризації, кращий вихід ізогумулону дає когумулон. Шляхом використання сортів хмелю з високим вмістом когумулону отримують більшу гіркоту пива.
 - 2) Тривалості кип'ятіння. З підвищенням тривалості кип'ятіння підвищується вихід ізогумулону. Більша частина α -кислот до початку кип'ятіння ізомеризується і вихід із підвищенням тривалості кип'ятіння збільшується все повільніше. Через годину кип'ятіння більша частина гірких речовин ізомеризується.
 - 3) Величини рН. Більша величина рН завжди дає кращу ізомеризацію, але гіркота при більш низьких значеннях рН завжди відчувається більш вирівняною і тонкою.
 - 4) Концентрації гумулонів. З підвищенням норми внесення хмелю вихід ізогумулону зменшується, але це зменшення відбувається у вузьких межах (до 10%).
 - 5) Відділення ізогумулонів із зависів гарячого сусла. Значна частина ізогумулону адсорбується зависями.
 - 6) Підвищення інтенсивності процесів ізомеризації. Наприклад, за допомогою використання більш високих температур кип'ятіння.
 - 7) Ступеню подрібнення хмелю. Подрібнення підвищує швидкість екстракції і з нею – вихід гірких речовин.
- При кип'ятінні сусла хмельова олія має таку властивість, як леткість, вона збільшується при тривалому кип'ятінні. Тому з метою часткового збереження у суслі кращих хмелевих олій, задають хміль з кращим ароматом за 15...20 хвилин до закінчення кип'ятіння.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Дубильні речовини хмелю розчинні у воді і відразу переходять у розчин. До цих речовин належать антоціани, таніни і катехіни. Вони беруть участь в утворенні завислих частинок гарячого сусла. При подальшому виробництві пива дубильні речовини полімеризуються все сильніше і можуть погіршувати стійкість пива. Дубильні речовини беруть участь в утворенні повноти смаку і гіркоти пива.

Дубильні речовини хмелю і солоду повністю розчиняються у суслі і зв'язуються з його білками. Дубильні речовини солоду при цьому більш активні, ніж хмельові. Так як дубильні речовини знаходяться частково в окисленій формі, а білкові речовини мають різну величину молекул, утворюються різні, які відрізняються своєю поведінкою сполуки.

При кип'ятінні сусла відбувається його упарювання до встановленої концентрації.

Інтенсивне кип'ятіння означає сильний рух вмісту апарату і одночасно сильне випаровування води. Тим самим кількість води, що випарувалася знаходиться в прямій залежності від бажаного ступеню відділення. Мірою інтенсивності випарювання є вся кількість води, що випарувалася під час варіння (ступінь випарювання).

Випаровування води потребує затрат енергоресурсів. Тому бажано не кип'ятити довше, ніж це необхідно; випаровувати багато води; по можливості частину використаної енергії застосовувати знову.

Оскільки випаровується тільки вода, екстрактивність сусла підвищується. Екстрактивність сусла підвищується разом з підвищенням ступеня випаровування і у гарячому охмеленому суслі вона може складати більш ніж 2% по відношенню до екстрактивності сусла при повному складі в сусловарильному апараті.

З пиллом із солоду в затор потрапляє велика кількість різних мікроорганізмів, які якщо їх не знищити, можуть швидко викликати псування пива. При кип'ятінні сусла всі мікроорганізми, що містяться в суслі гинуть (стерилізація).

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

При кип'ятінні сусла повністю знищуються ферменти, які ще збереглися у ньому у невеликих кількостях (інактивація ферментів). В зв'язку з цим у складі сусла більш неможливі неконтрольовані зміни.

Після кип'ятіння сусло стає темнішим, так як утворюються меланоїдини і окисляються дубильні речовини, що обумовлює підвищення кольорності сусла. Гаряче охмелене сусло темніше, ніж приготовлене із нього пиво. При бродінні кольорність пива знижується знову.



Кислотність сусла підвищується, так як при кип'ятінні утворюються меланоїдини, які дають кислу реакцію і, крім того, деяку частину кислотності вносить хміль. Багато важливих для пивоварного виробництва процесів краще і швидше протікають при пониженому значенні рН.

До таких процесів при кип'ятінні сусла відносяться:

- гарна коагуляція білково-дубильних комплексних сполук при рН 5,2;
- менше підвищення кольорності сусла при низьких значеннях рН;
- тонка і більш благородна гіркота хмелю при понижених значеннях рН;
- підвищена чутливість мікроорганізмів до більш низьких значень рН.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Недоліком при понижених значеннях рН є гірше використання гірких речовин хмелю, із-за чого його витрати мають бути більшими. Бажано перед закінченням кип'ятіння підкислити сусло до рН 5,0-5,1.

При кип'ятінні сусла утворюються сполуки, які здатні зв'язувати кисень сусла і надають відновлюючу дію. Ці речовини називаються редукуючими. До них відносяться, наприклад, меланоїдини.



В процесі кип'ятіння метіонін перетворюється в альдегід, який потім перетворюється в диметилдисульфід (ДМС), а потім в метилмеркаптан.

Вміст ДМС в пиві залежить, головним чином, від наступних факторів:

- від сорту ячменю, місця його вирощування і року врожаю;
- від вологості ячменю при пророщуванні, тривалість пророщування, температура режимів пророщування і, особливо, режимів сушіння;
- від складу засипу (використання несолоджених матеріалів знижує вміст ДМС);
- спосіб затирання (при відварюванні частина ДМС випаровується);
- від конструктивних особливостей обладнання (в сучасних апаратах, в яких хоч і передбачається низький коефіцієнт випаровування і більш короткий

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

процес кип'ятіння, інтенсивно протікає процес з подальшим видаленням ДМС із сусла);

- від технологічних режимів кип'ятіння сусла з хмелем (для видалення ДМС із сусла важливі інтенсивність кип'ятіння і рівномірність цієї дії на все сусло);

- від тривалості перебування сусла у гідроциклонному апараті (при тривалому перебуванні сусла в гідроциклонному апараті збільшується вміст ДМС в охмеленому суслі).

1.2. Розробка завдання на систему автоматизації

Таблиця 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 контроль, реалізації упр. дії
1	Суловарильний апарат	Рівень	90% ± 5%	Регулювання	Управління	Вплив на клапани подачі сусла і хмелю
		Температура	90°C ± 5°C	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі пари
		Тиск	1,0 бар ± 0,15 бар	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан відводу пари
		pH	4.0-5.5	Контроль	Відображення, реєстрація	ARM оператора
2	Трубопровід подачі затору	Витрата	8 м ³ ± 0,1 м ³	Контроль	Відображення, реєстрація	ARM оператора
3	Дозатор хмелю	Рівень	90% ± 5%	Регулювання	Управління	Вплив на клапани подачі і зливу хмелю
4	Двигун	Частота обертів	-	Регулювання	Управління	Вплив на двигун M1

Розділ 2. Система автоматизації

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

Рівнемір

Радарний рівнемір Rosemount серії 3300 - це надійний і точний прилад, який використовується для вимірювання рівня рідин і суспензій в різних галузях промисловості. Він використовує радарну технологію для безперервного і безконтактного вимірювання рівня, що робить його ідеальним для складних технологічних умов.



Рис. 2.1 Зовнішній вигляд рівнеміра Rosemount 3300

Переваги використання Rosemount 3300:

- Забезпечує мінімальне обслуговування і високу надійність, оскільки відсутній контакт з вимірюваним середовищем.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ковальов П.І.			Розробка системи автоматизації процесу варіння сусла в сушварійному апараті	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Романов М.С.					18	29
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			НУХТ АК-4-1			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

- Забезпечує високу точність вимірювання ± 2 мм ($\pm 0,08$ дюйма), гарантуючи точний контроль рівня.
- Може працювати в екстремальних умовах, включаючи високі температури до 260°C (500°F) і тиск до 100 бар (1450 psi).
- Функції розширеної діагностики для безперервного моніторингу стану пристрою і умов процесу, скорочуючи час простою.
- Проста установка з гнучкими варіантами кріплення і легкою конфігурацією за допомогою зв'язку HART або локального інтерфейсу оператора.
- Поставляється в міцному корпусі з класом захисту IP67 або NEMA 4X, що забезпечує довговічність в суворих умовах експлуатації.
- Дозволяє здійснювати віддалений моніторинг і конфігурацію, підвищуючи зручність і зменшуючи необхідність відвідування об'єкта.
- Сумісність з різними технологічними середовищами і не схильність до змін щільності, провідності і температури.

Технічні характеристики:

№.	Параметр	Специфікація
1	Принцип вимірювання	Відбивання часової області (TDR)
2	Діапазон вимірювань	До 20 метрів (65,6 фути)
3	Точність	± 2 мм ($\pm 0,08$ дюйма)
4	Діапазон температур	До 260°C (500°F)
5	Діапазон тиску	До 100 бар (1450 psi)
6	Типи зондів	Коаксіальні, двійні, одинарні проводи
7	Вихідний сигнал	4-20 мА з комунікацією HART
8	Класифікація корпусу	IP67 або NEMA 4X
9	Діагностичні функції	Розширена діагностика для моніторингу стану пристрою
10	Схвалення	ATEX, IECEx, FM, CSA для небезпечних зон

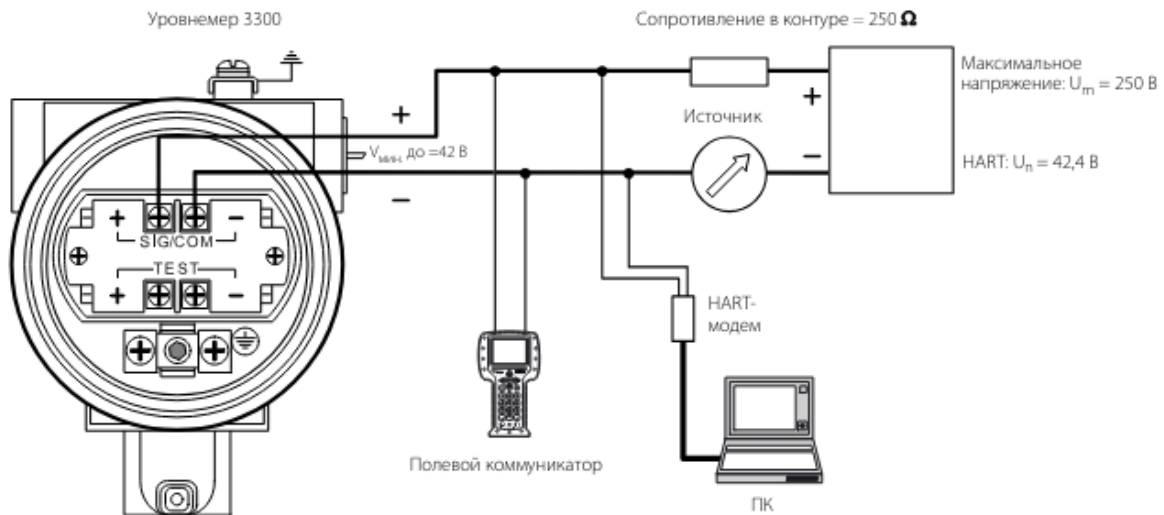


Рис. 2.2 Схема електричного підключення для рівнеміра загальнопромислового виконання.

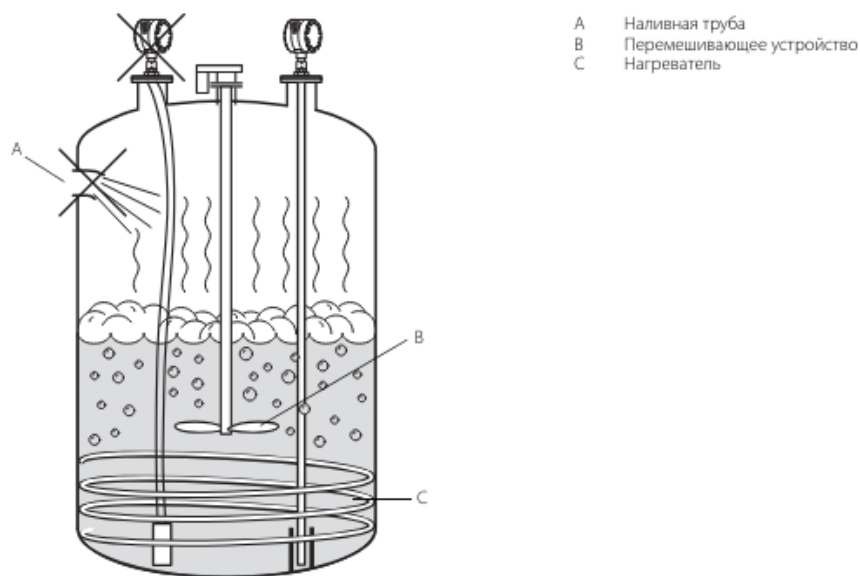


Рис. 2.3 Монтаж рівнеміра Rosemount 3300

Термоперетворювач опору

Датчик температури Sitrans ТК-Н забезпечує високоточне вимірювання температури і надійну роботу, що робить його відмінним вибором для промислових застосувань, які потребують надійного і точного моніторингу температури. Його розширені діагностичні можливості і підтримка зв'язку HART підвищують системну інтеграцію і експлуатаційну ефективність.

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

Переваги використання Sitrans ТК-Н:

- Забезпечує точне вимірювання температури з високим ступенем точності, гарантуючи надійний контроль процесу.
- Сконструйований таким чином, щоб витримувати суворі промислові умови, що робить його придатним для широкого спектру застосувань.
- Пропонує гнучкі варіанти установки, сумісний з різними типами термопар і RTD, що дозволяє інтегрувати його в різні процеси.
- Має комплексні діагностичні можливості для безперервного моніторингу та усунення несправностей, скорочуючи час обслуговування і простоїв.
- Підтримує протокол зв'язку HART, що забезпечує легку інтеграцію з існуючими системами управління і віддалену конфігурацію.
- Здатний вимірювати широкий діапазон температур, що відповідає різноманітним промисловим вимогам.
- Компактний і легкий, що спрощує установку і мінімізує вимоги до простору.

Технічні характеристики:

№.	Параметр	Специфікація
1	Принцип вимірювання	Вимірювання температури за допомогою РТД або термопари
2	Типи вхідних даних	РТД, Термопара
3	Точність	Висока точність, зазвичай $\pm 0.1\%$ від діапазону
4	Діапазон температур	від -200°C до $+850^{\circ}\text{C}$ (-328°F до $+1562^{\circ}\text{F}$)
5	Вихідний сигнал	4-20 мА з комунікацією HART
6	Класифікація корпусу	IP67, підходить для суворих умов
7	Діагностичні функції	Розширена діагностика для моніторингу стану пристрою
8	Схвалення	ATEX, IECEx, FM, CSA для небезпечних зон
9	Живлення	від 12 до 42 V DC
10	Розміри	Компактний дизайн, зазвичай 50 мм (діаметр) x 100 мм (висота)
11	Виробник	Siemens

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

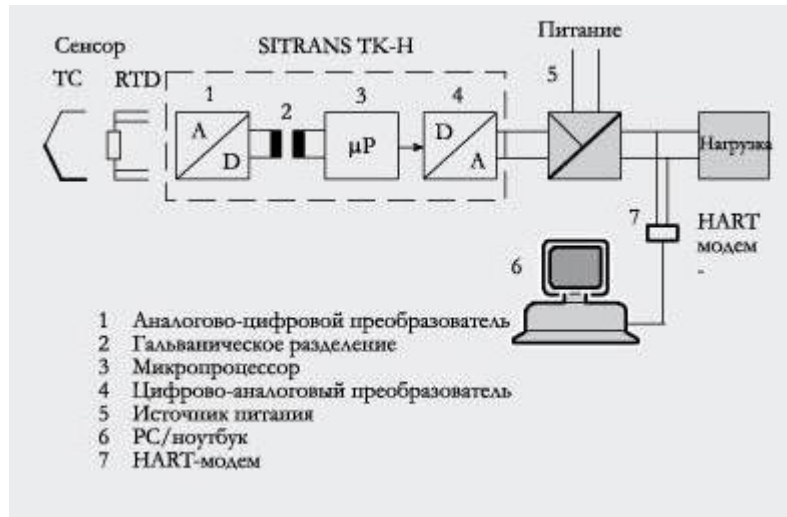


Рис. 2.4 Принцип роботи Sitrans ТК-Н

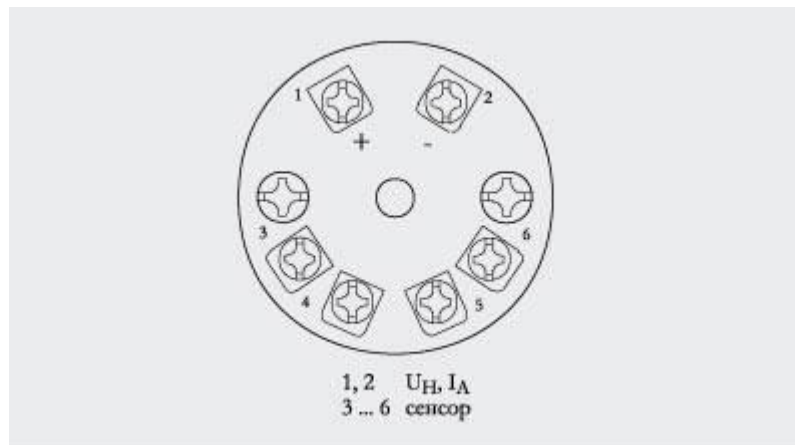


Рис. 2.5 Схема підключення Sitrans ТК-Н

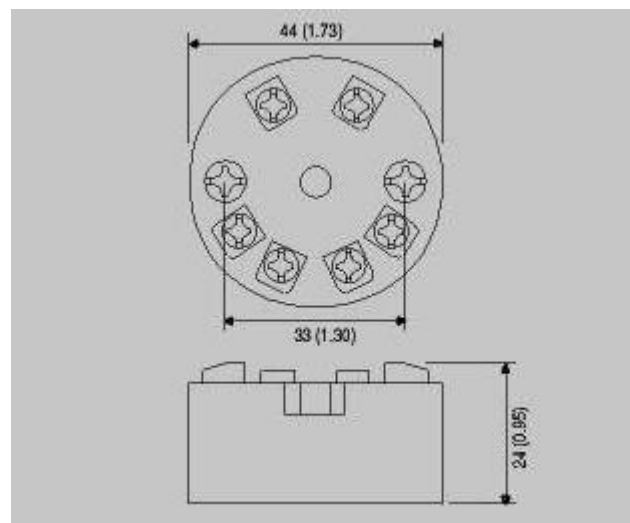


Рис. 2.6 Креслення Sitrans ТК-Н

Перетворювач тиску

Перетворювач тиску Rosemount 3051 забезпечує високоточне вимірювання тиску і надійну роботу, що робить його відмінним вибором для промислових застосувань, які потребують точного і надійного моніторингу тиску. Його розширені діагностичні можливості та підтримка зв'язку HART покращують системну інтеграцію та ефективність роботи.



Рис. 2.7 Зовнішній вигляд Rosemount 3051

Переваги використання Rosemount 3051:

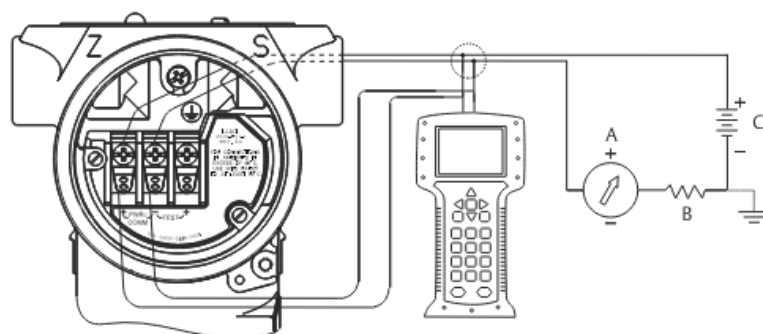
- Забезпечує точне вимірювання тиску з винятковою точністю, гарантуючи надійне керування процесом.
- Розроблений для роботи в суворих промислових умовах, забезпечуючи довговічність і надійність у важких умовах експлуатації.
- Підходить для широкого спектру застосувань, включаючи вимірювання тиску, рівня і витрати, що робить його універсальним вибором.
- Має широкі діагностичні можливості, що дозволяють здійснювати безперервний моніторинг і проактивне технічне обслуговування.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

- Підтримує протокол зв'язку HART, що полегшує інтеграцію з існуючими системами управління і дистанційне налаштування.
- Здатний вимірювати широкий діапазон тисків, що відповідає різним промисловим вимогам.
- Призначений для простого встановлення та обслуговування, мінімізуючи час простою і експлуатаційні витрати.

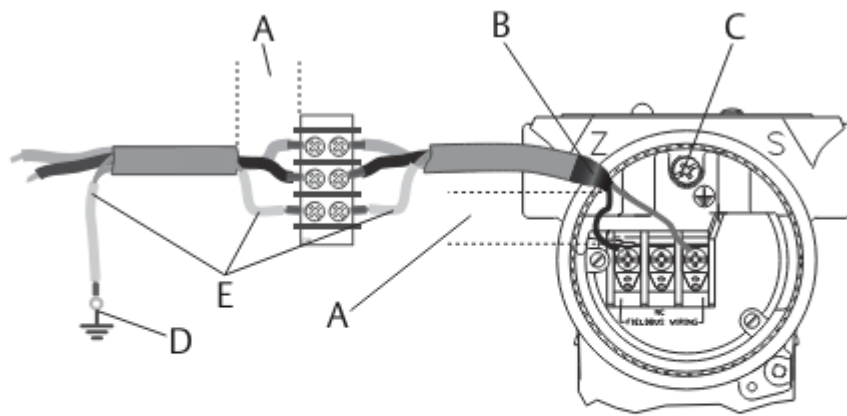
Технічні характеристики:

№.	Параметр	Специфікація
1	Принцип вимірювання	Вимірювання диференційного, гідростатичного та абсолютного тиску
2	Точність	До $\pm 0.04\%$ від діапазону
3	Діапазон тиску	До 4000 psi (275.8 bar)
4	Вихідний сигнал	4-20 mA з комунікацією HART
5	Класифікація корпусу	IP66/67, підходить для суворих умов
6	Діагностичні функції	Розширена діагностика для моніторингу стану пристрою
7	Схвалення	ATEX, IECEx, FM, CSA та інші для небезпечних зон
8	Живлення	від 11 до 42 V DC
9	З'єднання з процесом	Різні різьбові та фланцеві опції
10	Матеріали конструкції	Нержавіюча сталь, Hastelloy, Monel та інші
11	Виробник	Emerson Automation Solutions



- А. Амперметр
 В. $R_L \geq 250 \text{ Ом}$
 С. Питання 24 В постійного току

Рис. 2.8 Схема підключення вимірювального перетворювача(4-20 мА)



- A. Обеспечьте минимальное расстояние
- B. Отрегулируйте щит и выполните изоляцию
- C. Заземление для защиты от переходных процессов
- D. Соединить экран с контактом заземления источника питания
- E. Изолируйте экран

Рис. 2.9 Підключення проводки

Магнітний витратомір

Магнітний витратомір Rosemount серії 8700 - це високоточний і надійний прилад для вимірювання витрати, призначений для широкого спектру застосувань. Він використовує принцип електромагнітної індукції для вимірювання витрати електропровідних рідин і суспензій.



Рис. 2.10 Зовнішній вигляд Rosemount 8700

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

Перевати використання Rosemount 8700:

- Висока точність: Забезпечує точне вимірювання в широкому діапазоні витрат і умов.
- Надійність: Відомий своєю міцною конструкцією та довготривалою роботою.
- Універсальність: Підходить для різних застосувань, включаючи рідини, суспензії і абразиви.
- Невибагливість в обслуговуванні: Потребує мінімального технічного обслуговування, що зменшує час простою та експлуатаційні витрати.
- Проста установка: Проста установка і налаштування, що економить час під час першого розгортання.
- Широкий вибір розмірів: Доступні в різних розмірах, що відповідають різним вимогам до швидкості потоку.
- Цифрова обробка сигналів: Забезпечує розширені можливості діагностики та зв'язку для покращеного моніторингу продуктивності.

Технічні характеристики:

Характеристика	Опис
Діапазон потоку	Змінюється в залежності від моделі та розміру
Точність	Зазвичай $\pm 0.25\%$ від потоку
Сумісність з рідинами	Підходить для широкого діапазону рідин
Рейтинг тиску	До 3000 psi (залежно від моделі)
Діапазон температур	Від -40°C до 204°C (від -40°F до 400°F)
Варіанти виводу	Аналоговий, цифровий, HART, FOUNDATION Fieldbus, і т.д.
Матеріали, які контактують з середовищем	Різні варіанти, включаючи нержавіючу сталь
Протоколи комунікації	HART, Modbus, Profibus, і т.д.
Затвердження та сертифікації	Різні галузеві затвердження та сертифікації

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

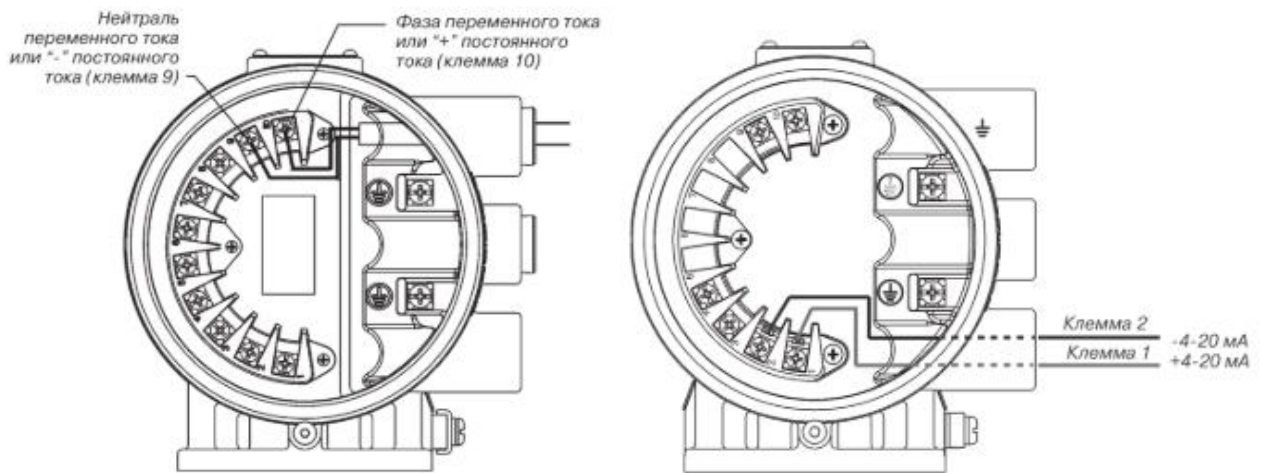


Рис. 2.11 Схема електричного підключення Rosemount 8700

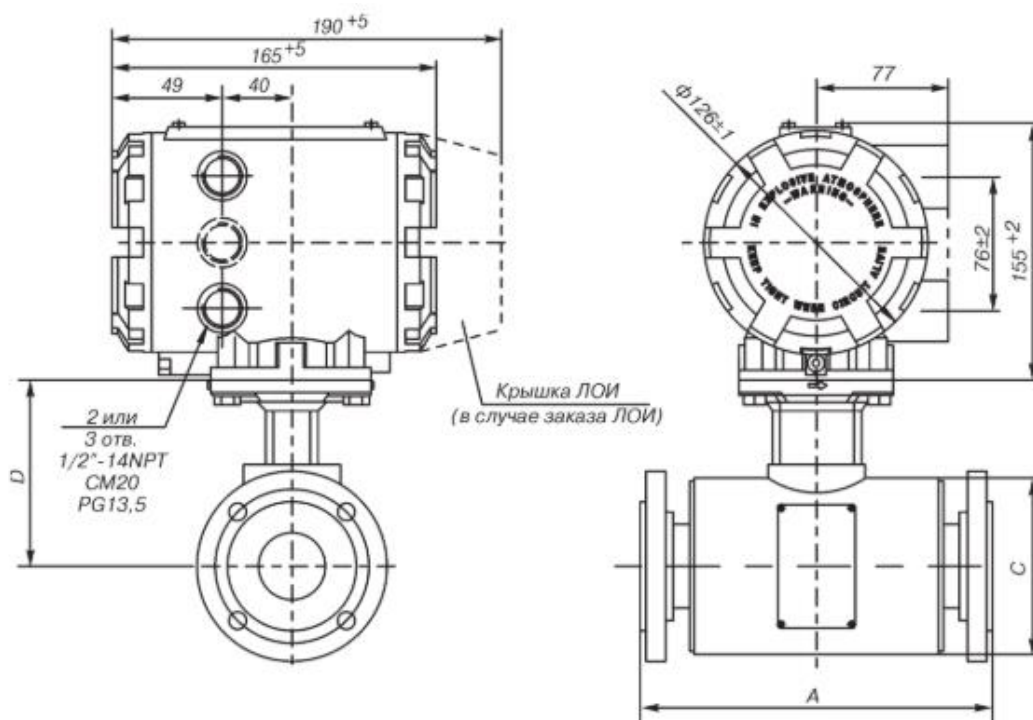


Рис. 2.12 Габаритні розміри Rosemount 8700

Перетворювач рН/ORP

Liquisys CPM253 - це універсальний датчик провідності, призначений для моніторингу провідності в промислових процесах. Він підходить для широкого спектру застосувань, включаючи водопідготовку, хімічну переробку, виробництво продуктів харчування та напоїв.

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



Рис. 2.13 Зовнішній вигляд перетворювача Liquisys CPM253

Переваги даного перетворювача:

- Точне вимірювання: Забезпечує точне вимірювання провідності для ефективного моніторингу процесу.
- Надійна робота: Забезпечує стабільні та узгоджені показання з плином часу.
- Універсальність: підходить для різних застосувань і середовищ.
- Простий у використанні: Пропонує інтуїтивно зрозуміле управління і просту конфігурацію.
- Надійна конструкція: Розроблена для довговічності в промислових умовах.
- Сумісність: Працює з різноманітними датчиками та аксесуарами для забезпечення гнучкості.
- Розширені функції: Включає такі функції, як температурна компенсація та автоматичне калібрування для підвищення продуктивності.

Технічні характеристики:

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

Характеристика	Опис
Діапазон вимірювання	0-2000 мС/см (міліСіменс на сантиметр)
Точність	±0.5% виміряного значення
Діапазон температур	від -20°C до 150°C (від -4°F до 302°F)
Підключення до процесу	Різні варіанти, включаючи G ¾" та NPT ¾"
Класифікація корпусу	IP66/67 (NEMA 4X/6)
Інтерфейси комунікації	Аналоговий, цифровий (HART, Profibus)
Живлення	100-230 VAC або 20-55 VDC
Підтвердження та сертифікації	ATEX, IECEx, FM, CSA, CE

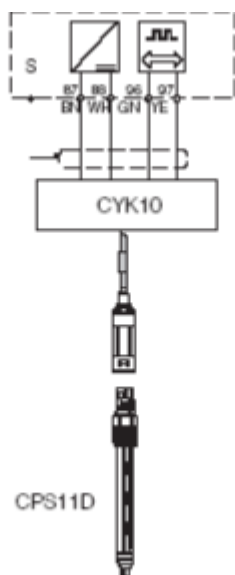


Рис. 2.14 Підключення CPS11D

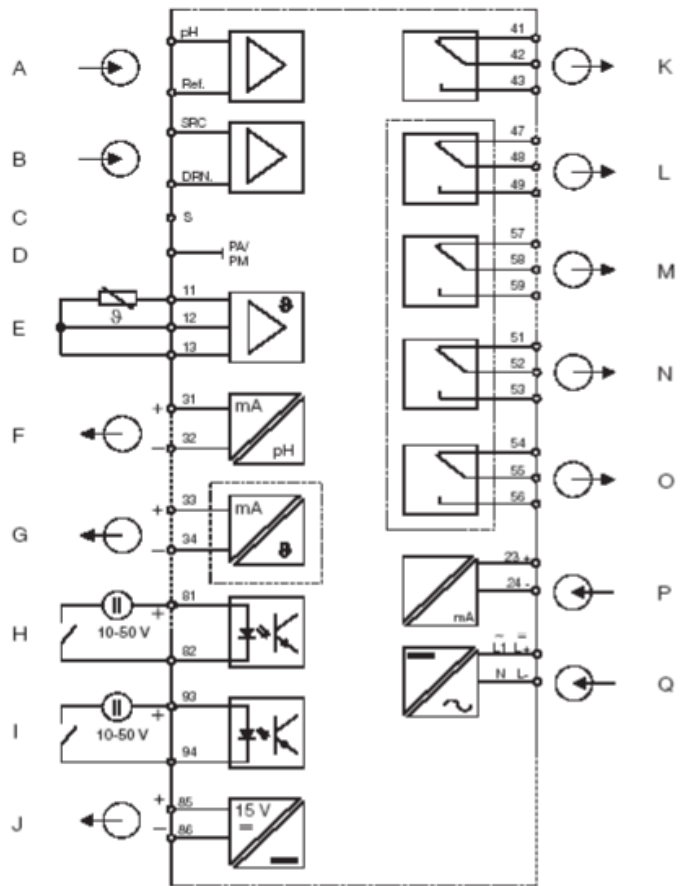


Рис. 2.15 Електричне підключення перетворювача

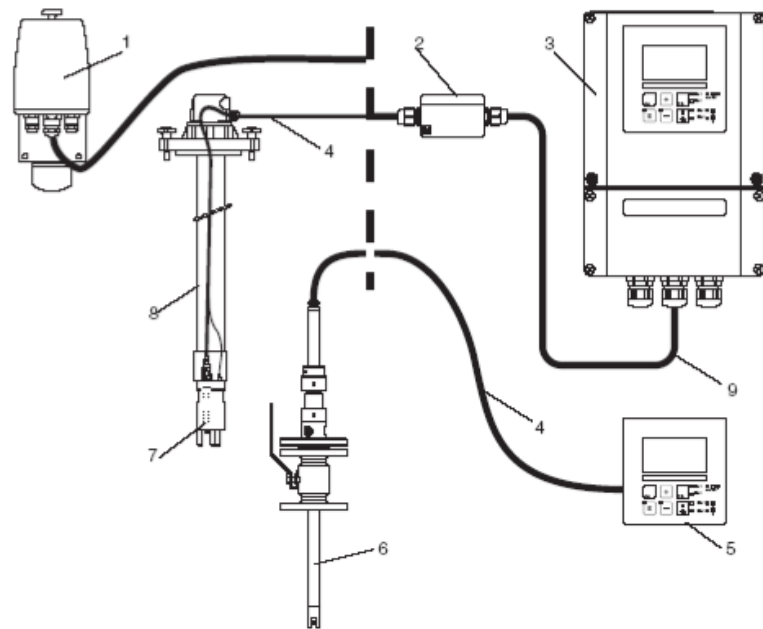


Рис. 2.16 Укомплектована вимірвальна система

Датчик рН

CPS11D - це міцний і надійний датчик рН, розроблений для промислового застосування. Він підходить для вимірювання рН рідин в різних галузях промисловості, включаючи водопідготовку, хімічну промисловість, виробництво продуктів харчування і напоїв.



Рис. 2.17 Зовнішній вигляд CPS11D

Переваги даного приладу:

- Точність: Забезпечує точні вимірювання рН для моніторингу та контролю процесу.
- Довговічність: Розроблений для роботи в суворих промислових умовах.
- Невибагливий в обслуговуванні: Потребує мінімального технічного обслуговування, що зменшує час простою.
- Широкий діапазон: Підходить для вимірювання широкого діапазону значень рН.
- Сумісність: Може бути легко інтегрований в існуючі технологічні системи.

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

- Температурна компенсація: Забезпечує точні показники навіть при коливаннях температури.
- Тривалий термін служби: Забезпечує тривалий термін служби для надійного довготривалого використання.

Технічні характеристики:

Характеристика	Опис
Діапазон рН	0-14 одиниць рН
Діапазон температур	0-100°C (32-212°F)
Допустимий тиск	До 6 бар (87 psi)
Матеріал корпусу	Різні варіанти, включаючи нержавіючу сталь
Підключення до процесу	Різні варіанти, включаючи G ¾" та NPT ¾"
Тип електрода	Комбінований рН-електрод
Система посилання	Двохконтурна система посилання
Сумісність	Сумісний з більшістю рН-метрів та передавачів
Сертифікація	Різні галузеві сертифікації

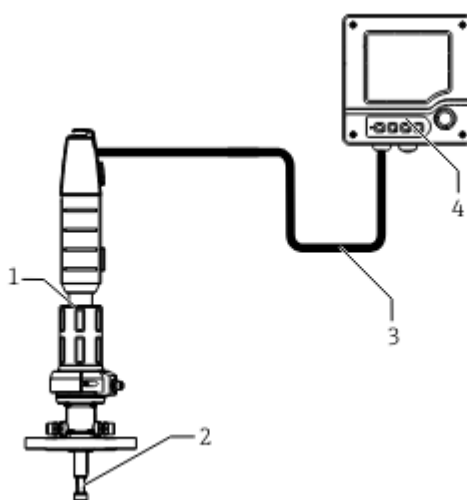
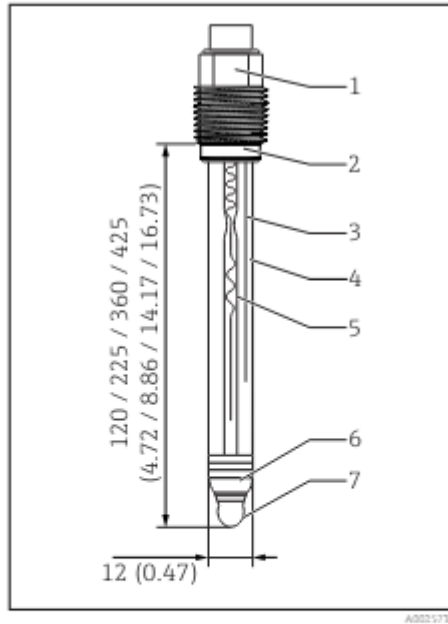


Рис. 2.18 Приклад вимірювальної системи для вимірювання рН



10 CPS11 с разъемом GSA

- 1 Разъем GSA, Pg 13.5
- 2 Уплотнительное кольцо (Viton) с опорным кольцом
- 3 Электрод сравнения Ag/AgCl - эталон
- 4 Электролит "Улучшенный гель"
- 5 Электрод сравнения Ag/AgCl - pH
- 6 Тефлоновая (PTFE) диафрагма
- 7 Стеклопанная мембрана pH

Рис. 2.19 Конструкція та розмір приладу

Частотний перетворювач

Lenze SMD 380 – це універсальний і зручний частотний перетворювач, призначений для керування швидкістю трифазних асинхронних двигунів. Він підходить для різних промислових застосувань, забезпечуючи надійну роботу та легку інтеграцію в існуючі системи.



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

Рис. 2.20 Перетворювач частоти Lenze SMD 380

Переваги використання даного пристрою:

- **Енергоефективність:** Оптимізує споживання енергії для економії коштів.
- **Компактний дизайн:** Заощаджує простір у шафах керування.
- **Простота використання:** Легко встановлюється та експлуатується завдяки зручному інтерфейсу.
- **Універсальність:** Підходить для широкого спектру промислових застосувань.
- **Передове керування:** Забезпечує точне керування двигуном для покращення продуктивності процесу.
- **Міцна конструкція:** Надійний дизайн для тривалої експлуатації.
- **Сумісність:** Легко інтегрується з існуючими системами та обладнанням.

Технічні характеристики:

Характеристика	Опис
Діапазон потужності	0.25 до 22 кВт
Вхідна напруга	200-240 В або 380-480 В
Вихідна частота	0-400 Гц
Режими керування	V/f керування, векторне керування
Ступінь захисту	IP20
Робоча температура	-10°C до +40°C
Інтерфейси зв'язку	RS485, Modbus
Сертифікації	CE, UL, cUL

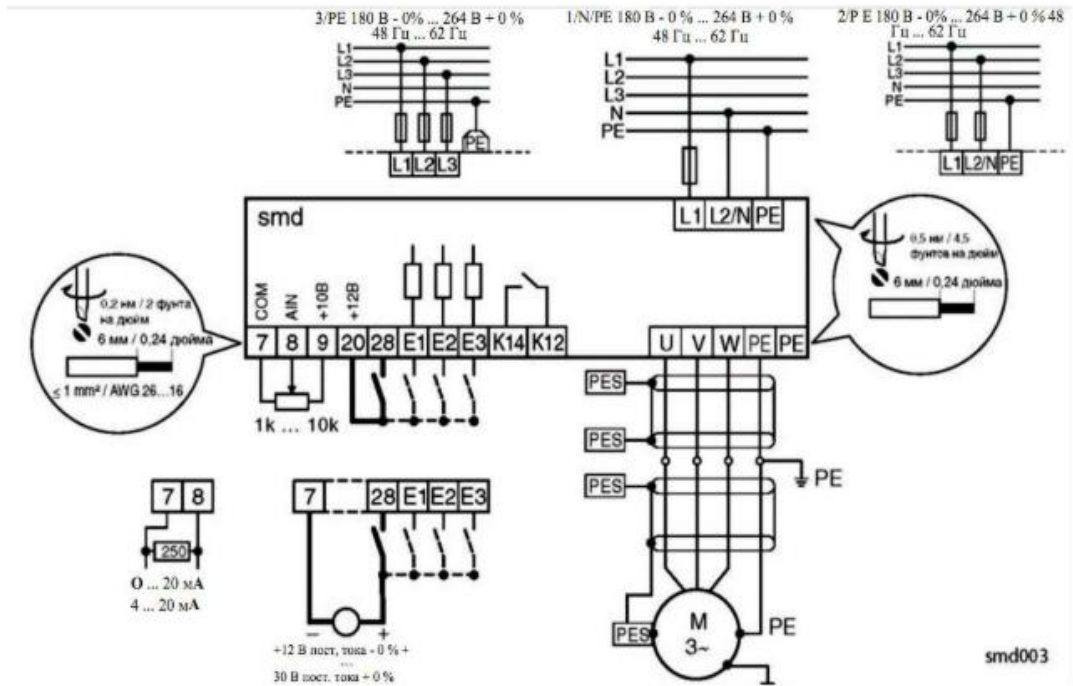


Рис.2.21 Входи та виходи перетворювача частоти Lenze SMD 380 4 кВт

Пневматичний клапан

Vaumann 24000CVF – це високоефективний регулюючий клапан, призначений для точного керування потоком рідини в промислових процесах. Відомий своєю міцною конструкцією та відмінними керуючими можливостями, 24000CVF підходить для широкого спектру застосувань, включаючи хімічну обробку, виробництво електроенергії та водоочищення.



Рис.2.22 Клапан пневматичний Vaumann 24000CVF

Переваги даного приладу:

- Точне керування: Забезпечує точне та надійне регулювання потоку.
- Міцна конструкція: Створений для роботи у важких промислових умовах.
- Універсальність: Підходить для різних рідин і умов процесу.
- Простота обслуговування: Спроектований для легкого обслуговування, що зменшує час простою.
- Енергоефективність: Оптимізує регулювання потоку для економії енергії.
- Висока діапазонність: Забезпечує широкий діапазон регулювання потоку.
- Сумісність: Легко інтегрується з існуючими системами керування.

Технічні характеристики:

Характеристика	Опис
Розміри клапанів	1/2" до 6"
Матеріали корпусу	Нержавіюча сталь, вуглецева сталь, інші
Тиск	До 600 psi
Температурний діапазон	-196°C до 538°C
Характеристики потоку	Рівний процент, лінійний, швидке відкриття
Привід	Пневматичний, електричний
З'єднання	Фланцеві, різьбові, зварні
Сертифікації	ASME, ANSI, IEC, інші

Електропневматичний перетворювач

ASCO Numatics Series 617 Sentronic LP – це електропневматичний регулятор тиску, призначений для низькотискових застосувань. Він забезпечує точне регулювання тиску повітря в різних промислових процесах, включаючи пакування, харчову промисловість та виробництво напівпровідників.

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

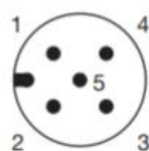


Рис.2.23 Зовнішній вигляд ЕПП Sentronic LP серії 617 ASCO Numatics

Технічні характеристики:

Характеристика	Опис
Діапазон тиску	0-7 бар (0-100 psi)
Точність	±0,5% від повного діапазону
Вхідна напруга	24 VDC
Протоколи зв'язку	Аналогові, цифрові (Modbus, Ethernet)
Час відгуку	<100 мс
Температурний діапазон	0°C до 50°C
Ступінь захисту	IP65
Сертифікації	CE, RoHS

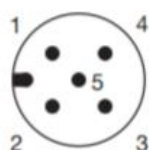
Стандартне аналогове управління



Pin	Опис	6-провідний кабель
1	живлення 24 В постійного струму	коричневий
2	аналоговий вх. заданого значення	білий
3	постачання загальне	блакитний
	аналоговий загальний*	жовтий
4	аналоговий вихід (зворотній зв.)	чорний
5	цифровий вихід(реле тиску)	сірий
Корпус	екран ЕМС	захист

*Для довжин кабелів використовується 6-провідний кабель з окремим загальним для командного сигналу більше 2 м, щоб мінімізувати падіння напруги для командного сигналу

Дискретне управління



Pin	Опис
1	живлення 24 В постійного струму
2	вхідний сигнал 1 (LSB)
3	постачання загальне
4	вхідний сигнал 2 (MSB)
5	невикористовується

Рис.2.24 Розташування контактів роз'єму Sentronic LP серії 617 ASCO

Електричне підключення

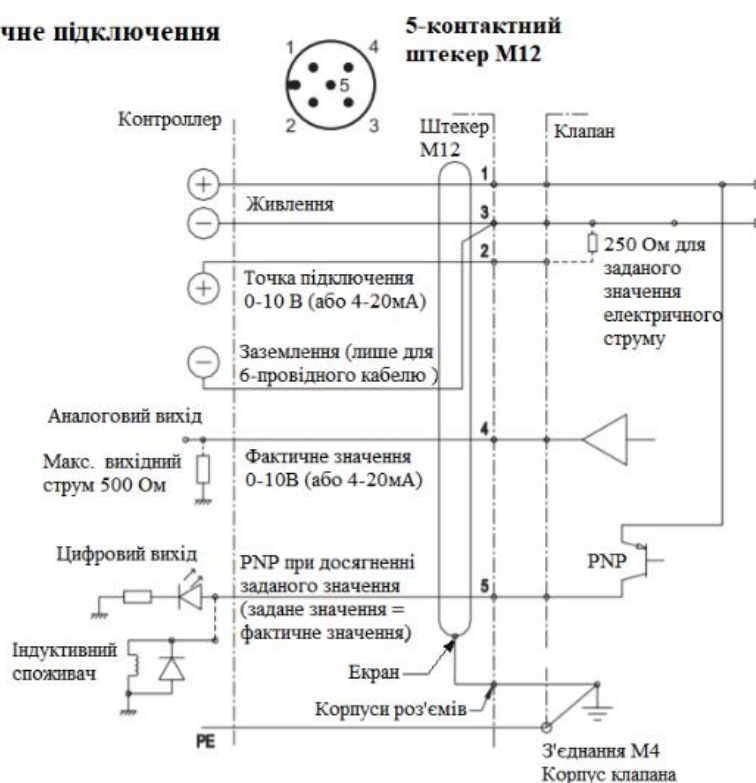


Рис.2.25 Електричне підключення перетворювача Sentronic LP серії 617

Блок керування аналоговий

ОВЕН УЗС1 – це аналоговий контролер, призначений для точного моніторингу та контролю рівня рідин у різних промислових застосуваннях. Він забезпечує високу надійність та міцну роботу, що робить його придатним для використання у водоочисних спорудах, хімічній обробці та харчовій промисловості.



Рис.2.26 Зовнішній вигляд пристрою ОВЕН УЗС1

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

Технічні характеристики:

Характеристика	Значення
Діапазон вимірювання напруги живлення, В	90...245
Частота, Гц	47...63
Номинальна напруга живлення, В	230±4
Споживан апотужність, ВА, не більше	7
Напруга вбудованого джерела живлення постійного струму, В	24±2,4
Максимально допустимий струм вбудованого джерела живлення, мА	80
Тип вхідного сигналу, мА	4...20
Час опитування входу, с, не більше	0,4
Межа основної зведеної похибки перетворення, %	0,5
Ступінь захисту корпусу	
- настінний Н	IP44
- щитові Щ1 та Щ2 (зі сторони лицьової панелі)	IP54
- DIN-рейковий Д (зі сторони лицьової панелі)	IP20
Допустиме навантаження на виході 4...20 мА, Ом, не більше	1000
Діапазон допустимої напруги живлення виходу 4...20 мА	12...30
Допустиме навантаження на виході 0...10 В, Ом не менше	2000
Діапазон допустимої напруги живлення виходу 0...10 В	16...30

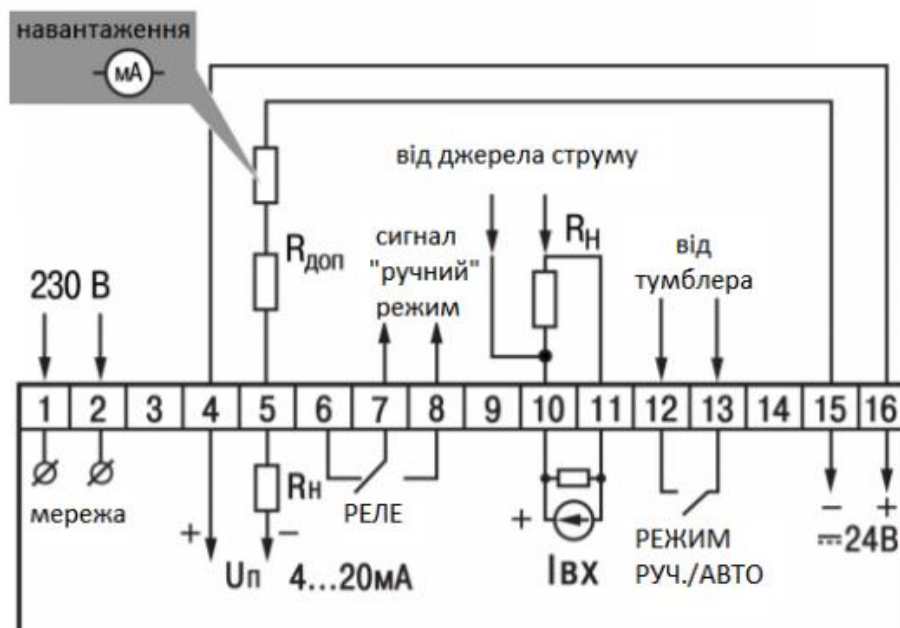


Рис.2.27 Підключення до блоку керування ОВЕН УЗС1

Двигун

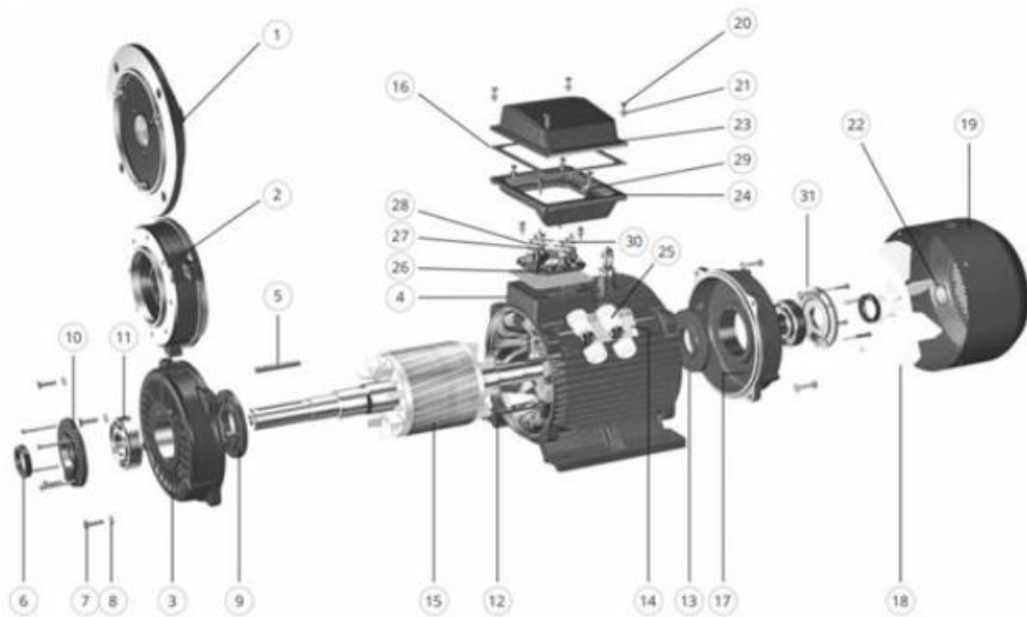
AIP 71B2 – це високоефективний асинхронний електродвигун, призначений для широкого спектру промислових застосувань. Відомий своєю довговічністю та енергоефективністю, цей двигун підходить для приводу різного обладнання, включаючи насоси, вентилятори, компресори та конвеєри.



Рис. 2.28 Вигляд електродвигуна AIP 71B2

Технічні характеристики:

Характеристика	Опис
Потужність	0.55 кВт до 0.75 кВт
Напруга	220/380 В
Частота	50 Гц
Швидкість	1500 об/хв
Ефективність	IE2
Розмір корпусу	71
Ступінь захисту	IP55
Метод охолодження	IC411
Монтаж	B3, B5, B35
Клас ізоляції	F



- | | |
|----------------------------------|---------------------------------|
| 1 - фланець | 17 - задня кришка |
| 2 - малий фланець | 18 - крильчатка вентилятора |
| 3 - передня кришка | 19 - захисна кришка вентилятора |
| 4 - корпус | 20 - гвинт |
| 5 - шпонка | 21 - шайба |
| 6 - сальник | 22 - стопорне кільце |
| 7 - болт | 23 - кришка клемної коробки |
| 8 - шайба | 24 - база клемної коробки |
| 9 - передня кришка підшипника | 25 - кабельний ввід |
| 10 - зовнішня кришка підшипника | 26 - контактна ділянка |
| 11 - підшипник | 27 - плата з виводом |
| 12 - статор | 28 - клеми |
| 13 - внутрішня кришка підшипника | 29 - болт |
| 14 - табличка | 30 - гайка |
| 15 - ротор | 31 - задня кришка підшипника |
| 16 - прокладка | |

Рис. 2.29 Конструктивна схема

Компресор

АВАС PRO А39В 270 СТ4 – це професійний повітряний компресор, призначений для використання у вимогливих промислових та майстернях. Цей міцний компресор оснащений потужним двигуном та великим повітряним резервуаром, що робить його ідеальним для безперервної роботи та виконання завдань з високими вимогами.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41



Рис. 2.30 Вигляд АВАС PRO А39В 270 СТ4

Технічні характеристики:

Характеристика	Опис
Потужність двигуна	4 НР (3 кВт)
Ємність повітряного баку	270 літрів
Максимальний тиск	10 бар
Витрата повітря	393 літрів на хвилину
Рівень шуму	79 дБ(А)
Напруга	400 В / 50 Гц
Розміри (Д x Ш x В)	1500 x 520 x 1200 мм
Вага	120 кг

2.2 Схема автоматизації

Функціональна схема автоматизації процесу приготування сусла в суслварочному цеху пивоварні охоплює кілька ключових компонентів і елементів управління. Вона включає подачу підготовленого сусла в варильний чан, дозування хмелю відповідно до рецептури, регулювання пари для нагрівання чана і сусла, регулювання тиску за допомогою аналогового датчика тиску, контроль рівня в варильному чані і дозаторі хмелю, регулювання швидкості потоку сусла, а також управління двигуном мішалки для рівномірного перемішування в процесі кип'ятіння сусла.

Контроль рівня в дозаторі хмелю:

Рівень в дозаторі хмелю контролюється за допомогою радіолокаційного датчика рівня Rosemount 3300 Guided Wave Radar Level Transmitter. Цей датчик вимірює рівень за допомогою радіолокаційної технології керованих хвиль і перетворює його в аналоговий сигнал (4-20 мА), який надсилається в ПЛК для обробки і відображення на ПК або панелі оператора. Вихідний сигнал з ПЛК (також 4-20 мА) передається на електропневматичний перетворювач ASCO Numatics 617 Sentronic LP, який перетворює його в пневматичний сигнал (20-100 кПа) для управління клапаном подачі хмелю. Інший датчик ASCO Numatics серії 617 Sentronic LP з вихідним сигналом 20-100 кПа керує дозуючим клапаном дозатора хмелю.

Контроль витрати сусла:

Витрата сусла вимірюється за допомогою магнітного витратоміра Rosemount 8700, встановленого на трубопроводі. Цей витратомір використовує магнітне поле для визначення швидкості потоку на основі індукованої напруги в рідині, що протікає, забезпечуючи сигнал 4-20 мА, пропорційний швидкості потоку. ПЛК обробляє цей сигнал і використовує його для управління клапаном BAUMANN 24000CVF через електропневматичний перетворювач ASCO Numatics серії 617 Sentronic LP.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

При досягненні бажаної швидкості потоку клапан регулюється відповідним чином, щоб підтримувати задану швидкість потоку.

Моніторинг рівня в пивоварному чані:

Рівень у пивоварному чані контролюється за допомогою радіолокаційного датчика рівня Rosemount 3300 Guided Wave Radar Level Transmitter. Ємність цього датчика змінюється в залежності від рівня продукту, генеруючи аналоговий вихід (4-20 мА), який надсилається до ПЛК для обробки та відображення. Вихідний сигнал ПЛК (4-20 мА) надсилається на перетворювач ASCO Numatics серії 617 Sentronic LP, який перетворює його в пневматичний сигнал (20-100 кПа), що керує клапаном BAUMANN 24000CVF для скидання готового суслу в бродильний апарат.

Контроль температури суслу:

Температура суслу контролюється датчиком температури SITRANS ТК-Н. Цей датчик вимірює температуру з високою точністю і видає сигнал 4-20 мА. Номінальна температура в пивоварні становить 90°C. Сигнал з датчика температури надходить на аналоговий вхід ПЛК. Вихідний сигнал ПЛК (4-20 мА) направляється на датчик ASCO Numatics 617 Sentronic LP, який видає пневматичний сигнал (20-100 кПа) на клапан BAUMANN 24000CVF, керуючи подачею гріючої пари. Всі дані про температуру та інформація про управління передаються на ПК і панель оператора.

Моніторинг тиску в пивоварному чані:

Тиск у суслварочному чані контролюється і регулюється за допомогою датчика тиску Rosemount 3051. Цей датчик видає струмовий сигнал (4-20 мА), пропорційний вхідному тиску. Сигнал надходить на аналоговий вхід ПЛК. Вихід ПЛК (4-20 мА) передається на датчик ASCO Numatics серії 617 Sentronic LP, який перетворює його в пневматичний сигнал (20-100 кПа), що керує клапаном BAUMANN 24000CVF для відведення надлишкової

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

пари при підтримці безпечних діапазонів процесу. Дані про тиск передаються на ПК і панель оператора, фіксуючи мінімально і максимально допустимі значення.

Управління двигуном мішалки:

Двигун мішалки (AIP 71B2) управляється перетворювачем частоти Lenze SMD 380 4 кВт через блок ручного управління ОВЕН УЗС1. Керуючий сигнал надходить від модуля аналогового виходу ПЛК. Для аварійного захисту в місці розташування двигуна встановлена кнопка аварійної зупинки (SB1). Потужність двигуна становить 4 кВт, і всі пристрої сумісні. Дані надсилаються з ПЛК на ПК для запису та зберігання.

Вимірювання рН:

Рівень рН суслу контролюється за допомогою датчика рН Endress+Hauser CPS11D. Цей датчик забезпечує точні показники рН, що є критично важливими для підтримання оптимальних умов пивоваріння. Датчик виводить цифровий сигнал на ПЛК, який обробляє дані і регулює додавання кислоти або лугу для підтримки бажаного рівня рН. Дані рН відображаються на ПК і панелі оператора для безперервного моніторингу.

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

2.3 Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2. Специфікація приладів та засобів автоматизації

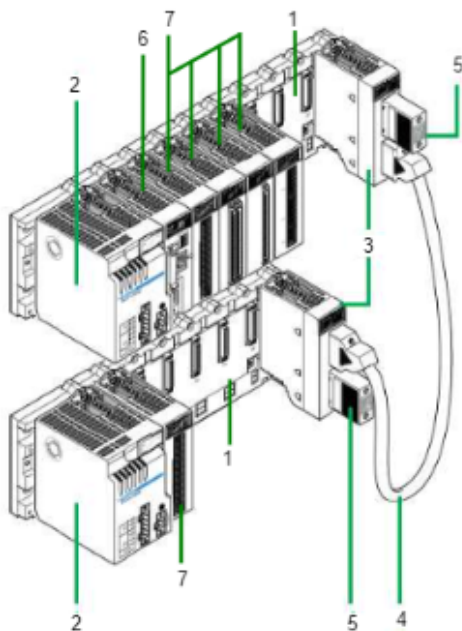
No.	No. of position in the diagram	Place of installation	Name and technical characteristics of the product	Type, Brand	Quantity	Manufacturer
1	1a	по місцю	Радарний рівнемір з виходом 4-20 мА для точного вимірювання рівня за допомогою хвилеводу з керованою хвилею	Rosemount 3300	1	Emerson
2	2a	по місцю	Датчик температури з виходом 4-20 мА, висока точність для моніторингу температури сушла	Sitrans TK-H	1	Siemens
3	3a	по місцю	Перетворювач тиску з виходом 4-20 мА, висока точність для моніторингу тиску	Rosemount 3051	1	Emerson
4	4a	по місцю	Магнітний витратомір з виходом 4-20 мА, точне вимірювання витрати сушла	Rosemount 8700	1	Emerson
5	5a	по місцю	pH-метр з цифровим виходом, точний контроль pH сушла	Liquisys CPM253	1	Endress+Hauser
6	2в, 4в, 5в	на щиті	Електропневматичний перетворювач, перетворює сигнал 4-20 мА на пневматичний сигнал 20-100 кПа	ASCO Numatics Series 617 Sentronic LP	8	ASCO Numatics
7	2г, 4г, 5г	на щиті	Пневматичний регулювальний клапан, точне регулювання потоку рідини	BAUMANN 24000CVF	6	Emerson
8	7a	по місцю	Двигун мішалки, керований частотним перетворювачем, забезпечує рівномірне перемішування	AIP 71B2	1	AIP
9	7b	на щиті	Перетворювач частоти для керування двигуном, потужність 4 кВт	Lenze SMD 380	1	Lenze
10	SB1	по місцю	Кнопка аварійної зупинки, функція безпеки для керування двигуном	LAYS-BT42	1	Manufacturer info needed

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

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

3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера

У своїй кваліфікаційній роботі я використовував німецького виробника промислових логічних контролерів, а саме Schneider Electric. Я вибрав модель Modicon M340 через доступність програмного забезпечення (UNITY PRO) для роботи з контролером, широкі можливості застосування, зрозумілі схеми та різноманітність варіантів підключення.



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

Рис.3.1 Фізична структура M340

Основою конструкції M340 є шасі (рис. 3.2). Шасі використовується як монтажна рама, на якій розміщуються та закріплюються окремі модулі контролера, центральний процесор і блок живлення.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ковальов П.І.			<i>Розробка системи автоматизації процесу варіння сусла в сушварійному апараті</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Романов М.С.					47	8
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			<i>НУХТ АК-4-1</i>			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						



Рис.3.2 Шасі Modicon M340

Вибрані модуля для ПЛК M340 наведено в таблиці:

Модулі I/O		Примітка
Найменування	Кількість	
BMX P34-2000	1	Процесор
BMX CPS 2000	1	Блок живлення
BMX AMI 800	1	Модуль аналогових входів
BMX AMO 802	1	Модуль аналогових виходів
BMX DDM 16022	1	Модуль дискретних I/O

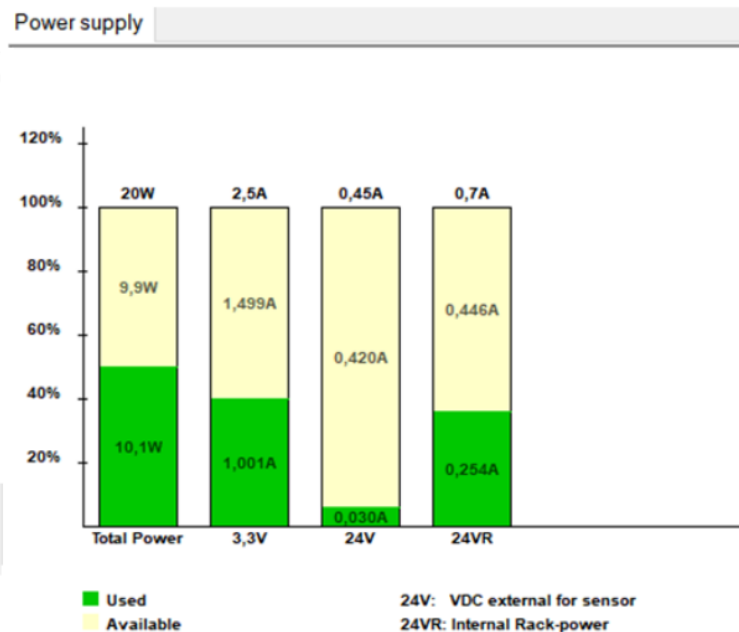


Рис.3.3 Розрахунок споживаної потужності

Модуль живлення

Усі модулі шасі, включаючи центральний процесор, живляться від внутрішньої шини через модуль живлення BMX CPS-2000 (рис. 3.4). Модуль живлення підбирається відповідно до типу джерела живлення та споживаної потужності та встановлюється в роз'єм із маркуванням CPS у кожному використаному шасі. Під час налаштування апаратного забезпечення ПЛК споживання енергії можна визначити в середовищі UNITY PRO.



Рис.3.4 Зовнішній вигляд модуля живлення BMX CPS-2000

Процесорний модуль

У своїй роботі я використовую процесорний модуль BMX R34-2000. Цей процесорний модуль чудово справляється з поставленими технічними завданнями, відрізняється своїми функціональними можливостями, швидкістю обробки даних та операцій.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49



Рис.3.5 Зовнішній вигляд головного процесору BMX P34-2000

Нижче наведено характеристики процесорного модуля BMX P34-2000:

Характеристика		BMX P34-2000
Максимальна кількість	Шасі	4
	Дискретних вх./вих.	1024
	Аналогових вх./вих.	256
	Лічильних каналів	36
Об'єм RAM	Загальний розмір	4096 Кб
	Для програм, символів.	3584 Кб
	Для даних	256 Кб
Максимальна кількість об'єктів	Локаліз. внутрішні біти	32464
	Локаліз. внутрішні слова	32464
	Нелокаліз. внутр дані	256 Кб
Вбудовані комунікації	Послідовний RS-405/232C	+
	Ethernet TCP/IP	-
	CAN Open	-

3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

Принципова схема підключення датчиків і різних модулів (VM) до ПЛК в процесі виробництва сусла на пивоварному заводі включає наступні ключові компоненти та елементи:

Електроживлення та захист

Автоматичні вимикачі (QF1-QF7):

- Функція: Використовуються для подачі живлення на модулі, блок ручного керування та блок живлення ПЛК. Вони також забезпечують автоматичне відключення в разі короткого замикання.
- Призначення: Забезпечує безпеку та захист від електричних несправностей, перериваючи подачу живлення в разі виникнення ситуації перевантаження по струму.

Блоки живлення (БП1, БП2, БП3, БП4):

- Функція: Ці блоки перетворюють напругу змінного струму 220 В у напругу постійного струму 24 В.
- Призначення: Забезпечують необхідну постійну напругу для датчиків, електропневматичних перетворювачів та модулів цифрового вводу та виводу ПЛК.

Провідники та система нумерації

Провідники змінного струму (нумерація: 800-832):

- Функція: Ці провідники переносять змінний струм.
- Призначення: Розподіляють змінний струм між різними компонентами системи.

Провідники постійного струму (нумерація: 900-930):

- Призначення: Ці провідники несуть постійний струм.
- Призначення: Розподіляють живлення постійного струму до датчиків, перетворювачів і модулів ПЛК.

Провідники вимірювальних сигналів (нумерація: 100-115):

- Функція: Ці провідники передають вимірювальні сигнали від датчиків до ПЛК.

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

- Призначення: Передають дані датчиків до ПЛК для обробки та моніторингу.

Провідники сигналів керування (нумерація: 200-205):

- Функція: Ці провідники передають сигнали керування від ПЛК до електропневматичних перетворювачів.
- Призначення: Передають керуючі команди від ПЛК для активації електропневматичних перетворювачів, таким чином керуючи клапанами та іншими виконавчими механізмами.

Пневматичні сигнальні труби (нумерація: 002-014):

- Функція: Ці труби передають пневматичні сигнали від компресора до перетворювачів і клапанів.
- Призначення: Передають сигнали стисненого повітря для керування пневматичними клапанами, забезпечуючи належне спрацьовування на основі команд ПЛК.

Принципова електрична схема ефективно організовує і захищає електроживлення і сигнали управління процесом виробництва сула на пивоварному заводі. Вона містить детальну нумерацію різних провідників і труб для забезпечення чіткої ідентифікації та правильного підключення. Автоматичні вимикачі забезпечують безпеку, захищаючи від перенапруги, а блоки живлення забезпечують перетворення змінного струму в постійний для роботи датчиків і модулів. Структурована система нумерації полегшує пошук і усунення несправностей та технічне обслуговування.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру Контур управління змішувачем

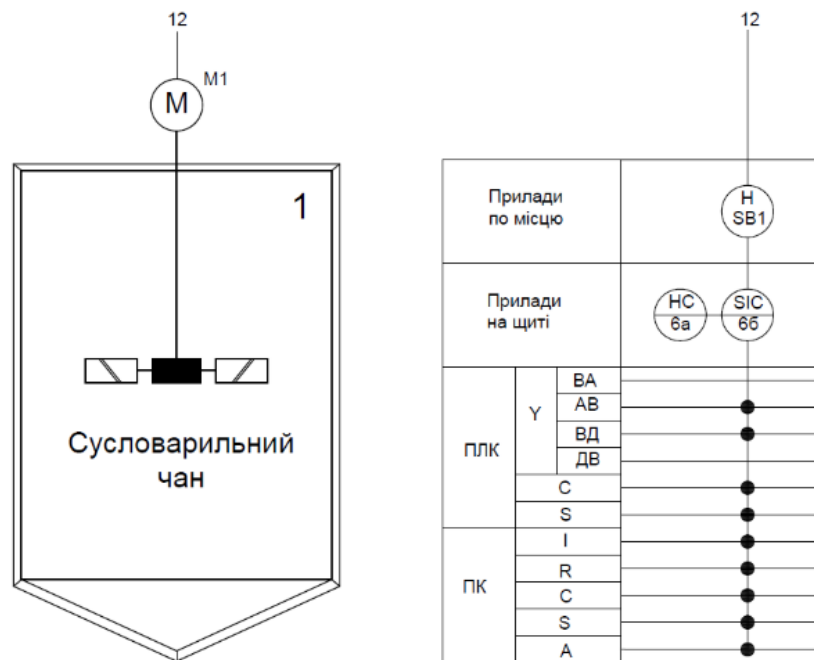


Рис.3.6 Функціональна схема автоматизації контуру управління змішувачем

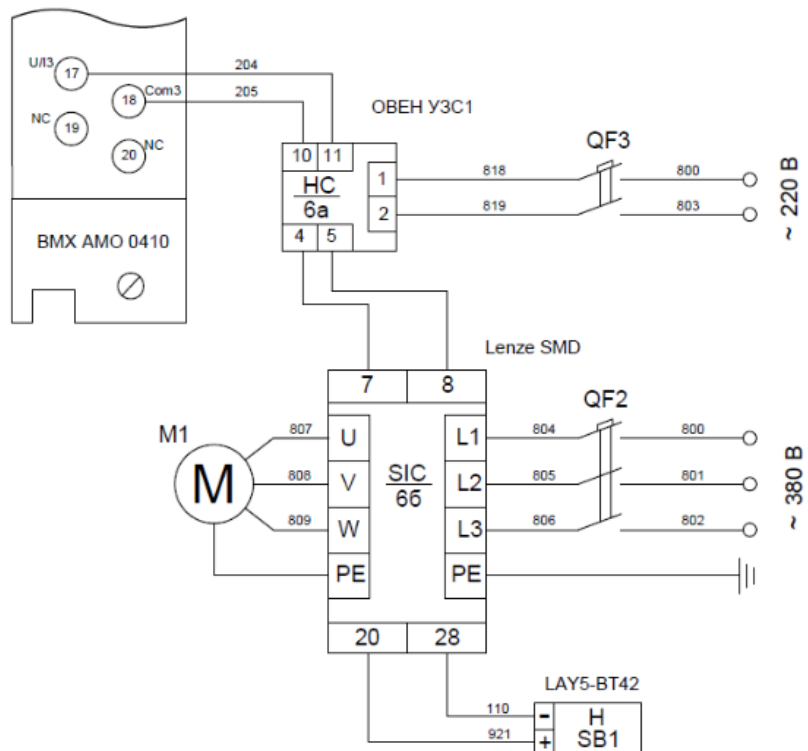


Рис.3.7 Принципова розширена схема підключення частотного перетворювача

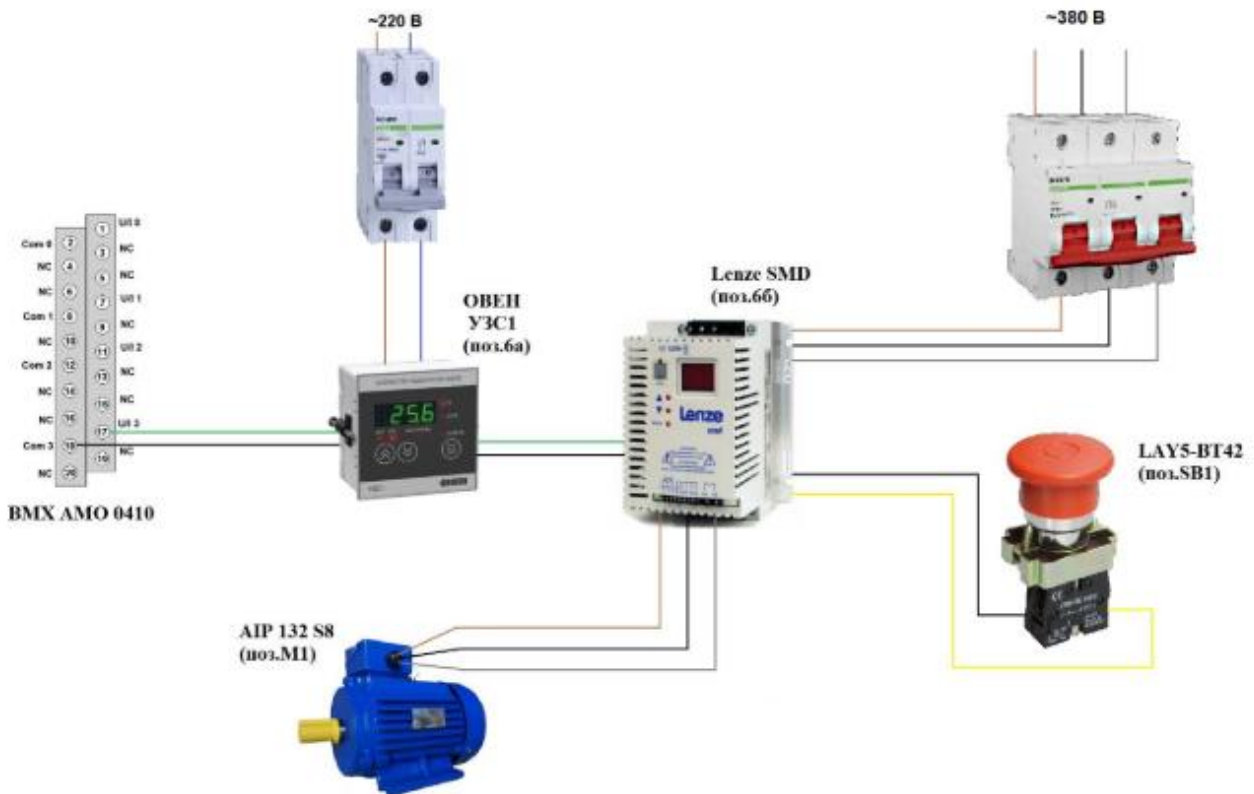


Рис.3.8 Графічна схема підключення частотного перетворювача

Вихідний сигнал контролера 4-20 мА з аналогового модуля виходів BMX AMO 0802 подається на блок ручного управління ОВЕН УЗС1 (поз. 6а), який живиться від автоматичного вимикача QF3. Сигнал від УЗС1 надходить на частотний перетворювач, який передає сигнал відповідно до технологічного завдання. Частотний перетворювач Lenze SMD (поз. 6б), керуючи двигуном АІР 71В2 (поз. М1), живиться через автоматичний вимикач QF2.

Також присутня кнопка аварійної зупинки, яка активується у випадку аварійної чи передаварійної ситуації. Щоб уникнути інцидентів, кнопка підключається через частотний перетворювач та встановлюється як на місці, так і на щиті.

Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу

У цьому кваліфікаційному проекті використовується вимірювальний перетворювач тиску Rosemount 3051, який відрізняється винятковою точністю, надійністю та зручністю у використанні. Цей прилад відомий своєю зручністю та простотою встановлення.



Рис. 4.1 Зовнішній вигляд перетворювача тиску Rosemount 3051

Перетворювач тиску Rosemount 3051 розроблений для забезпечення високої продуктивності та надійності в промислових умовах. Правильне збирання та встановлення мають вирішальне значення для забезпечення точного вимірювання тиску та оптимальної продуктивності. Нижче наведені детальні кроки та міркування щодо збирання та встановлення Rosemount 3051:

Розпакування та перевірка:

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ковальов П.І.			<i>Розробка системи автоматизації процесу варіння сусла в суловарійному апараті</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Романов М.С.					55	6
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			<i>НУХТ АК-4-1</i>			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Обережно розпакуйте датчик і перевірте його на наявність фізичних пошкоджень. Переконайтеся, що всі компоненти присутні в комплекті відповідно до пакувального листа.

Перевірте наявність будь-яких ознак пошкоджень або дефектів. Якщо такі виявлені, зверніться до постачальника, перш ніж продовжувати монтаж.

Монтажне обладнання:

Переконайтеся, що у вас є відповідне кріпильне обладнання, зокрема кронштейни, болти та гайки, які можуть знадобитися для закріплення передавача на місці.

Монтажний кронштейн зазвичай постачається разом із датчиком і має бути сумісним із технологічним з'єднанням і місцем встановлення.

Технологічне з'єднання:

Виберіть відповідне технологічне з'єднання, виходячи з вимог застосування. Найпоширеніші з'єднання включають фланцеві, різьбові або санітарні фітинги.

Переконайтеся, що технологічне з'єднання є чистим і вільним від сміття.

Використовуйте відповідні ущільнювальні матеріали, такі як тефлонова стрічка або прокладка, щоб забезпечити герметичність з'єднання.

Інструкція з монтажу

Встановлення датчика:

Встановіть датчик вертикально з технологічним з'єднанням, спрямованим донизу. Така орієнтація допомагає запобігти потраплянню конденсату в модуль датчика.

За допомогою монтажного кронштейна надійно закріпіть датчик на стійкій конструкції, наприклад, на трубі або стіні. Переконайтеся, що кронштейн надійно закріплений, щоб запобігти вібраціям і переміщенню.

Підключення до процесу:

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Підключіть датчик до технологічної лінії. Переконайтеся, що з'єднання щільне і надійне, щоб уникнути витоків.

У разі використання фланцевого з'єднання вирівняйте фланці і рівномірно затягніть болти, щоб забезпечити рівномірне ущільнення.

Для різьбових з'єднань нанесіть на різьбу відповідний герметик і надійно затягніть.

Електричні з'єднання:

Відкрийте кришку корпусу, щоб отримати доступ до клем для підключення.

Підключіть дроти живлення та сигнальні дроти до відповідних клем. Rosemount 3051 зазвичай працює від джерела живлення 24 В постійного струму.

Під час підключення сигнальних проводів 4-20 мА дотримуйтеся правильної полярності. Неправильне підключення може призвести до несправності або пошкодження датчика.

Використовуйте екранований кабель для сигнальної проводки, щоб мінімізувати електричні перешкоди. Заземлюйте екран лише з одного боку, зазвичай з боку системи керування або ПЛК.

Калібрування та конфігурація:

Перед введенням в експлуатацію відкалібруйте датчик, використовуючи відомий еталон тиску, щоб забезпечити точність.

Використовуйте портативний комунікатор або конфігураційне програмне забезпечення для встановлення необхідних параметрів, таких як діапазон, демпфування та межі тривоги.

Перевірте налаштування нуля та діапазону відповідно до вимог застосування.

Екологічні міркування:

Переконайтеся, що датчик встановлено в місці, захищеному від екстремальних температур, вологості та агресивних середовищ.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

За необхідності використовуйте захисні кришки або кожухи, щоб захистити датчик від несприятливих умов.

Заключні перевірки:

Перевірте всі з'єднання, як технологічні, так і електричні, щоб переконатися, що вони надійні і правильно встановлені.

Увімкніть систему і відстежуйте вихідний сигнал датчика, щоб переконатися, що він функціонує належним чином.

Проведіть остаточне тестування, застосувавши відомий тиск і переконавшись, що вихідний сигнал датчика відповідає очікуваним значенням.

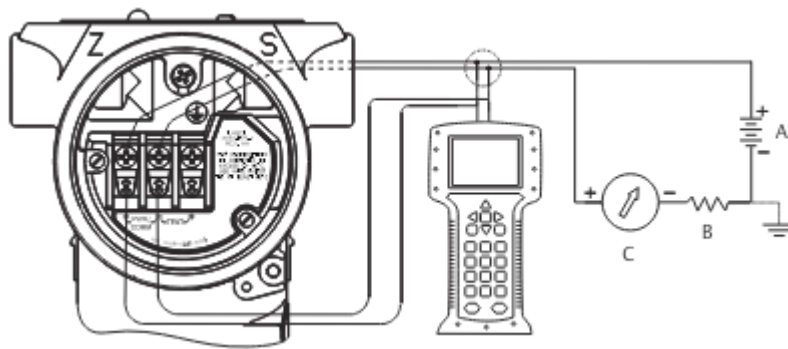


Рис 4.2 Схема підключення вимірювального перетворювача (4-20 мА)

А. Живлення 24 В постійного струму

В. $R1 > 250$

С. Вимірювач струму(опційно)

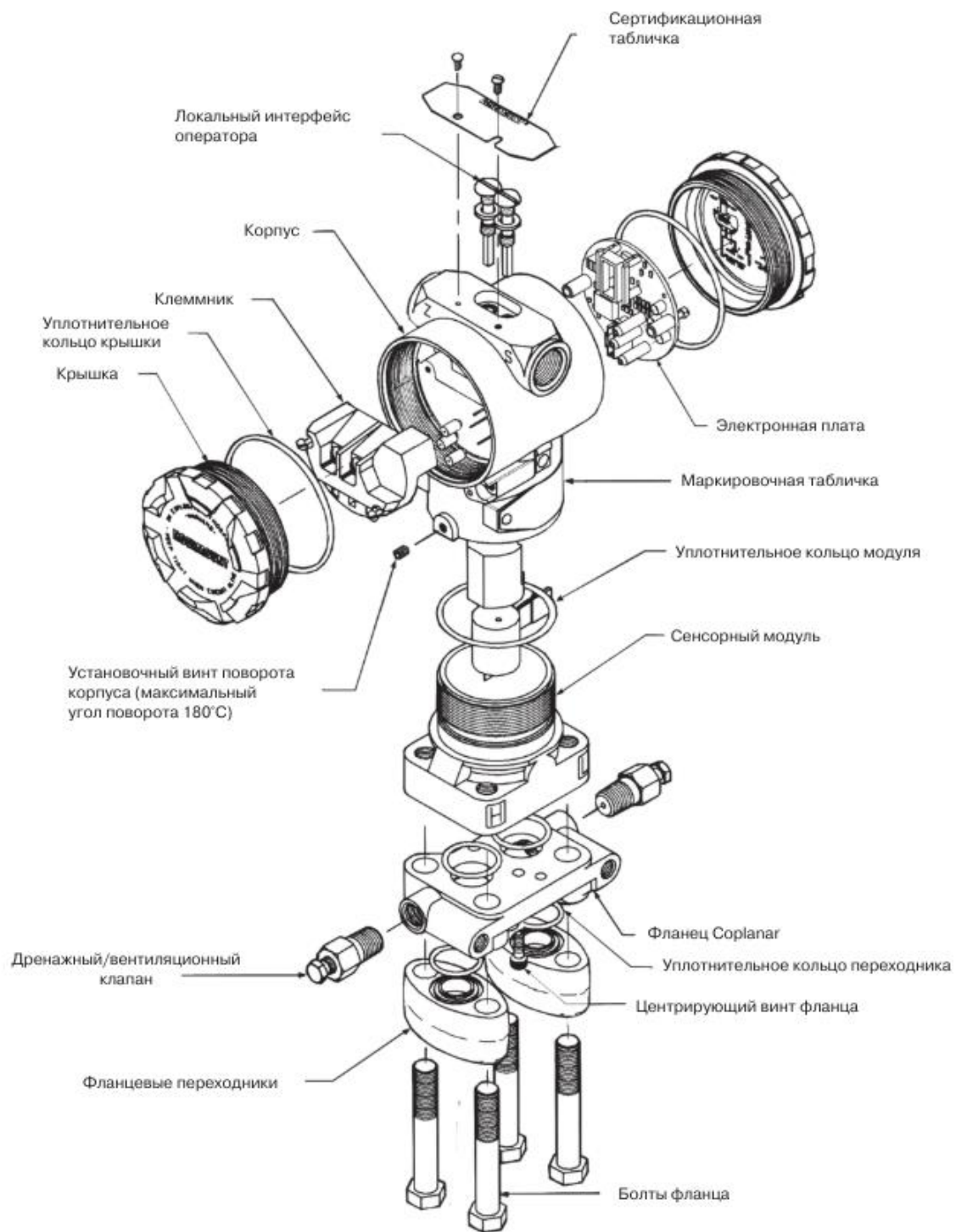


Рис. 4.3 Конструктивні елементи перетворювача

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

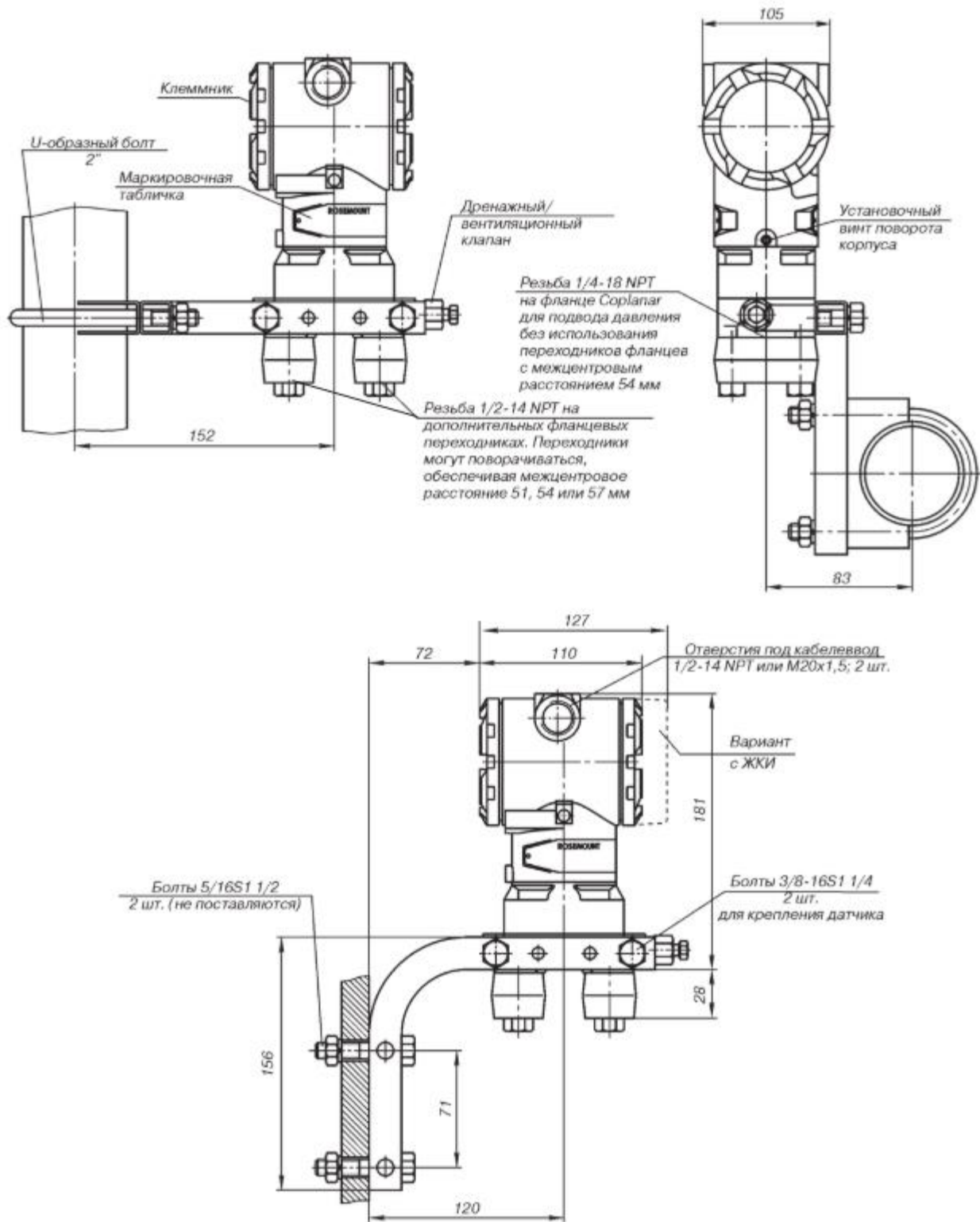


Рис. 4.4 Габаритні та монтажні розміри

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

Кваліфікаційна робота

Арк.

60

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

У цьому розділі я розробив алгоритм роботи автоматизованої системи варіння пивного сусла на пивзаводі, який має наступну послідовність дій: Після натискання кнопки "ПУСК":

- Відкривається клапан (Кл2в) і ємність наповнюється суслom на 50%. Після досягнення заданого рівня клапан (Кл2в) закривається.
- Подається перша доза хмелю:
 1. Відкривається клапан подачі хмелю (Кл1в), дозатор наповнюється хмелевою сумішшю на 90%.
 2. Закривається клапан (Кл1в) і відкривається клапан зливу хмелевої суміші (Кл1д), після чого суміш зливається з дозатора до рівня 5%.
 3. Клапан зливу (Кл1д) закривається.
- Вмикається двигун і відкривається клапан подачі сусла в ємність, яка наповнюється до 70%. Подача сусла припиняється закриттям клапана (Кл2в).
- Ємність підігривається за допомогою аналогового клапана подачі пари (Кл4в) до 98 °С протягом 2 годин 30 хвилин.
- Під час підігріву ємності регулюється тиск за допомогою аналогового клапана відводу пари в вентиляцію (Кл5в).
- Через 1 годину подається друга доза хмелевої суміші в ємність.
- Підтримується температура кипіння сусла протягом 2 годин 30 хвилин, після чого аналоговий клапан (Кл4в) закривається, двигун вимикається і закривається клапан (Кл5в).

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ковальов П.І.			<i>Розробка системи автоматизації процесу варіння сусла в суловарійному апараті</i>	Лім.	Арк.	Аркушів
Керівник		Романов М.С.					61	16
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				<i>НУХТ АК-4-1</i>		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

- Відкривається клапан зливу сусла в бродильний апарат (КлЗв) і сусло зливається до рівня 1% (повний злив).
- Після досягнення нульового рівня в ємності, клапан зливу (КлЗв) закривається.
- Якщо не натиснута кнопка "СТОП", робота продовжується з п. 1, інакше – програма завершується.

Для кращого розуміння алгоритму управління складається алгоритмічна структура для розв'язання задач, яка відображає систематизацію і структуровану обробку інформації. Ця структура також демонструє послідовність керуючих дій для нормальної роботи автоматизованого об'єкта.





Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

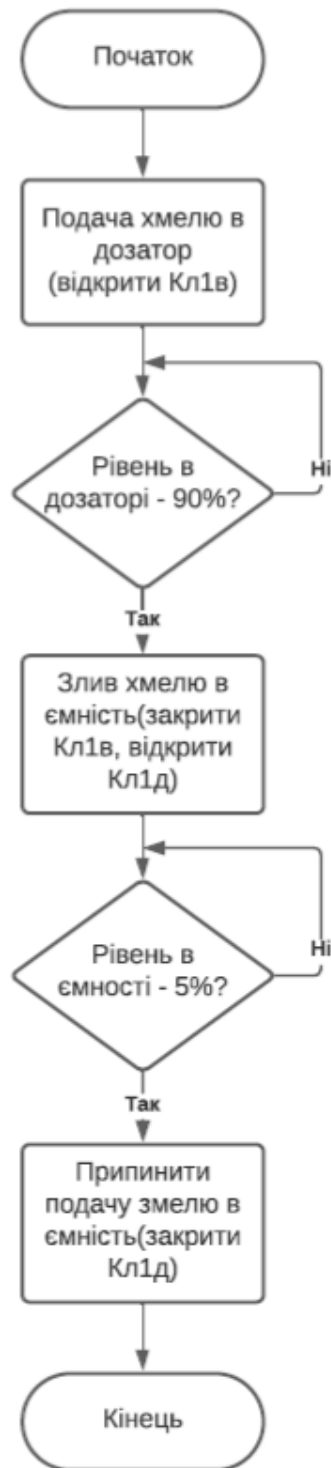


Рис. 5.1 Блок схема управління процесом варіння сула

Згідно представленого алгоритму вище відбувається програмування ПЛК.

В табл. 3 зображено змінні, які використовуються під час написання програми для функціонування процесу виробництва сула для пивзаводу.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Таблиця 3. Змінні для ПЛК.

Name	Ty...	Value	Comment	A	A	Add...
HC	INT		Руч/авт регулятор(а)			%QW0.2.3
LVS5_P	INT		Клапан відводу пари з варильного чану(а)			%QW0.2.1
LVS4_T	INT		Клапан подачі пари для нагрівання сусла(а)			%QW0.2.0
LVS3_L_SS	EBOOL		Клапан зливу сусла з чану(д)			%Q0.3.23
LVS2_F_NS	EBOOL		Клапан подачі сусла в чан(д)			%Q0.3.21
LVS1_L_SX	EBOOL		Клапан зливу хмелю з дозатора(д)			%Q0.3.19
LVS1_L_NX	EBOOL		Клапан подачі хмелю в дозатор(д)			%Q0.3.17
PT	INT		Датчик тиску аналоговий			%IW0.1.3
TE	INT		Датчик температури аналоговий			%IW0.1.2
LE1	INT		Рівнемір в варильному чані(а)			%IW0.1.1
LE2	INT		Рівнемір в дозаторі хмелю(а)			%IW0.1.0
FE	EBOOL		Дискретний витратомір			%IO.3.4
StopD	EBOOL		Аварійна кнопка "СТОП" двигуна			%IO.3.0
TM_Time	TIME		Уставка часу			
TM_Start	BOOL		Таймер вкл/викл			
TE_SP	REAL		Уставка температура			
TE_M	REAL		Датчик температури аналоговий(машт)			
TC3_TRON	BOOL					
TC3_AUTO	BOOL					
TC2_TRON	BOOL					
TC2_AUTO	BOOL					
TC1_TRON	BOOL					
TC1_AUTO	BOOL					
StopD_M	BOOL		Аварійна кнопка "СТОП" двигуна (внутр)			
Stop_M	BOOL		Кнопка "СТОП" (внутр)			
StepProg	INT					
Start_M	BOOL		Кнопка "ПУСК" (внутр)			
PT_SP	REAL		Уставка тиск			
PT_M	REAL		Датчик тиску аналоговий(машт)			
manual_HC	REAL		Ручний режим БРУ			
LVS5_P_M	REAL		Клапан відводу пари з варильного чану(машт)			
LVS4_T_M	REAL		Клапан подачі пари для нагрівання сусла(маш...			
LVS3_L_SS_M	BOOL		Клапан зливу сусла з чану(машт)			
LVS2_F_NS_M	BOOL		Клапан подачі сусла в чан(машт)			
LVS1_L_SX_M	BOOL		Клапан зливу хмелю з дозатора(машт)			
LVS1_L_NX_M	BOOL		Клапан подачі хмелю в дозатор(машт)			
LE2_M	REAL		Рівнемір в дозаторі хмелю(машт)			
LE1_M	REAL		Рівнемір в варильному чані(машт)			
HC_SP	REAL		Уставка для БРУ(внутр)			
HC_M	REAL		Руч/авт регулятор(машт)			
FE_M	REAL		Дискретний витратомір (внутр)			
AUTO_HC	BOOL					

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"

```

SCALING_TE (IN := INT_TO_REAL(TE),
            PARA := T_PARA,
            OUT => TE_M); (*масштабування температури*)

SCALING_PT (IN := INT_TO_REAL(PT),
            PARA := P_PARA,
            OUT => PT_M); (*масштабування температури*)

SCALING_LE1 (IN := INT_TO_REAL(LE1),
             PARA := LE1_PARA,
             OUT => LE1_M); (*масштабування рівня в чані*)

SCALING_LE2 (IN := INT_TO_REAL(LE2),
             PARA := LE2_PARA,
             OUT => LE2_M); (*масштабування рівня в дозаторі*)

```

Рис.5.2 Масштабування вхідних аналогових сигналів

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

<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> T_PARA <input type="checkbox"/> in_min <input type="checkbox"/> in_max <input type="checkbox"/> out_min <input type="checkbox"/> out_max <input type="checkbox"/> clip 	Para_SCALING		
<input type="checkbox"/> in_min	REAL	0.0	мінімальне вхідне значення
<input type="checkbox"/> in_max	REAL	10000.0	максимальне вхідне значення
<input type="checkbox"/> out_min	REAL	0.0	мінімальне масштабоване значення
<input type="checkbox"/> out_max	REAL	200.0	максимальне масштабоване значення
<input type="checkbox"/> clip	BOOL	true	активувати обмеження по виходу
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> P_PARA <input type="checkbox"/> in_min <input type="checkbox"/> in_max <input type="checkbox"/> out_min <input type="checkbox"/> out_max <input type="checkbox"/> clip 	Para_SCALING		
<input type="checkbox"/> in_min	REAL	0.0	Lower limit of the input scale
<input type="checkbox"/> in_max	REAL	10000.0	Upper limit of the input scale
<input type="checkbox"/> out_min	REAL	0.0	Lower limit of the output scale
<input type="checkbox"/> out_max	REAL	3.0	Upper limit of the output scale
<input type="checkbox"/> clip	BOOL	true	"1": the value of the OUT output is limited by out_mi...
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> LE2_PARA <input type="checkbox"/> in_min <input type="checkbox"/> in_max <input type="checkbox"/> out_min <input type="checkbox"/> out_max <input type="checkbox"/> clip 	Para_SCALING		
<input type="checkbox"/> in_min	REAL	0.0	Lower limit of the input scale
<input type="checkbox"/> in_max	REAL	10000.0	Upper limit of the input scale
<input type="checkbox"/> out_min	REAL	0.0	Lower limit of the output scale
<input type="checkbox"/> out_max	REAL	100.0	Upper limit of the output scale
<input type="checkbox"/> clip	BOOL	true	"1": the value of the OUT output is limited by out_mi...
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> LE1_PARA <input type="checkbox"/> in_min <input type="checkbox"/> in_max <input type="checkbox"/> out_min <input type="checkbox"/> out_max <input type="checkbox"/> clip 	Para_SCALING		
<input type="checkbox"/> in_min	REAL	0.0	Lower limit of the input scale
<input type="checkbox"/> in_max	REAL	10000.0	Upper limit of the input scale
<input type="checkbox"/> out_min	REAL	0.0	Lower limit of the output scale
<input type="checkbox"/> out_max	REAL	100.0	Upper limit of the output scale
<input type="checkbox"/> clip	BOOL	true	"1": the value of the OUT output is limited by out_mi...

Рис.5.3 Налаштування PARA_SCALE відповідно завданню

Для аналогових виходів застосовано просту формулу для масштабування:

```

(*клапан 0-100% -> 0-10000 *)
LVS4_T:=real_to_int(LVS4_T_M*100.0);
LVS5_P:=real_to_int(LVS5_P_M*100.0);

(*БРУ 0-100%(4-20мА)-> 0-10000*)
HC:=real_to_int(HC_M*100.0);

(*дискретні виходи*)
LVS1_L_NX := LVS1_L_NX_M;
LVS1_L_SX := LVS1_L_SX_M;
LVS2_F_NS := LVS2_F_NS_M;
LVS3_L_SS := LVS3_L_SS_M;

```

Рис.5.4 Масштабування вихідних аналогових та дискретних сигналів

Реалізація контурів регулювання з використанням PI_V

Реалізація контурів регулювання температури та тиску на мові ST представлена нижче. Налаштування змінних контуру показано на рисунку. У програмі використовується періодичний виклик один раз на секунду за допомогою функціонального блоку SAMPLETM. Режим слідування забезпечує можливість змінювати значення виходу на виконавчий механізм безпосередньо з програми.

```

TC1_TE (t#1s, 0);(*генератор імпульсів 1с*)
TC1 (EN := TC1_TE.Q,(*викликати раз в секунду*)
PV := TE_M,(*дійсне масштабоване значення температури*)
SP := TE_SP,(*задане значення*)
MAN_AUTO := TC1_AUTO,(*перемикач авто/руч*)
PARA := TC1_PARA,(*параметри регулятора*)
TR_I := LVS4_T_M,(*значення режиму слідування = значення клапану*)
TR_S := TC1_TRON,(*включення режиму слідування*)
OUT := LVS4_T_M);(*значення на ВМ *)

TC2_PT (t#1s, 0);(*генератор імпульсів 1с*)
TC2 (EN := TC2_PT.Q,(*викликати раз в секунду*)
PV := PT_M,(*дійсне масштабоване значення тиску*)
SP := PT_SP,(*задане значення*)
MAN_AUTO := TC2_AUTO,(*перемикач авто/руч*)
PARA := TC2_PARA,(*параметри регулятора*)
TR_I := LVS5_P_M,(*значення режиму слідування = значення клапану*)
TR_S := TC2_TRON,(*включення режиму слідування*)
OUT := LVS5_P_M);(*значення на ВМ *)

```

Рис.5.4 Реалізація контуру регулювання температурою та тиску.

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

TC2 PARA		Para_PI_B		
id	UINT			Reserved for autotuning
pv_inf	REAL	0.0		Lower limit of the process value range
pv_sup	REAL	3.0		Upper limit of the process value range
out_inf	REAL	0.0		Lower limit of the output value range
out_sup	REAL	10000.0		Upper limit of the output value range
rev_dir	BOOL	true		0: direct action of the PID controller 1: opposite acti...
en_rcpy	BOOL	false		1: the RCPY input is used
kp	REAL	5.0		Proportional contribution (gain)
ti	TIME	#3s		Integral time
dband	REAL	0.001		Dead zone on deviation
outbias	REAL			Manual adjustment of static deviation
TC1 PARA		Para_PI_B		
id	UINT			Reserved for autotuning
pv_inf	REAL	0.0		Lower limit of the process value range
pv_sup	REAL	200.0		Upper limit of the process value range
out_inf	REAL	0.0		Lower limit of the output value range
out_sup	REAL	100.0		Upper limit of the output value range
rev_dir	BOOL	false		0: direct action of the PID controller 1: opposite acti...
en_rcpy	BOOL	false		1: the RCPY input is used
kp	REAL	1.5		Proportional contribution (gain)
ti	TIME	#5s		Integral time
dband	REAL	0.1		Dead zone on deviation
outbias	REAL			Manual adjustment of static deviation

Рис.5.5 Змінні для контуру регулювання температурою та тиску.

Реалізація логіко-командних задач

На відміну від контурів регулювання та функцій обробки, які повинні виконуватися безперервно, логіко-командні задачі мають чітко визначений початок і кінець. У цьому випадку була використана мова ST та інструкція вибору «CASE».

Мова ST (Structured Text, структурований текст) є текстовою мовою, подібною до PASCAL, C, BASIC тощо. Хоча ця мова не така виразна, як інші графічні мови, вона є універсальною і найкраще підходить для виконання складної логіки, громіздких обчислень та операцій з циклами і масивами.

```

Timer(TM_Start, TM_Time);

CASE StepProg of
0:
    LVS1_L_NX_M:=false;
    LVS1_L_SX_M:=false;
    LVS2_F_NS_M:=false;
    LVS3_L_SS_M:=false;
    LVS4_T_M:=0.0;
    LVS5_P_M:=0.0;
    AUTO_HC:=false;
    HC_M:=0.0;
    TC1_AUTO:=false;
    TC2_AUTO:=false;
    StepProg:=1;
1:
if Start_M then
    StepProg:=2;
end_if;
2:
LVS2_F_NS_M:=true;
    StepProg:=3;
3:
if LE1_M>=50.0 then
    StepProg:=4;
end_if;
4:
LVS2_F_NS_M:=false;
    StepProg:=5;
5:
LVS1_L_NX_M:=true;
    StepProg:=6;
6:
if LE2_M>=90.0 then
    StepProg:=7;
end_if;
7:
LVS1_L_NX_M:=false;
LVS1_L_SX_M:=true;
    StepProg:=8;
8:
if LE2_M<=5.0 then
    StepProg:=9;
end_if;

```

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

```

9:
LVS1_L_SX_M:=false;
    StepProg:=10;

10:
LVS2_F_NS_M:=true;
AUTO_HC:=true;
    StepProg:=11;

11:
if LE1_M>=70.0 then
    LVS2_F_NS_M:=false;
        StepProg:=12;

end_if;

12:
TM_Time:= T#2m30s;
TM_Start:=true;
TC1_AUTC:=true;
TC2_AUTC:=true;
TC1_TRON:=false;
TC2_TRON:=false;
TE_SP:=90.0;
PT_SP:=1.0;
    StepProg:=13;

13:
if Timer.ET=T#1m then
    LVS1_L_NX_M:=true;
        StepProg:=14;

end_if;

14:
if LE2_M>=90.0 then
    LVS1_L_NX_M:=false;
    LVS1_L_SX_M:=true;
        StepProg:=15;

end_if;

15:
if LE2_M<=5.0 then
    LVS1_L_SX_M:=false;
        StepProg:=16;

end_if;

16:
TC1_TRON:=false;
TC2_TRON:=false;
TC1_AUTC:=true;
TC2_AUTC:=true;
TE_SP:=90.0;
PT_SP:=1.0;
    StepProg:=17;

```

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

```

17:
if Timer.Q then
    TC1_TRON:=true;
    TC2_TRON:=true;
    TM_Start:=false;
    LVS4_T_M:=0.0;
    LVS5_P_M:=0.0;
    HC_M:=0.0;
    StepProg:=18;
end_if;
18:
if LVS4_T_M=0.0 and LVS5_P_M=0.0 then
    LVS3_L_SS_M:=true;
    StepProg:=19;
end_if;
19:
if LE1_M<=1.0 then
    LVS3_L_SS_M:=false;
    StepProg:=20;
end_if;
20:
if not Stop_M then
    StepProg:=0;
end_if;
end_case;

```

Рис.5.6 Реалізація програми користувача.

Налагодження програмного забезпечення на діючому обладнанні або імітаторі ПЛК

Для налаштування роботи регуляторів контурів необхідний зворотний сигнал від об'єкта управління.

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

Перевірка контуру проводиться на імітаторі, а також на реальному об'єкті управління при наявності об'єкта та ПЛК. Для перевірки роботи надано графічний операторський екран з мнемосхемою.

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

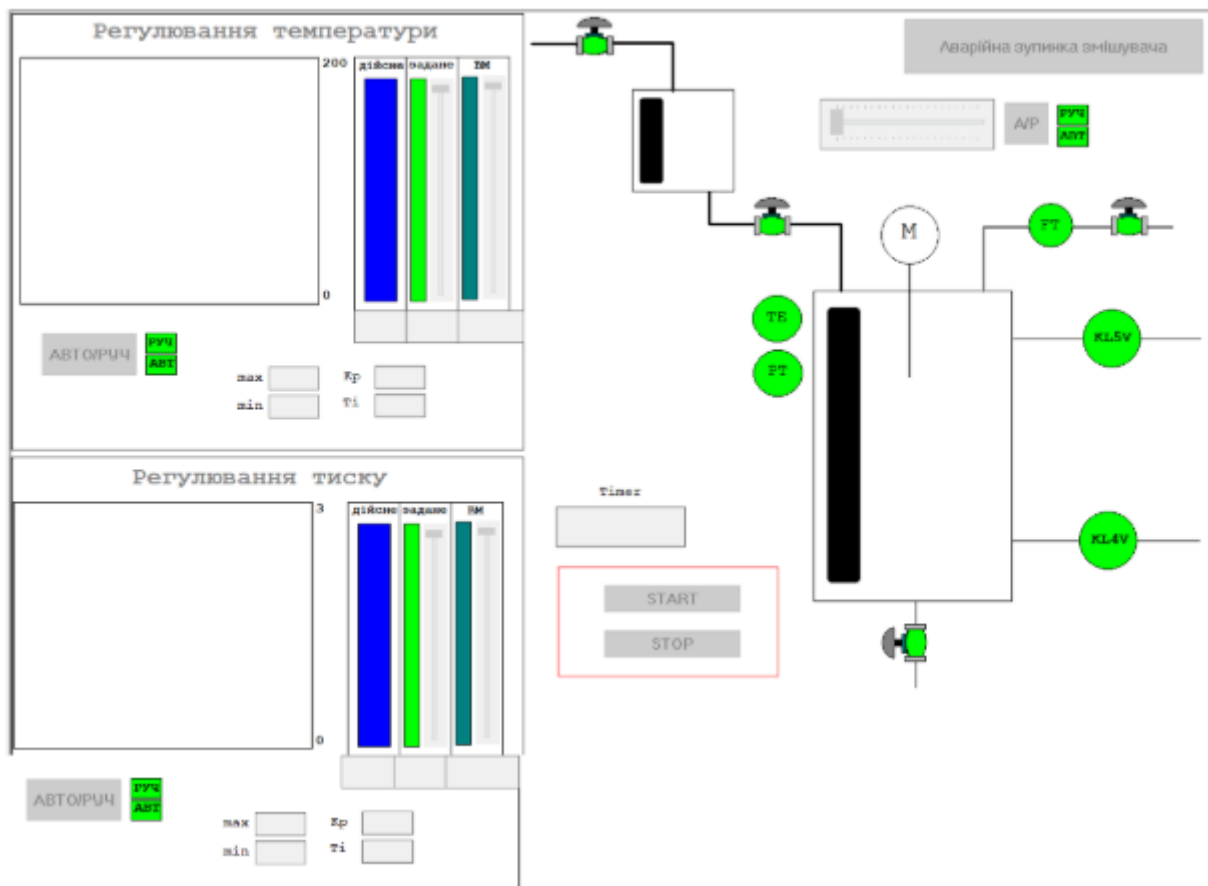


Рис.5.7 Вигляд операторського екрану в UNITY PRO

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

```

%M100:=%S5;
%M101:=RE(%M100);

(*імітація температури*)

LAG_TE (IN := INT_TO_REAL(LVS4_T),
        GAIN := 0.7,
        LAG := T#30S);
TE:= WRITE_INPUT_INT (
    2000 +
    real_to_int(LAG_TE.out));

(*імітація тиску*)
LAG_PT (IN := INT_TO_REAL(LVS4_T),
        GAIN := 1.5,
        LAG := T#30S);
PT:= WRITE_INPUT_INT (1000+ real_to_int(LAG_PT.out));

LAG_PTb (IN := INT_TO_REAL(LVS5_P),
        GAIN := 25.0,
        LAG := T#60S);
PT:=WRITE_INPUT_INT(1000+ real_to_int(LAG_PT.out-LVS5_P_M*250.0));

(*імітація рівня в варильному чані*)
if %M101 then
    if LVS2_F_NS_M then LE1_M:=LE1_M + 0.4;
    end_if;
    if LVS1_L_SX_M then LE1_M:= LE1_M + 0.17;
    end_if;
    if LVS3_L_SS_M then LE1_M:= LE1_M - 0.35;
    end_if;
end_if;

LE1:=WRITE_INPUT_INT(REAL_TO_INT(LE1_M*100.0));

(*імітація рівня в дозаторі*)
if %M101 then
    if LVS1_L_NX_M then LE2_M:= LE2_M + 0.5;
    end_if;
    if LVS1_L_SX_M then LE2_M:= LE2_M - 0.73;
    end_if;
end_if;

LE2:=WRITE_INPUT_INT(REAL_TO_INT(LE2_M*100.0));

(*імітація витрати*)
%M102:=%S5;
%M103:=RE(%M102);

if LVS2_F_NS_M and %M103 then
    FE_M:= FE_M + 0.0640854473;
end_if;

```

Рис.5.8 Імітація температури за допомогою функціонального блоку
LAG_FILTER

Виконання реалізації автоматичного і ручного режимів роботи двигунів ,також реалізація кнопки аварійної зупинки двигуна.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

```

(*реалізація авто/руч режиму роботи двигуна*)
if AUTO_HC then
    HC_M:=50.0;
else
    HC_M:=manual_HC;
end_if;

(*реалізація кнопки аварійної зупинки двигуна мішалки*)
if StopD_M then
    HC_M:=0.0;
end_if;

```

Рис.5.9 Реалізація кнопки аварійної зупинки двигуна і авто/руч режиму роботи двигуна

Для перевірки роботи контуру регулювання температури та тиску було створено сторінку з відображенням плинного стану контуру регулювання та елементами керування.

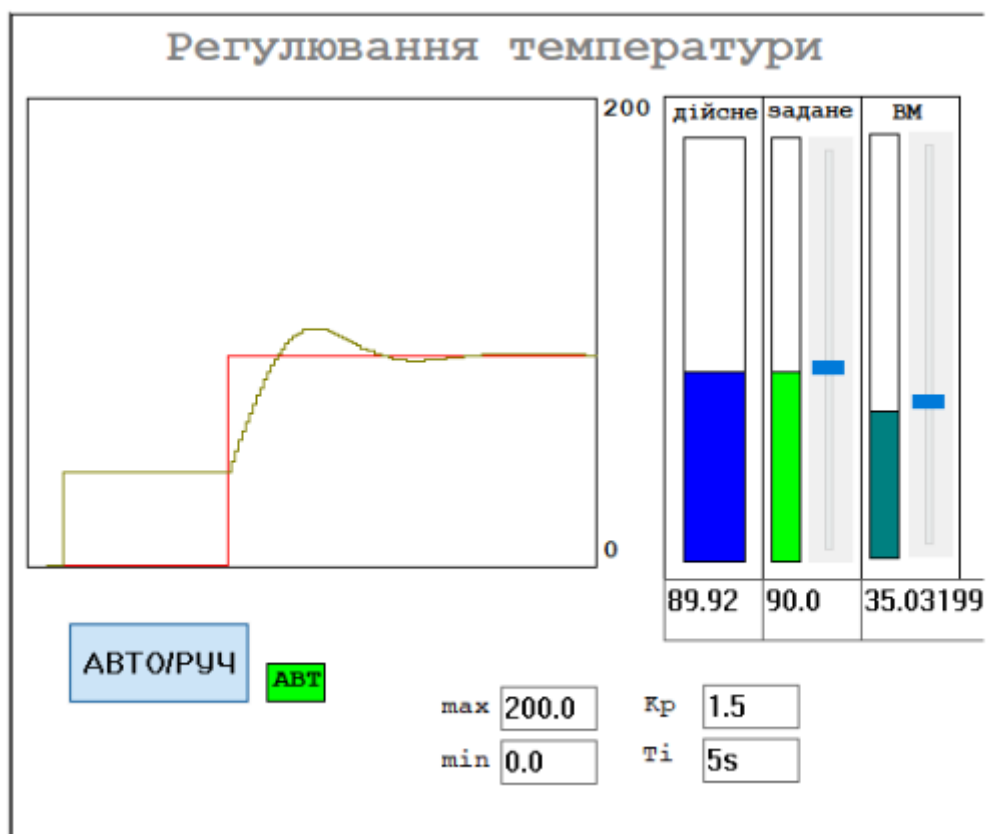


Рис.5.10 Перевірка роботи контуру регулювання температури в автоматичному режимі.

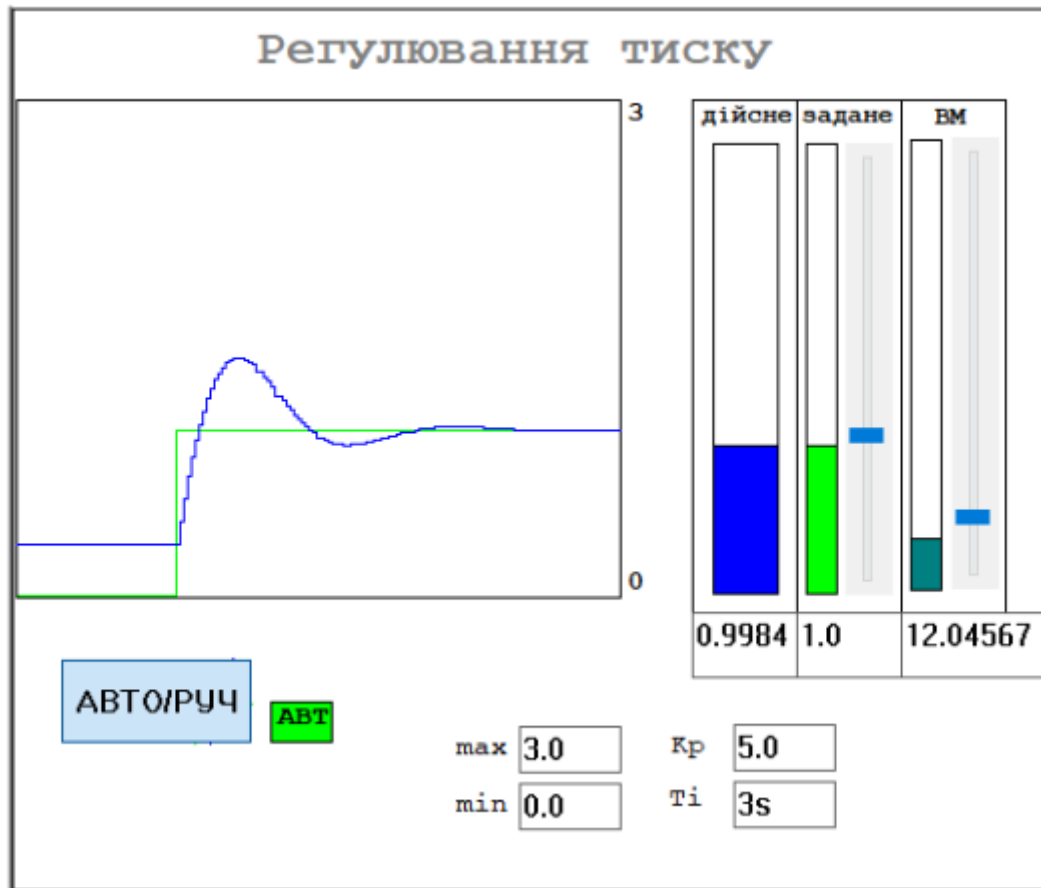


Рис.5.11 Перевірка роботи контуру регулювання тиску в автоматичному режимі.

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

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

У пивоварній промисловості важливу роль відіграють якісні показники сировини (сусла), які впливають на технологічний процес.

Навіть у найкращих системах час від часу можуть виникати несправності обладнання, потрапляння сторонніх предметів у технологічний процес та інші непередбачувані ситуації.

Система управління процесом може своєчасно реагувати на всі ці нештатні ситуації шляхом сигналізації або блокування обладнання. Проте остаточне рішення приймає людина. Для контролю за процесом вона повинна мати повну інформацію про подію та можливість ручного дистанційного керування виконавчими механізмами.

Усі ці можливі ситуації мають передбачати обов'язкову участь людини. Необхідно забезпечити зв'язок, який дозволяв би людині здійснювати контроль за певним процесом та всією системою, а також можливість втручання в процес управління.

Отже, в системі управління потрібно передбачити людино-машинний інтерфейс (HMI – Human-Machine Interface).

За допомогою програмного забезпечення Vijeo Citect розробляємо SCADA-систему, яка дозволить оператору переглядати перебіг технологічного процесу та значення всіх технологічних параметрів.

У вікні «Редактор проектів Citect» описуємо всі змінні, створюємо змінні для трендів, алармів та описуємо їхні налаштування.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Ковальов П.І.</i>			<i>Розробка системи автоматизації процесу варіння сусла в сусловарійному апараті</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Романов М.С.</i>					77	5
<i>Зав. каф.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>			<i>НУХТ АК-4-1</i>			
<i>Секр. ЕК</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>						

В меню «Теги»/«Змінні теги» описуємо всі змінні.

Таблиця 4. Змінні та їх настройки

Ім'я змінного тега	Адреса	Мін. Вихідне значення	Макс. вихідне значення	Мін. Значення в одиницях виміру	Макс. значення в одиницях виміру	Тип даних
1	2	3	4	5	6	7
FE_M	%MW140	0	10000	0	100	REAL
HC_M	%MW150	0	10000	0	100	REAL
TE_M	%MW102	0	10000	0	200	REAL
LE1_M	%MW104	0	10000	0	100	REAL
LE2_M	%MW106	0	10000	0	100	REAL
LVS4_T_M	%MW108	0	10000	0	100	REAL
LVS5_P_M	%MW110	0	10000	0	100	REAL
PT_M	%MW114	0	10000	0	3	REAL
StopD_M	%M1	-	-	-	-	BOOL
LVS1_L_N X_M	%M3	-	-	-	-	BOOL
LVS1_L_SX M	%M4	-	-	-	-	BOOL
LVS2_F_NS M	%M5	-	-	-	-	BOOL
LVS3_L_SS M	%M6	-	-	-	-	BOOL
Start_M	%M7	-	-	-	-	BOOL
Stop_M	%M8	-	-	-	-	BOOL
AUTO_HC	%M2	-	-	-	-	BOOL
TC1_AUTO	%M10	-	-	-	-	BOOL
TC2_AUTO	%M12	-	-	-	-	BOOL

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

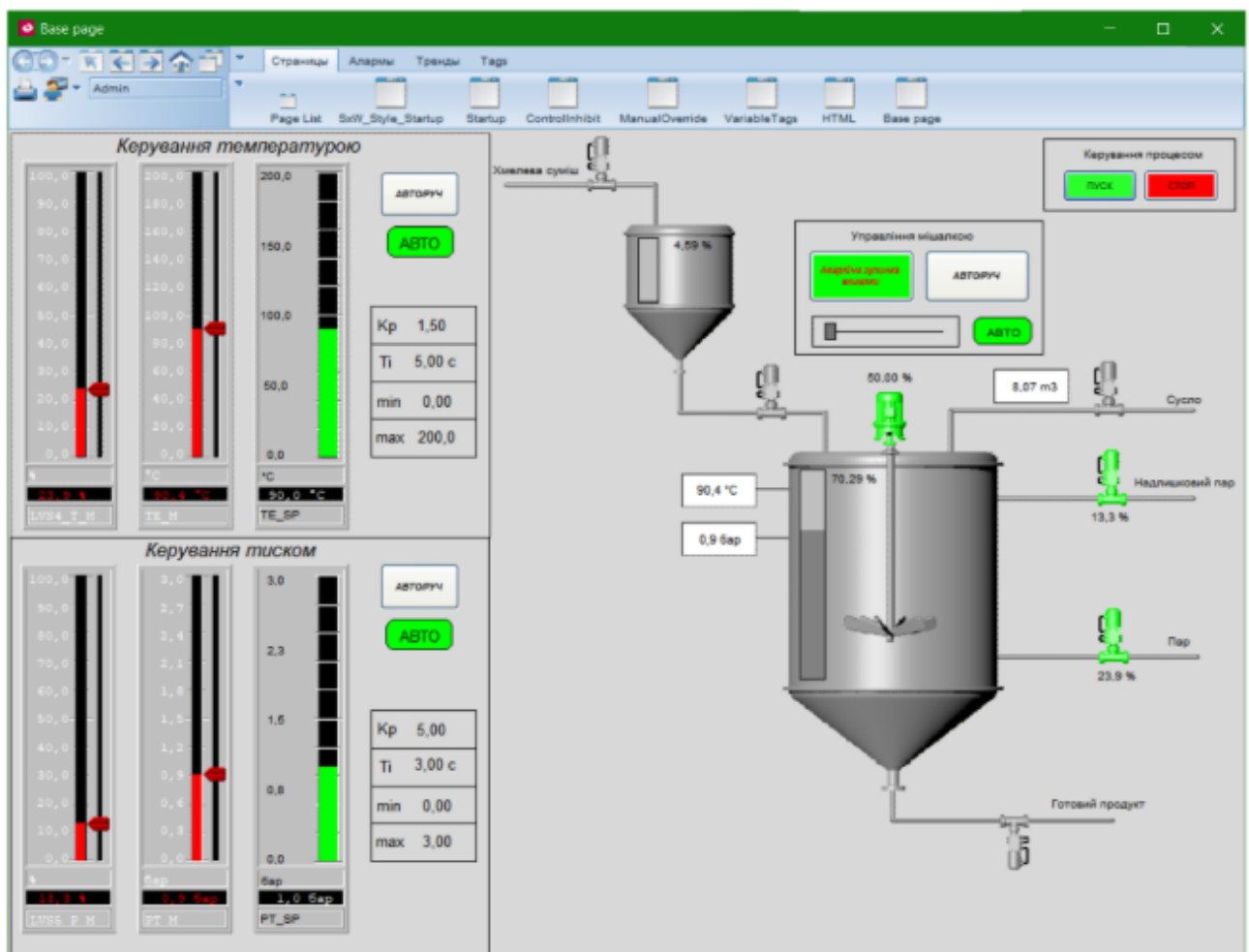
На цьому екрані відображаються дані з датчиків, статус відкриття або закриття клапанів, кнопки запуску та зупинки, а також анімація переходу до наступної стадії технологічного процесу. Оператор стежить за перебігом технологічного процесу зі свого робочого місця. У разі потреби оператор може перейти до ручного або автоматичного режиму управління. Для цього необхідно натиснути кнопку, що відповідає за обраний режим.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

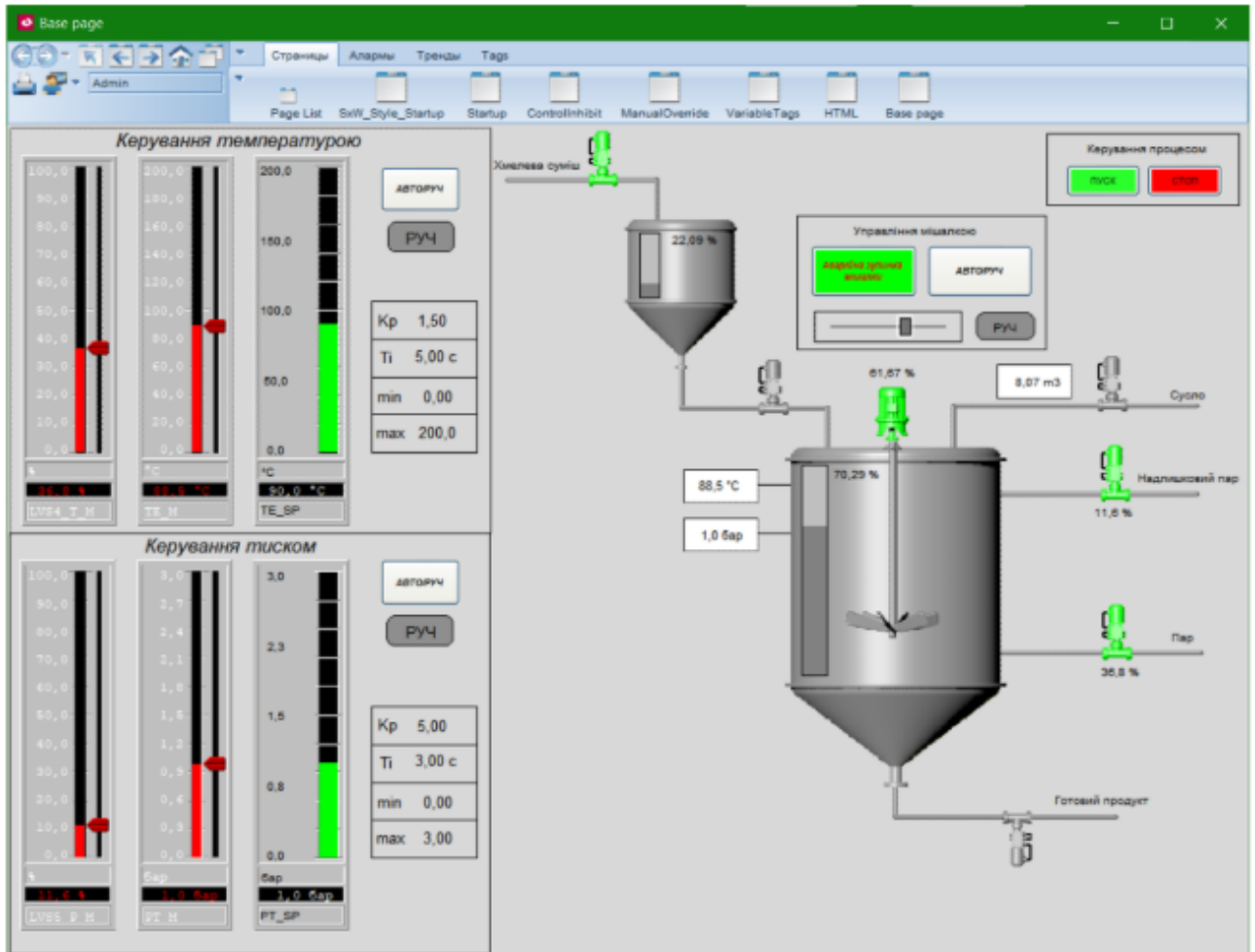
Оператор має можливість змінювати ступінь відкриття клапанів та оберти двигуна. Щоб уникнути аварійних ситуацій та порушень технологічного процесу, на екрані оператор може контролювати параметри, і як тільки значення будь-якого параметру перевищить допустимі межі, оператор отримає повідомлення про аварію або попередження.

Коли двигун і клапани працюють, вони відображаються зеленим кольором; якщо вони вимкнені і готові до роботи – сірим.

Автоматичний режим роботи SCADA-системи



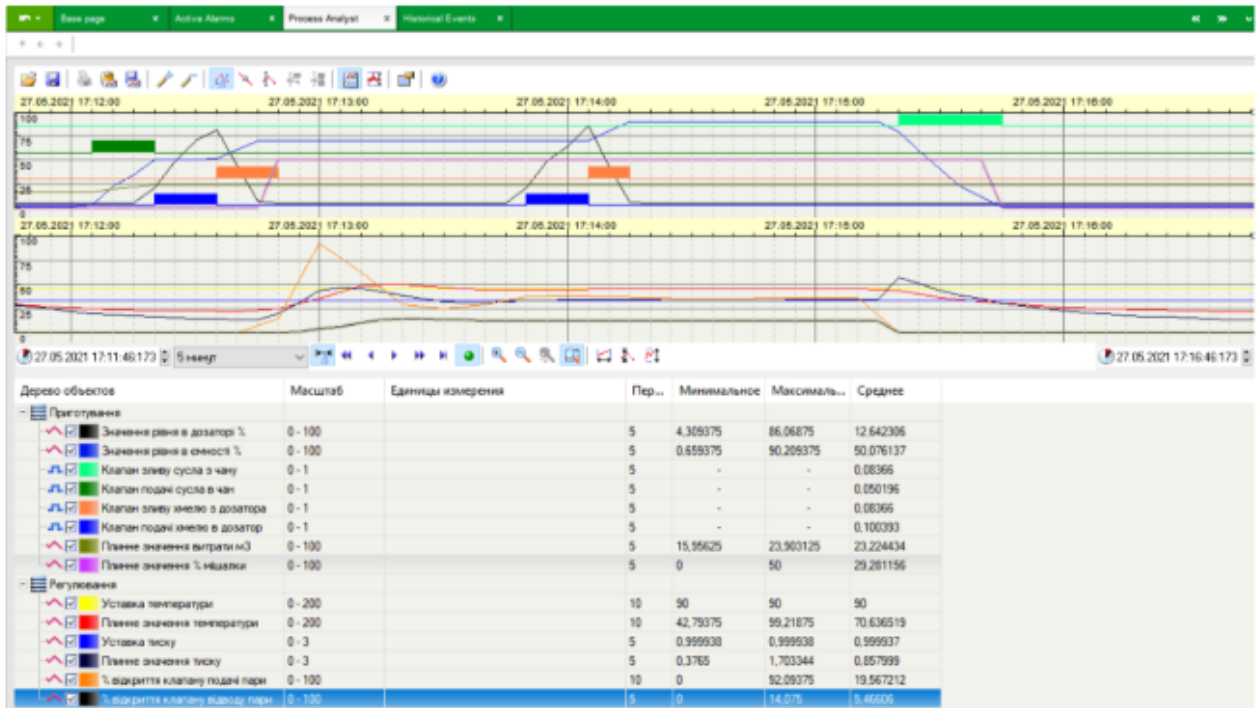
Ручний режим роботи SCADA-системи



Вікно тривоги

Дата	Время	Дескриптор	Имя	Состояние
27.05.2021	17:09:35	TE_M_WRN	Температура продукту	ВЫСОКИЙ
27.05.2021	17:09:23	PT_M_ALARM	Тиск в ємності	КРИТИЧЕСКИ ВЫСОК
27.05.2021	17:09:10	PT_M_WRN	Тиск в ємності	ВЫСОКИЙ
27.05.2021	17:08:31	Avaria_D	Аварійна зупинка двигуна мішаки	ВКЛ.
27.05.2021	16:39:23	TE_M_ALARM	Температура продукту	ОТКЛОНЕНИЕ

Вікно трендів



Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання

7.1. Постановка задачі дослідження

Детально розглянутий процес виробництва сусла дозволяє мені визначити основний параметр, який потрібно регулювати з високою точністю, так як від нього залежить кінцева якість готового продукту. Це температура сусла в сусловарильному апараті.

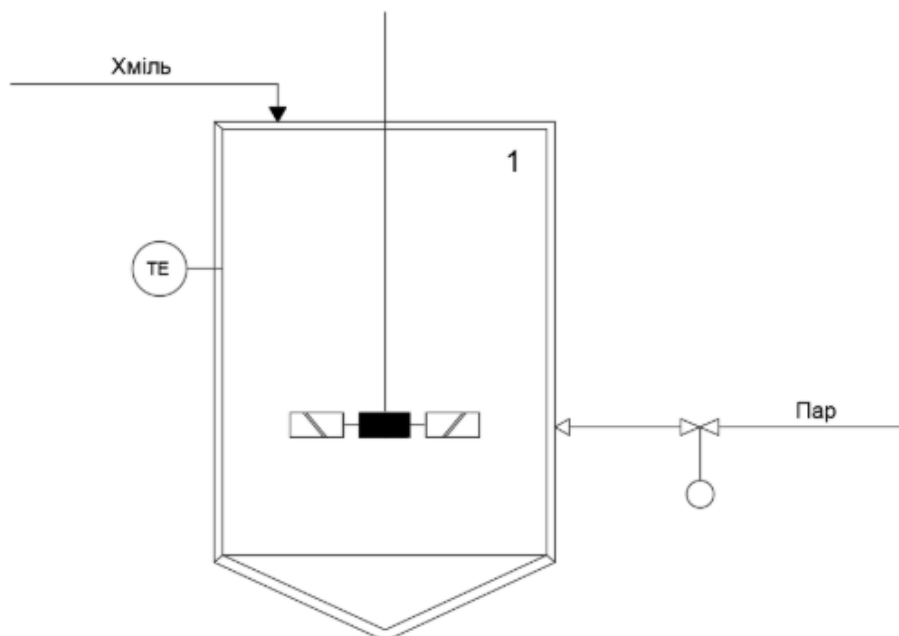


Рис. 7.1 Контур регулювання температури в сусловарильному апараті

Постановка задачі комп'ютерного моделювання: визначити оптимальні параметри ПД-регулятора для математичної моделі за допомогою метода Циглера - Нікольса.

7.2. Вибір об'єкта керування та його математична модель

Головним завданням при побудові математичної моделі є визначення вхідних і вихідних сигналів. Загальний вигляд схеми об'єкта керування зображено на рисунку 7.2

					Кваліфікаційна робота		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Ковальов П.І.					
Керівник		Романов М.С.				82	5
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			НУХТ АК-4-1		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.					

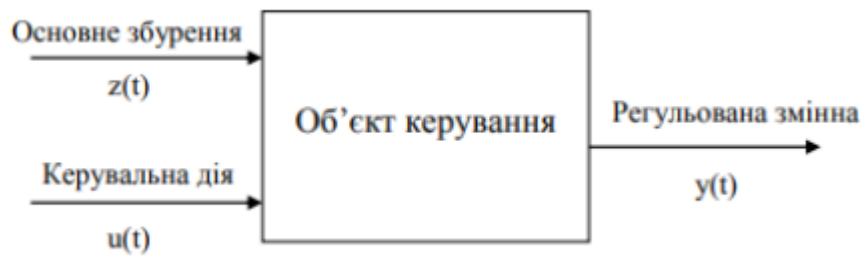


Рис. 7.2 Параметрична схема об'єкта керування

Отже, я визначив наступні сигнали:

- Основне збурення – це початкова температура суміші сусла і хмелю в сушварильному апараті, 0С.
- Додаткове збурення – це температура хмелю, яке додається через 500 с. в сушварильний апарат, 0С.
- Керувальна дія – це клапан подачі пари з котельні в сушварильний апараті, % ХРО (% ходу регулюючого органу).
- Регульована змінна – це задана температура суміші сусла і хмелю в сушварильному апараті, 0С.

Математична модель сушварильного апарату формується з аперіодичної ланки 1-го порядку і ланки підсилення, які мають такий узагальнений вигляд:

- аперіодична ланка:

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

- ланка підсилення:

$$W_4(s) = e^{\tau_{zn}s}$$

7.3. Моделювання САР

Моделювання системи автоматичного регулювання розпочинається з вибору значення коефіцієнта передачі та постійного часу об'єкта.

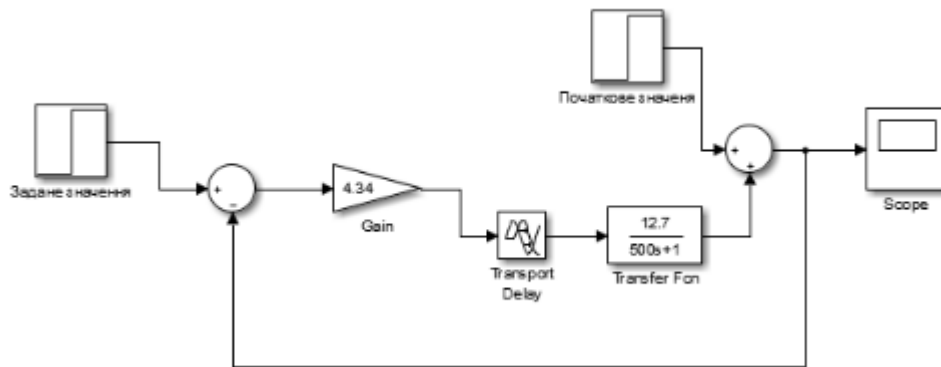


Рис. 7.3 Структурна схема САР з П-регулятором

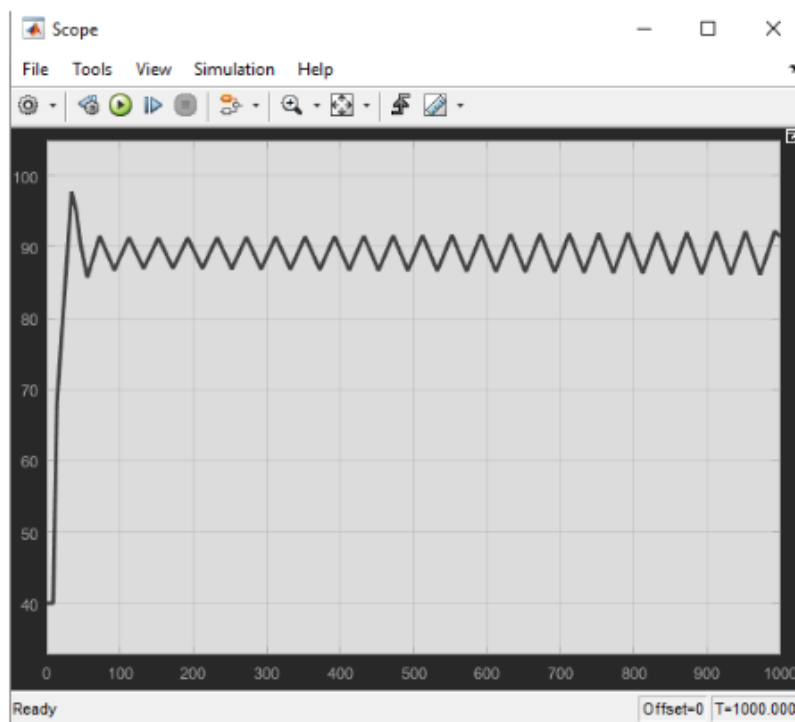


Рис. 7.4 Перехідний процес з П-регулятором

З даного перехідного процесу видно, що система знаходиться на межі стійкості, тобто система має режим автоколивань.

Визначив, що $k_{кр} = 4,34$ і $T_{кр} = 45$.

До вже відомої структурної схеми додав ПІД- регулятор і додаткове збурення (температура хмелю).

Після цього за відомим мені з курсу «Теорії автоматичного керування» методом Циглера-Нікольса визначимо оптимальні настройки ПІД-регулятора:

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

$$k_p = 0.6 * k_{kp} = 0.6 * 4.34 = 2.604$$

$$T_i = T_{kp} / 2 = 38.4 / 2 = 19.2$$

$$k_i = k_p / T_i = 2.604 / 19.2 = 0.135$$

$$T_d = T_{kp} / 8 = 38.4 / 8 = 4.8$$

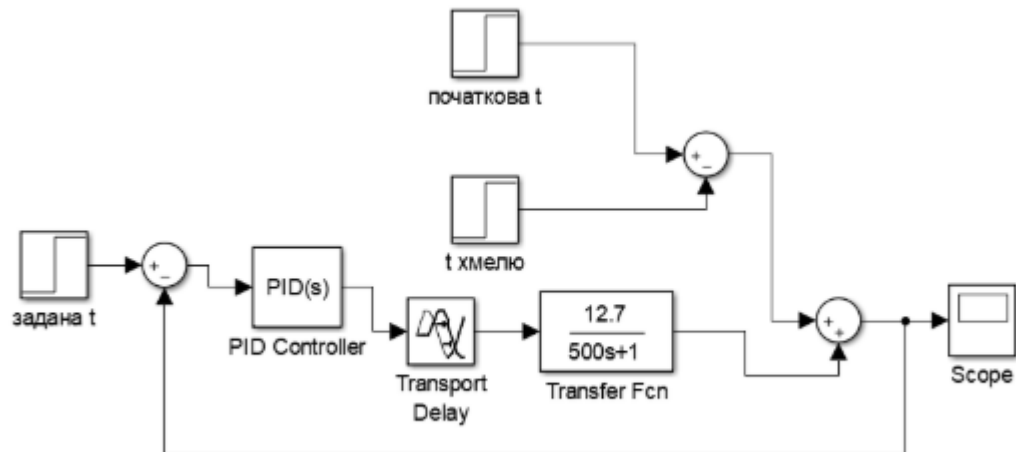


Рис. 7.5 Структурна схема САР з ПІД-регулятором



Рис. 7.6 Перехідний процес з ПІД-регулятором

7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків

На даному етапі було проведено комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання температури суміші сусла і хмелю в сусловарильному апараті. За допомогою використання відомого метода, а саме – метод Циглера - Нікольса , визначили наступні оптимальних настройок ПІ-регулятора:

- Коефіцієнт підсилення:

$$k_p = 2.604$$

- Час інтегрування:

$$T_i = 19.2 \text{ с.}$$

- Коефіцієнт інтегрування:

$$k_i = 0.135.$$

- Коефіцієнт диференціювання:

$$T_d = T_{кр}/8 = 38.4/8 = 4.8.$$

Також з останнього перехідного процесу видно, як ПІД-регулятор реагує на додаткове збурення і як виводить систему на задане значення. З перехідного процесу, який наведений вище визначимо оцінку якості використовуючи такі показники:

- Динамічна похибка $A_1 = 34 \text{ }^\circ\text{C}$;
- Статична помилка регулювання $\Delta X_{СТ} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$;
- Час регулювання $t_p = 220 \text{ с.}$;
- Перерегулювання $a = \frac{A_2}{A_1} \cdot 100\% = \frac{10}{34} \cdot 100\% = 29.4\%$;
- Ступінь затухання $\psi = \frac{A_1 - A_3}{A_1} = \frac{(124-90)-(94-90)}{(124-90)} = 0,88.$

Отже, розраховані параметри ПІД-регулятора задовільняють критерії якості перехідного процесу.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

Висновок

У кваліфікаційній роботі було розглянуто розробку системи автоматизації процесу виробництва сусла на пивзаводі.

Під час створення системи автоматизації для цього процесу були застосовані сучасні технічні засоби автоматизації та промисловий логічний контролер (ПЛК).

Для автоматизації процесу виробництва сусла на пивзаводі був обраний промисловий логічний контролер Schneider Electric M340. Дисплейна мнемосхема процесу була розроблена за допомогою програмного забезпечення Citect SCADA 2015.

Запропонована система автоматизації виробничого процесу сусла, яка використовує сучасні технічні засоби автоматизації, дозволяє забезпечити оптимальне виконання технологічного процесу, що призводить до отримання сусла високої якості для подальшого виготовлення пива. Також система сприяє зменшенню витрат теплоносіїв завдяки використанню сучасних засобів автоматизації, що в свою чергу підвищує рентабельність виробництва пива.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

Список використаної літератури

1. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К.: Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.
2. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / В.Г. Трегуб. — К.: Ліра-К, 2014.
3. Луцька Н.М. Оптимальні та робастні системи керування технологічними об'єктами: монографія / Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. — К.: Видавництво Ліра-К, 2015. — 288 с.
4. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, К.С. Архангельська, Л.О. Власенко. — К.: НУХТ, 2014. — 274 с.
5. Пупена О.М. Програмування промислових контролерів у середовищі UnityPro: навчальний посібник / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. — Київ: Ліра-К, 2015. — 376 с.
6. Системний аналіз складних систем управління. Практикум: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. — К.: НУХТ, 2014. — 157 с. (№37.49 - 02.07.2014)
7. Пивоварна промисловість: традиції та інновації. Вітчизняний та світовий досвід [Електронний ресурс]: наук.-допом. бібліогр. покажч. / [упоряд. О.В. Олабоді]; Нац. ун-т харч. технол., Наук.-техн. б-ка. — Київ, 2019. — 136 с.
8. Вольфганг Кунце. Технологія солоду та пива (переклад з німецької), 2001.
9. Оптимізація процесів переробки сільськогосподарської сировини: монографія / В.О. Мірошник, М.А. Гачковська, В.Д. Кишенько, О.В. Грабовська. — К.: ЦП “Компринт”, 2019. — 479 с.
10. Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування):

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

монографія / А.П. Ладанюк, Н.А. Заєць, Л.О. Власенко. – К.: Видавництво Ліра-К, 2016. – 312 с.

11. Rosemount 3051 Pressure Transmitter Manual. Emerson Automation Solutions, 2019.

12. Каталог та документація Schneider Electric. <https://www.se.com/ua/ru/>

13. 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. [Електронний ресурс]. – К.: НУХТ, 2020. – 73 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89