МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) автоматизації і комп'ютерних систем
Кафедра автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

«До захисту в ЕК»	**«До захисту допущено»**
Директор інституту(декан факультету)	Завідувач кафедри
_____ Андрій ФОРСЮК	_____ Ярослав СМІТЮХ
(підпис) (ім'я та прізвище)	(підпис) (ім'я та прізвище)
«__»_____20__р.	«__»_____20__р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

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

освітньо-професійної програми «Комп'ютерні технології та програмування в автоматизованих системах управління»

на тему: *розробка проєкту інтегрованої автоматизованої системи управління процесом охолодження пивного сусла з підсистемою управління подачі холодоагенту з резервуарів*

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ІА-2-2М

Бик Павло Васильович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник *Ельперін Ігор Володимирович* _____
(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 _____ _____
(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 - 2023р.

Національний університет харчових технологій

Факультет *Автоматизації і комп'ютерних систем*

Кафедра *Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління*

Освітній ступінь *«Магістр»*

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

Освітньо-професійна програма *«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»*

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

Смітюх Ярослав

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Бику Павлу Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: *розробка проєкту інтегрованої автоматизованої системи управління процесом охолодження пивного сусла з підсистемою управління подачі холодоагенту з резервуарів*

керівник роботи *професор Ельперін Ігор Володимирович*

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від *«16» листопада 2022 р. № 820-кс*

2. Строк подання здобувачем роботи

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)

ЗМІСТ Вступ 1 Загальносистемні рішення 1.1 Загальний опис об'єкту і системи 1.2 Загальний опис об'єкту і системи 1.3.Опис функцій, автоматизуються (ПЗ) 1.4. Структурна схема комплексу технічних засобів. Перелік технічних засобів автоматизації КІСУ 1.5.Інформаційне забезпечення КІСУ 2. Розробка підсистеми управління технологічним процесом 2.1. Схема автоматизації та специфікація приладів та засобів автоматизації польового рівня 2.2. Специфікація польових засобів 2.3. Специфікація приладів та засобів автоматизації та обґрунтування їх вибору 2.3.1. Обґрунтування вибору датчика

температури 2.3.2. Обґрунтування вибору датчика рівня 2.3.3. Обґрунтування вибору витратоміра 2.3.4. Обґрунтування вибору клапана 2.4. Схема компонування ПЛК .5.Специфікація модулів ПЛК та PDS 2.6.Схеми електричні принципові живлення, контурів вимірювання, управління та сигналізації 2.7. Схеми з'єднань та підключень проводок промислових мереж 3. Монтаж технічного засобу 4. Алгоритм управління технологічним об'єктом 4.1. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога 4.2. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

5. Перелік графічного матеріалу

1. Схема автоматизації та специфікація приладів та засобів автоматизації польового рівня 2. Схема принципова контурів управління та сигналізації. 3. Схеми з'єднань проводок мереж. 4. Структурна схема КТС. 5. Схема функціональної структури КІСУ. 6. Схема мережевих інформаційних потоків.

6. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	*Видача та затвердження завдання*	*Перед переддипломною практикою*	
2	*Розділ 1 та підрозділ 1.1 та 1.2*	*Захист переддипломної практики*	
3	*Підрозділ 1.3, 1.4, 1.5 та розділ 2*	*1 тиждень*	
4	*Підрозділ 2.1 та 2.2*	*2 та 3 тиждень*	
5	*Підрозділ 2.3, 2.3.1, 2.3.2 та 2.3.3*	*4 та 5 тиждень*	
6	*Підрозділ 2.4, 2.5, 2.6 та 2.7*	*5 та 6 тиждень*	
7	*Підрозділ 2.7 та розділ 3*	*7 та 8 тиждень*	
8	*Розділ 4, 4.1 та 4.2*	*9 та 10 тиждень*	
9	*Підготовка матеріалів до захисту*		
10	*Захист кваліфікаційної роботи*		

Здобувач *Бик П. В.* _____
(підпис)

Керівник роботи *Ельперін І.В.* _____
(підпис)

Анотація

В даній кваліфікаційній роботі розглядається розробка інтегрованої автоматизованої системи управління процесом охолодження пивного сусла з підсистемою управління подачі холодоагенту з резервуарів. В кваліфікаційній роботі представлено опис технологічного процесу, специфікація технічних засобів автоматизації, схема автоматизації та специфікація приладів та засобів автоматизації польового рівня, схема принципова контурів управління та сигналізації, схеми з'єднань проводок мереж, структурна схема КТС, схема функціональної структури КІСУ, схема мережевих інформаційних потоків.

Розроблено алгоритм та програма для управління процесом охолодження пивного сусла. Програма розроблена для ПЛК FX3U від виробника Mitsubishi. Інтерфейс SCADA-програма технологічного процесу розроблено в програмному забезпечені Vijeo Citect та вигляд дисплейної мнемосхеми представлено в записці.

Ключові слова: автоматизація, охолодження, сусло, FX3U

Annotation

This qualification paper considers the development of an integrated automated control system for the beer wort cooling process with a control subsystem for refrigerant supply from tanks. The qualification work presents a description of the technological process, the specification of technical means of automation, the scheme of automation and the specification of devices and means of automation of the field level, the principle scheme of control and signaling circuits, the scheme of connections of network wiring, the structural scheme of the KTS, the scheme of the functional structure of the CSISU, the scheme of network information flows

An algorithm and a program for managing the beer wort cooling process have been developed. The program is developed for PLC FX3U from the manufacturer Mitsubishi. The SCADA-program interface of the technological process is developed in the Vijeo Citect software, and the display mnemonic view is presented in the note.

Key words: automation, cooling, wort, FX3U

ЗМІСТ

с.

1.Загальносистемні рішення 8

Загальний опис об’єкту і системи 8

Функціональна структура 14

Опис функцій, що автоматизуються (ПЗ) 15

Структурна схема комплексу технічних засобів. Перелік технічних засобів автоматизації КІСУ 16

Інформаційне забезпечення КІСУ… 17

2. Розробка підсистеми управління технологічним процесом 19

Схема автоматизації та специфікація приладів та засобів автоматизації польового рівня 19

Специфікація польових засобів 22

Специфікація приладів та засобів автоматизації та обґрунтування їх вибору 23

Обґрунтування вибору датчика температури 28

Обґрунтування вибору датчика рівня 28

Обґрунтування вибору витратоміра 29

Обґрунтування вибору клапана 30

Схема компонування ПЛК 31

Специфікація модулів ПЛК та PDS. 33

Схеми електричні принципові живлення, контурів вимірювання, управління та сигналізації 34

Схеми з’єднань та підключень проводок промислових мереж. 36

3. Монтаж технічного засобу 37

4. Алгоритм управління технологічним об’єктом 39

Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога 42

Комп’ютерне моделювання системи автоматичного регулювання 44

Висновок 49

Список використаної літератури 50

ВСТУП

Пиво - це звичайний продукт бродіння. Відомо, що бродіння - процес перетворення цукру під впливом дріжджів в вуглекислий газ і спирт. Нині існують такі пивоварні підприємства, де відсутні автоматизовані засоби контролю температури в заторному чані, а дозування компонентів відбувається в ручну. Керування дозуванням виконується трудомісткими і малоефективними "ручними" (механізованими) методами. При цьому і самі виміри мають значні похибки, адже обладнання, що використовується, застаріле та неточне. Тому, із практичної і наукової точки зору, розробка і створення автоматизованої системи керування процесом варіння, фільтрація, охолодження та бродіння пива є досить доцільною.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка проєкту інтегрованої автоматизованої системи управління процесом охолодження пивного сусла з підсистемою управління подачі холодоагенту з резервуарів.

1. ЗАГАЛЬНОСИСТЕМНІ РІШЕННЯ.

1.1. Загальний опис об’єкту та системи.

При охолодженні сусла на холодильних тарілках потрібні великі площі, є небезпека занесення інфекції. Однак у них більш повно в порівнянні з відстійними апаратами виділяються суспензії, що полегшує подальший виробничий процес і поліпшує смак пива.

Застосування відстійних апаратів дає можливість економити виробничі площі, зменшує небезпеку інфікування сусла. Але у відстійному апараті гірше осаджуються суспензії, ніж у холодильній тарілці.

Використання гідро циклонних апаратів полегшує і прискорює процес освітлення сусла та дозволяє застосовувати мелений брикетований хміль.

Так як на міні пивоварнях територія обмежена і для покращення смакових якостей пива застосовують брикетований хміль, то для освітлення застосовують гідро циклонний апарат - вірпул.

Протиточні трубчасті теплообмінники мають низький коефіцієнт теплопередачі, а при охолодженні на зрошувальних холодильниках сусло стикається з повітрям і тому є велика небезпека його інфікування.

Пластинчасті теплообмінники - найбільш досконале устаткування для охолодження сусла. Вони мають більшу площу поверхні теплопередачі та малі розміри. Конструкція теплообмінника дає можливість змінювати схему руху потоків продукту і теплоносія та в одному теплообміннику мати секції різного призначення: для нагрівання, для охолодження, регенерації тепла.

Пластинчасті теплообмінники легко розбираються, що дає можливість здійснювати ретельну очистку всіх елементів. Вада пластинчастих теплообмінників - досить швидке спрацювання ущільнювальних прокладок між пластинами. [1]

Через вище перераховані позитивні якості доцільним буде застосування пластинчастого теплообміннику. Так як на міні пивоварні малотоннажне виробництво, то спрацювання прокладок не таке швидке.

Сусло охолоджують до 5-9 °С при низовому і до 14-16 °С при верховому бродінні. Початкова температура бродіння залежить від прийнятої на заводі технології зброджування і від використовуваної раси дріжджів.

Сусло є сприятливим середовищем для розвитку мікроорганізмів: молочнокислих і оцтовокислих бактерій, сарцини, бактерій групи кишкової палички. Оптимальним для розвитку Суслової мікрофлори є інтервал температур 20-40 °С. Тому слід уникати застою сусла при таких температурах.

Охолодження сусла проводять в дві стадії. Першу стадію охолодження за класичною технологією здійснюють у відстійному чані. Вона протікає повільно: сусло охолоджується водою з 95-100 °С до 55-60 °С за 2 години. У другій стадії, небезпечною з точки зору інфікування, сусло охолоджується швидко в теплообміннику. При використанні гідроциклони апаратів на першій стадії температура сусла знижується незначно до 90-95 °С за 20-40 хвилин. Друга стадія охолодження проходить в теплообміннику і триває 60-90 хвилин. [2]

Відстійний апарат (рис. 1.1) - циліндричний закритий резервуар 3 з плоским похилим днищем і зі сферичною кришкою 4. Вгорі кришки знаходиться паровідвідною трубкою з дросельною заслінкою 7. Для охолодження сусла є зовнішня сорочка, що охоплює циліндричну частину апарату, і плоска охолоджуюча секція 6. Зовнішня сорочка і охолоджуюча секція заповнюються водою через запірний вентиль 1 і колектор 2. Вода відводиться через колектор 10. Для отримання тонкого шару сусла, що стікає по стінах секції, встановлений розподільний жолоб 5.

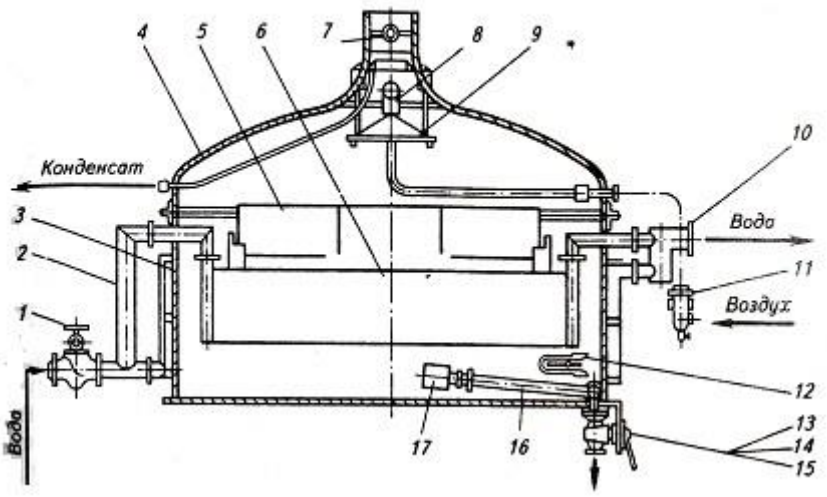


Рисунок 1.1. Відстійний апарат:

1 - вентиль; 2, 10 - колектори; 3 - корпус; 4 - кришка; 5 - розподільний жолоб; 6 - охолоджуюча секція; 7 - заслінка; 8 - патрубок; 9 - конусний зонт; 11 - знепліднювати фільтр; 12 - термометр; 13, 14, 15 - пробковий кран; 16 - плаваюча труба; 17 – поплавок

Гаряче сусло надходить у верхню частину апарату через патрубок 8, де розташований конусний парасольку 9, що дозволяє подавати сусло тонкими струмками, що сприяє його охолодженню. Для аерації сусла під конус подається повітря, що пройшло через знепліднювати фільтр 11. На днище всередині апарату шарнірно закріплена плаваюча труба 16 з поплавком 17, призначена для спуску охолодженого сусла. На зовнішній поверхні днища встановлені три коркових крана: 13 - для спуску білкового відстою, 14 - для спуску промивних вод у каналізацію і 15 - для регулювання спуску освітленого сусла.

Апарат заповнюють гарячим суслом на висоту до 0,9 м. Тривалість охолодження не перевищує 120 хвилин. Протягом цього часу температура сусла знижується до 55 °С. Контроль за режимом охолодження здійснюється за допомогою термометра 12. Подальше охолодження сусла проводять у теплообміннику.

Для охолодження сусла раніше застосовували зрошувальні теплообмінники, теплообмінники типу «труба в трубі» і пластинчасті охолоджувачі. В даний час зрошувальні теплообмінники вже не застосовуються. Практично повсюдно використовуються пластинчасті теплообмінники.

На окремих старих заводах продовжують експлуатуватися теплообмінники типу «труба в трубі» (рис. 1.2).

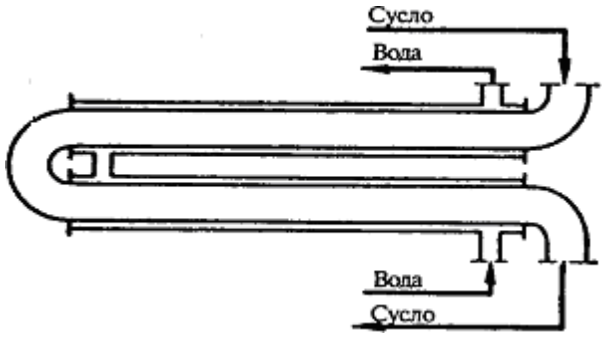


Рисунок 1.2. Теплообмінник "труба в трубі»

Теплообмінник "труба в трубі» складається з послідовно з'єднаних мідних труб, в які подається сусло. Труби з охолоджувані продуктом знаходяться в сталевих трубах більшого обсягу, за якими в протилежному напрямку тече охолоджуюча рідина.

Сусло з відстійного чана охолоджується з 60 °С до початкової температури бродіння в дві стадії. У верхній секції теплообмінника воно охолоджується з 60 °С до 20 °С водопровідною водою, а в нижній секції - з 20 °С до 5-8 °С розсолом або переохолодженої водою. Такі теплообмінники мають низький коефіцієнт теплопередачі, утруднений процес їх миття та дезінфекції. Найбільш досконалим і поширеним апаратом для охолодження сусла є пластинчастий теплообмінник (рис. 1.3).

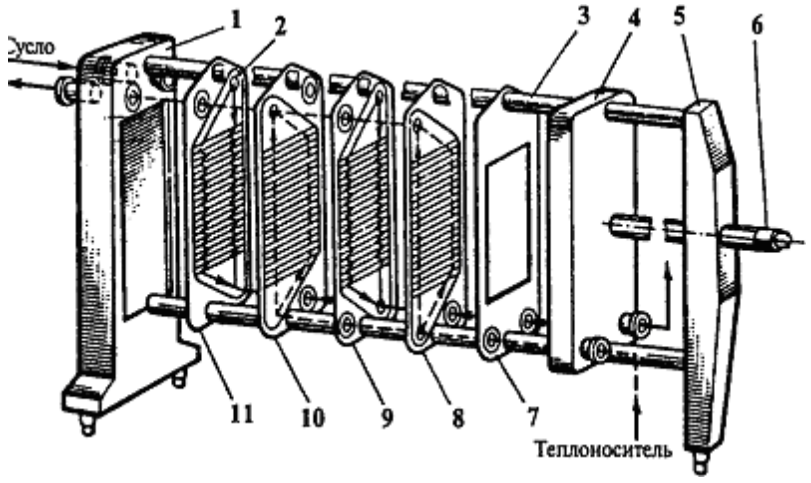


Рисунок 1.3. Пластинчастий теплообмінник:

1, 5 - стійки; 2 - канал для подачі сусла; 3 - штанга; 4 - плита;

6 - гвинт; 7 - канал для хладагента; 7, 8, 9, 10, 11 - пластини

Пластинчастий теплообмінник складається з тонких сталевих пластин 7, 8, 9, 10, 11, які встановлюються на штангах 3 за допомогою гвинта 6 і плити 4 так, що між кожною парою пластин утворюється простір, по якому протікає рідина. Ущільнення пластин створюється за допомогою гумових прокладок. Пластини збираються таким чином, що утворюються дві системи каналів: канал для охолоджуваного продукту 2 і канал для хладагента 7. Потоки продукту і теплоносія чергуються таким чином, що теплообмін у кожного з них відбувається з обох сторін через дві пластини.

Пластинчасті теплообмінники компактні, відрізняються великою поверхнею теплопередачі, завдяки чому процес охолодження йде швидко і ефективно, легко розбираються і миються. [3]

Параметри, які характеризують керований процес, ті, котрі підлягають регулюванню (регульовані параметри), та ті, зміна яких супроводжується максимальною і швидкою зміною регульованої величини, тобто щоб коефіцієнт підсилення об’єкта у цьому каналі був максимальним. Такими параметрами на даній ділянці є: Витрата холодоагенту, який подається у відстійник, температура охолоджуваного середовища.

Параметри контролю - параметри, за значеннями яких здійснюється оперативне керування технологічним процесом, а також його пуск і

зупинення. До таких параметрів належать усі режимні та вихідні параметри, а також вхідні параметри, у разі зміни яких в об’єкт будуть надходити збурення. Такими параметрами є: Рівень сусла в відстійнику, температура сусла, за рахунок холодоагенту.

Параметри сигналізації вибирають після аналізу технологічних об’єктів щодо його вибухо- та пожежонебезпеки, токсичності й агресивності перероблюваних речовин, можливих аварій і нещасних випадків.

Сигналізації підлягає факт зміни кількісних і якісних характеристик цільових продуктів, а також не передбачене технологічним регламентом зупинення окремих агрегатів.

До таких величин відносяться: рівень у відстійнику, температура сусла, витрата холодоагенту.

1.2. Функціональна структура

Позначення використані при розробці схеми функціональної структури наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2. Таблиця умовних позначень до схеми функціональної структури.

Найменування	Позначення
польові ТЗА	технічні засоби автоматизації, які відносяться до польового рівня
ПЛК ВОС	мікропроцесорний контролер для відділення охолодження сусла
ПЛК ППХ	мікропроцесорний контролер для підсистеми подачі холодоагенту
ПК ВОС	АРМ оператора відділення охолодження сусла (на базі комп'ютера)
ОП ППХ	операторська панель для підсистеми подачі холодоагенту
ПК ГТЕХ	персональний комп'ютер головного технолога
ТС ВОС	технологічний сервер відділення охолодження сусла
E0.1, E0.2	вимірювальне перетворення
V1.0, V2.0	управління технологічним обладнанням та виконавчими механізмами
Y	перетворення та обробка інформації
C1.1, C1.2, C1.3, C1.4	автоматизоване регулювання, управління технологічним процесом
C1.5	координація роботи підсистеми подачі холодоагенту
I1.1, I2.1	відображення для контролю за технологічним процесом
I3.1	відображення для диспетчерського контролю за виробничим процесом
R1.1	реєстрація параметрів технологічного процесу
R3.1, R4.1	реєстрація основних виробничих параметрів
A1.1, A2.1	контроль стану обладнання, технологічна сигналізація

1.3. Опис функцій, що автоматизуються (ПЗ).

Таблиця 1.3. Перелік функцій, що автоматизуються.

Позиція	Найменування функції/сигналу	Джерело/ приймач	Читання/ запис	Діапазон	Періодичність	Примітка
С1.1	Подача сусла в відстійник	ПЛК ВОС				
	Рівень в відстійнику	ПЛК ВОС	R	0-100 %	1с	
	Витрата сусла	ПЛК ВОС	R	100-5000 $м^3$/год	1с	
	Клапан подачі сусла	ПЛК ВОС	W	0-100 %	1с	
С1.2	Охолодження з 60 ºС до 20 ºС водопровідною водою	ПЛК ВОС				
	Клапан подачі холодоагенту	ПЛК ВОС	W	0-100 %	1с	
	Температура сусла	ПЛК ВОС	R	20-60ºС	1с	
	Температура охолодженої води	ПЛК ВОС	R	15-18ºС	1с	
С1.3	Охолодження з 20 ºС до 5-8 ºС розсолом або переохолодженою водою	ПЛК ВОС			1 с	
	Клапан подачі холодоагенту	ПЛК ВОС	W	0-100 %	1с	
	Температура сусла	ПЛК ВОС	R	5-20ºС	1с	
	Температура охолодженої води	ПЛК ВОС	R	0-4ºС	1с	
С1.4	Зливання охолодженого сусла	ПЛК ВОС			1 с	
	Клапан зливання	ПЛК ВОС	W	0-100 %	1с	
	Температура сусла	ПЛК ВОС	R	5-8ºС	1с	
С1.5	Контроль почергової подачі холодоагенту	ПЛК ППХ			1 с	
	Клапан подачі холодоагенту	ПЛК ППХ	W	0-100 %	1с	
	Температура сусла	ПЛК ППХ	R	5-60ºС	1с	
	Температура охолодженої води	ПЛК ППХ	R	0-20ºС	1с	

1.4. Структурна схема комплексу технічних засобів. Перелік технічних засобів автоматизації КІСУ.

Для технологічного комплексу АСУТП ВОС розроблялася структурна схема комплексу технічних засобів. В таблиці 1.4 представлена специфікація використаних мережних технічних засобів.

Позначення	Найменування	К-сть	Примітка
1	2	3	4
ПК ВОС	(АРМ) ПК оператора відділення охолодження	1	Intel® Xeon® X7550 2,40 GHz, RAM 8 Gb
ПК ГТЕХ	ПК головного технолога	1	Intel® Pentium® Gold G6405 4,10GHz, RAM 12 Gb
ТС ВОС	Технологічний сервер відділення охолодження сусла	1	Intel® Xeon® E7-8890 v4 X2 2,2 GHz, RAM 32 Gb
Sw	Некерований комутатор Gigabit Ethernet (10/100/1000): 5 портів	1	Cisco SG110D-05
PDS1-4	Частотний перетворювач для підсистеми подачі холодоагенту	1	LENZE TMD Modbus TCP
ОР ППХ	Операторська панель підсистеми подачі холодоагенту	1	MAGELIS XBTN 400 (Schneider Electric)
ПЛК ППХ	Програмований логічний контролер підсистеми подачі холодоагенту	1	Mitsubishi FX3U-16MR/ES
ПЛК ВОС	Програмований логічний контролер відділення охолодження сусла	1	Schnaider Electric M340 P34 2020 Modbus Ethernet

Таблиця 1.4. Відомість мережних технічних засобів.

1.5.Інформаційне забезпечення КІСУ.

Інформаційна структура.

Поз. Вим. Перетв.	Найменування вимірювальної величини	Одиниці та діапазон виміру	Тип та діапазон вимір сигналу	Періодич-ність, с	Точність виміру, %	Примітка
1	2	3	4	5	6	7
LE 1в	Рівень	1-100%	4-20 мА	1	0.1	
TE 4а	Температура сусла	-50 – 150 °С	4-20 мА	1	0.25	
PE 2а	Тиск	0,025кПа - 68 МПа	4-20 мА	1	0.1	
FE 3а	Витратомір	0-150м^3/с	4-20 мА	1	0.1	

Таблиця 1.5.1–Адреси входів на МПК FX3U

Таблиця 1.5.2–Адреси входів на МПК Р34 2020

Поз. Вим. Перетв.	Найменування вимірювальної величини	Одиниці та діапазон виміру	Тип та діапазон вимір сигналу	Періодич-ність, с	Точність виміру, %	Примітка
1	2	3	4	5	6	7
-	Температура сусла	-50 - 150 °С	4-20 мА	1	0.25	
-	Тиск	0,025кПа - 68 МПа	4-20 мА	1	0.1	
-	Витрата холодоагенту	0-150м^3/с	4-20 мА	1	0.1	
-	Температура холодоагенту	-50 - 150 °С	4-20 мА	1	0.25	

Поз. вим. перетв.	Найменування вимірювальної величини	Одиниці та діапазон виміру	Тип та діапазон вимір сигналу	Періодич-ність, с	Точність виміру, %	Спожи-вана потуж-ність, мА	Примітка
1	2	3	4	5	6	7	8
1а	Клапан подачі сусла		дискретний	1	-	80	
3в	Клапан подачі води		дискретний	1	-	80	
5а	Клапан подачі холодоагенту		дискретний	1	-	80	
7а	Клапан зливу сусла		дискретний	1	-	80	
8а	Клапан подачі холодоагенту		дискретний	1	-	80	
9а	Клапан подачі холодоагенту		дискретний	1	-	80	
	Клапан подачі холодоагенту		дискретний	1	-	80	

Таблиця 1.5.3–Адреси виходів на МПК FX3U

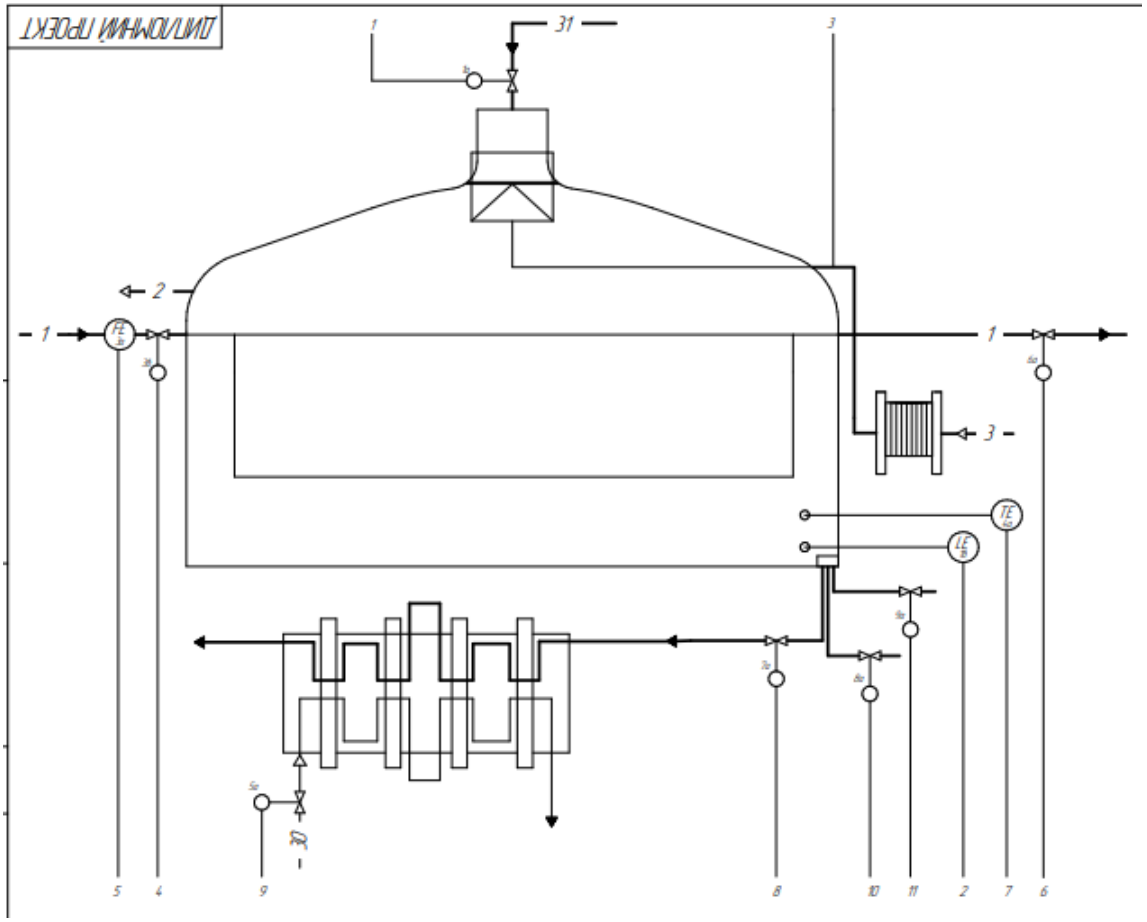
Таблиця 1.5.4–Адреси виходів на МПК Р34 2020

Поз. вим. перетв.	Найменування вимірювальної величини	Одиниці та діапазон виміру	Тип та діапазон вимір сигналу	Періодич-ність, с	Точність виміру, %	Спожи-вана потуж-ність, мА	Примітка
1	2	3	4	5	6	7	8
-	Частотний перетворювач	0-100 %ХРО	0-10В	1	0.5	150	%QW10
-	Частотний перетворювач	0-100 %ХРО	0-10В	1	0.5	150	%QW20
-	Частотний перетворювач	0-100 %ХРО	0-10В	1	0.5	150	%QW30
-	Частотний перетворювач	0-100 %ХРО	0-10В	1	0.5	150	%QW40

2. РОЗРОБКА ПІДСИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ.

2.1. Схема автоматизації та специфікація приладів та засобів автоматизації польового рівня.

Функціональна схема показана на рисунку 2.1.1.



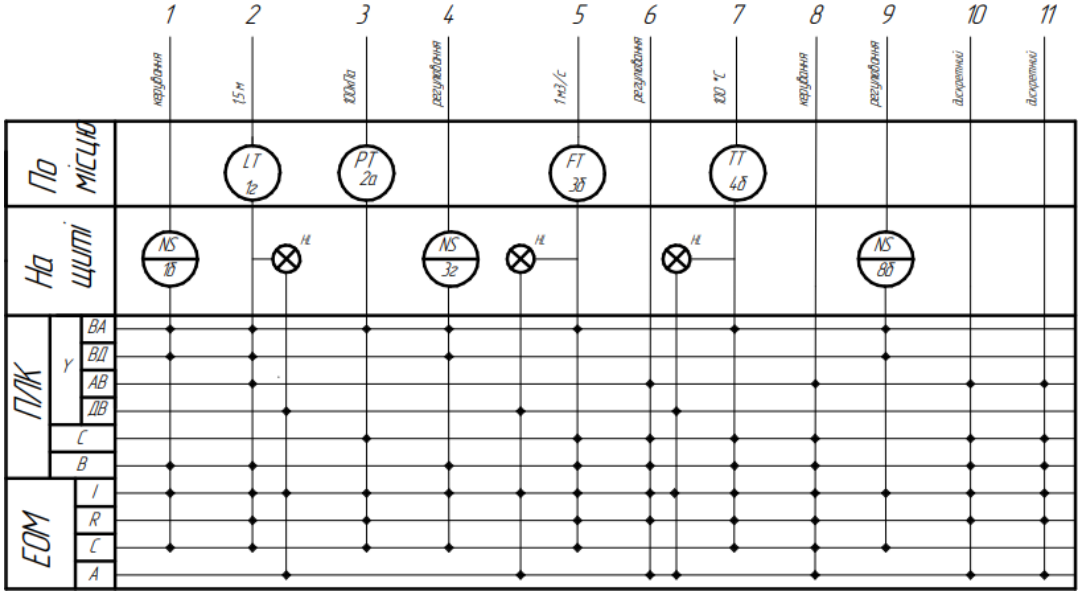


Рисунок 2.1.2 – Функціональна схема

На відстійну установку подається сусло. Процес подачі сировини контролюється клапаном InterApp-314(поз. 1а). Всередині відстійника розташована конусна парасолька, через яку сусло потрапляє в апарат. Для аерації сусла під конус подається повітря, що пройшло через знепліднювальний фільтр. Тиск подачі повітря контролюється манометром Метран-150 CG (поз. 2а) сигнал з якого подається на контролер, де обробляється по заданій програмі та ЕОМ.

Рівень сусла в апараті контролюється рівнеміром SITRANS-LC300(поз.1в) сигнал з якого подається на контролер, де обробляється по заданій програмі та ЕОМ.

Після заповнення апарату подається холодоагент(вода (В3)) і проходить перша стадія охолодження пивного сусла. Подача холодоагенту контролюється витратоміром УРСВ - 510ц (поз. 3а).

Температура в відстійнику контролюється термометром опору ТСМУ-205 100М (поз.4а) сигнал з якого подається на контролер, де обробляється по заданій програмі та ЕОМ.

Коли температура сусла досягла 55^0C, його зливають з відстійника через клапан InterApp-314(поз. 7а) і далі воно проходить через теплообмінник, де проходить друга стадія охолодження. В теплообмінник через InterApp-314(поз. 5а) подається холодоагент. Після процесу охолодження сусло потрапляє в освітлювальну установку.

2.2. Специфікація польових засобів .

Таблиця 2.2 - Специфікація засобів автоматизації

Поз.	Найменування та технічна характеристика засобу	Тип, марка, позначення документу, листа опитування	Код обладнання, виробу, матеріалу	Завод-виготовлювач/ виробник	Одиниця вимірру	Кількість	Маса одиниці, кг	Примітка
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1а,3в, 5а,6а, 7а, 8а,9а.	Клапан InterApp 314 діапазон робочих температур: від -400С до 2000С ; максимальний робочий тиск: 16 бар/ 20 бар в залежності від середовища; клас протікання: по EN 12266/P12, клас А.	InterApp	InterApp 314	FESTO		7	-	
1в,1г	Датчик рівня вхідний сигнал: 4 мА …20 мА діапазон дії: від 0,3 до 25м	SITRANS LC300	LC300	Siemens	м	1	-	
2а	Датчик тиску Діапазон вимірювання: Від 0,025кПа до 68 МПа. Вихідний сигнал 4-20 мА	МЕТРАН	МЕТРАН-150 CG	Emerson	кПа	1	-	
3а,3б	Датчик витрати Діапазон температури рідини, °С: від мінус 30 до 160	ВЗЛЕТ МР	УРСВ-510ц	ВЗЛЕТ МР	$м^3/с$	1	-	
4а,4б.	Термоперетворювач опору Діапазон вимірюваних температур: від 0 до +150°С Статична характеристика 100М	ГК Теплоприбор	ТСМУ-205	ГК Теплоприбор		1	-	
-	Насос дозатор	Seko	PS1DO17A31	Seko		4	-	
-	Частотний перетворювач	TMD	TMD8200	LENZE		4	-	

Специфікація приладів та засобів автоматизаціїта обґрунтування їх вибору

Датчики тиску серії МЕТРАН-150 CG, показані на рисунку 2.3.1, призначені для безперервного перетворення значення вимірюваного параметра (абсолютного, надлишкового тиску, розрідження) в уніфікований струмовий сигнал в системах автоматичного управління[6].

Рисунок 2.3.1 – Датчик тиску МЕТРАН-150 CG

Основні характеристики перетворювача тиску МЕТРАН-150 CG:

– межі вимірювання: від –0,025 до 68 МПа;

– мінімальна ширина діапазону 2,5 кПа;

– вихідний сигнал: (4…20 мА);

– висока стабільність характеристик;

– вибухобезпечне виконання.

Враховуючи, що перетворювач має невелику масу, він монтується безпосередньо на об'єкті.

Термоперетворювач ТСМУ-205, показаний на рисунку 2.3.2, призначений для перетворення значення температури різнорідних середовищ в уніфікований вихідний сигнал 4…20 мА. [7].

Рисунок 2.3.2 – Термоперетворювач ТРСМУ-205

Основні характеристики термоперетворювача ТРСМУ-205:

– номінальні статичні характеристики (НСХ): 100М;
– вихідний сигнал: від 4мА до 20 мА;
– клас точності: від 0.25;
– діапазон вимірювань: від 0°С до 150°С;
– степінь захисту від пилу і вологи: IP65;
– напруга живлення: від 12В до 36 В;

Датчик рівня SITRANS LC300, показаний на рисунку 2.3.3, призначений для достовірної і точної регістрації рівня. [8].

Рисунок 2.3.3 – Датчик рівня SITRANS LC300

Основні технічні характеристики:

– вхідний сигнал: 4 мА …20 мА;
– діапазон дії - стержень: від 0,3м до 5,5м; кабель: від 1м до 25м;
– діапазон робочих температур: від -40^{0}С до 200^{0}С;
– робочий тиск: до 35 бар атм.;

Витратомір УРСВ-510ц, показаний на рисунку 2.3.4, має такі характеристики [9]

Рисунок 2.3.4 – Витратомір УРСВ-510ц

Номінальний діаметр, DN.....від 10 до 5 000

.....(від 150 до 10 000)

Діапазон температури рідини, ^{o}C:.....від мінус 30 до 160

Температура навколишнього середовища

для вторинного перетворювача (ВП), ^{0}C:...від 0 до 50

.....(від мінус 40 до плюс 65)

Тиск в трубопроводі для врізних

перетворювачів електроакустичних (ПЕА), МПа ..... не більше 2,5

Ступінь захисту ВП / ПЕА..... Р54 / IP68

Живлення: 24В

Споживана потужність, Вт: ..... не більше 12

Середнє напрацювання на відмову, год..... 75 000

Середній термін служби, років..... 12

Гарантійний термін експлуатації, міс..... 25

Маса вторинного перетворювача, кг: ..... не більше 3

Габаритні вторинного перетворювача, мм..... 250х154х75

Клапан InterApp 314, представлений на рисунку 2.3.4[10].

Рисунок 2.3.4 – Клапан InterApp 314

діапазон робочих температур: від -40^{0}С до 200^{0}С ;

максимальний робочий тиск: 16 бар/ 20 бар в залежності від середовища;

клас протікання: по EN 12266/P12, клас А.

Клапани відповідають вимогам безпеки для обладнання, яке працює під тиском.

2.3.1. Обґрунтування вибору датчика температури

Термоперетворювач ТСМУ-205, показаний на рисунку 2.3.2, призначений для перетворення значення температури різнорідних середовищ в уніфікований вихідний сигнал 4…20 мА.

Основні характеристики термоперетворювача ТРСМУ-205:

– номінальні статичні характеристики (НСХ): 100М;

– вихідний сигнал: від 4мА до 20 мА;

– клас точності: від 0.25;

– діапазон вимірювань: від 0°С до 150°С;

– степінь захисту від пилу і вологи: IP65;

– напруга живлення: від 12В до 36 В;

По всім параметрам термоперетворювач відповідає вимогам щодо експлуатації в даному процесі.

2.3.2. Обґрунтування вибору датчика рівня

Датчик рівня SITRANS LC300, показаний на рисунку 2.3.1, призначений для достовірної і точної реєстрації рівня.

Основні технічні характеристики:

– вхідний сигнал: 4 мА …20 мА;

– діапазон дії - стержень: від 0,3м до 5,5м; кабель: від 1м до 25м;

– діапазон робочих температур: від -40^{0}С до 200^{0}С;

– робочий тиск: до 35 бар атм.;

Датчик рівня зі своїми характеристиками задовольняє дану систему автоматизації і може бути використаний на даній ділянці.

2.3.3. Обґрунтування вибору витратоміра

Витратомір УРСВ-510ц призначений для виміру витрати різних рідин(горячі, холодні, стічні води, кислоти, луги, харчові продукти и т.д.).

Даний прилад має наступні характеристики:

Номінальний діаметр, DN.....від 10 до 5 000

.....(від 150 до 10 000)

Діапазон температури рідини, ^{o}C:.....від мінус 30 до 160

Температура навколишнього середовища

для вторинного перетворювача (ВП), ^{0}C:...від 0 до 50

.....(від мінус 40 до плюс 65)

Тиск в трубопроводі для врізних

перетворювачів електроакустичних (ПЕА), МПа ..... не більше 2,5

Ступінь захисту ВП / ПЕА ..... P54 / IP68

Живлення: 24В

Споживана потужність, Вт: ..... не більше 12

Середнє напрацювання на відмову, год..... 75 000

Середній термін служби, років..... 12

Гарантійний термін експлуатації, міс..... 25

Маса вторинного перетворювача, кг: ..... не більше 3

Габаритні вторинного перетворювача, мм..... 250х154х75

Витратомір УРСВ-510ц повністю задовольняє вимоги щодо використання в даному процесі.

2.3.4. Обґрунтування вибору клапана

Клапан InterApp 314 призначений для використання в агресивних середовищах, харчовій промисловості. Клапан також підходить для використання в середовищах чутливих до зараження.

Клапан InterApp 314 має наступні характеристики:

– діапазон робочих температур: від -40^{0}C до 200^{0}C ;

– максимальний робочий тиск: 16 бар/ 20 бар в залежності від середовища;

– клас протікання: по EN 12266/P12, клас A.

Клапани відповідають вимогам щодо безпеки для середовища в якому працюють і для обладнання в цілому.

2.4. Схема компонування ПЛК

Мікропроцесорний контролер MITSUBISHI FX3U-16MR/ES представлений на рисунку 2.4.1. Конструктивне виконання: уніфікований корпус для кріплення на DIN-рейку, має 16 входів/виходів.

Рисунок 2.4.1– Мікропроцесорний контролер MITSUBISHI FX3U-16MR/ES

Аналоговий модуль розширення FX3U-4AD показаний на рисунку 2.4.2.

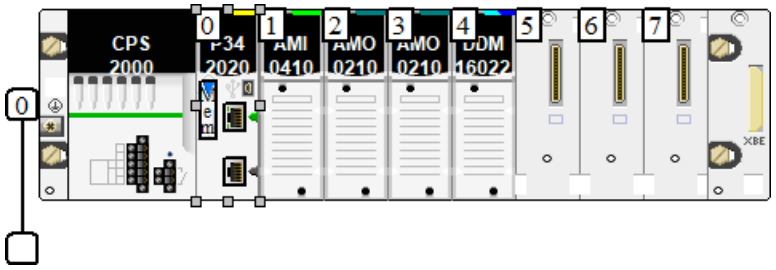
Рисунок 2.4.2 – Аналоговий модуль розширення FX3U-4AD

Перелік використаних компонентів ПЛК представлений в таблиці 2.4.1

Таблиця 2.4.1 – Компонування ПЛК ВОС

Найменування	Тип	Кількість	Примітка
Контролер MITSUBISHI	FX3U-16MR/ES	1	
Модуль аналогових вх., вих.	FX3U-4AD	1	

Схема компонування ПЛК M340 P34 2020



Найменування	Тип	Кількість	Примітка
Контролер Schneider Electric	BMX P34 2020	1	
Модуль аналогових вх.	BMX AMI 0410	1	
Модуль аналогових вих.	BMX AMO 0210	2	
Модуль дискретних вх., вих.	BMX DDM 16022	1	
Блок живлення контролера	BMX CPC 2000	1	
Шасі	BMX XBP 0800	1	

2.5.Специфікація модулів ПЛК та PDS.

Таблиця 2.5. Специфікація модулів ПЛК та PDS.

Поз.	Найменування та технічна характеристика засобу	Тип, марка, позначення документу, листа опитування	Код обладнання	Завод-виготовлювач/ виробник	Одиниця виміру	Кількість	Маса одиниці, кг	Примітка
ПРОГРАМОВАНИЙ ЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЕР ПЛК ВОС – Mitsubishi								
1	Контролер MITSUBISHI	FX3U-16MR/ES		Mitsubishi, Токіо, Японія	шт.	2		
2	Модуль аналогових вх., вих.	FX3U-4AD		Mitsubishi, Токіо, Японія	шт.	1		
ПРОГРАМОВАНИЙ ЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЕР ПЛК ППХ– M340 P34 2020								
1	Блок живлення контролера	BMX CPC 2000		Schneider Electric, Німеччина	шт.	1		
2	Процесорний модуль	BMX P34 2020		Schneider Electric, Німеччина	шт.	1		
3	Модуль дискретних вх., вих.	BMX DDM 16022		Schneider Electric, Німеччина	шт.	1		
4	Модуль аналогових вх.	BMX AMI 0410		Schneider Electric, Німеччина	шт.	1		
5	Модуль аналогових вих.	BMX AMO 0210		Schneider Electric, Німеччина	шт.	2		
ЧАСТОТНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ PDS								
1	Частотний перетворювач	Lenze 8200TMD		СВ АЛЬТЕРА , Київ, Україна	шт.	4		

Схеми електричні принципові живлення, контурів вимірювання, управління та сигналізації.

Під час розробки схеми електричної принципової контурів вимірювання, управління, сигналізації та живлення застосовувалася наступна нумерація провідників:

– нумерація провідників в яких проходить вимірювальний сигнал від датчиків до модулів починалася з 1;

– нумерація провідників в яких протікає постійний струм 24 В починалася з 900.

На даній принциповій схемі зображені мікропроцесорний контролер, додатковий аналоговий модуль, клапани, датчик тиску, датчик температури, витратомір та датчик рівня.

Подається сигнал управління (4…20 мА) з контролера CPU FX3U-16MR/ES (кл.1) на клапан впуску сусла (поз. 1а). Подача сусла проводиться через конусну парасольку під тиском. Датчик тиску МЕТРАН150 CG (поз.2а). підключений до додаткового модуля контролера FX3U-4AD (кл.14,15). Рівень в відстійнику контролюється датчиком рівня SITRANS-LC300(поз.1б), який підключений до додаткового модуля контролера FX3U-4AD (кл. 8, 9). Коли апарат заповнився до заданого рівня з контролера на клапан(поз. 1а) подається дискретний сигнал і подача сусла зупиняється.

Після того, як апарат заповнився до потрібного рівня з контролера подається дискретний сигнал на клапан (поз. 3в) і в охолоджуючу секцію апарату подається холодоагент. Клапан (поз. 3в) підключений до контролера(кл. 2). Подача холодоагенту контролюється витратоміром УРСВ510ц (поз. 3а), який підключений до додаткового модуля контролера FX3U-4AD (кл. 10,11). Температура в відстійнику контролюється термометром опору ТСМУ-205 100М (поз.4а), який підключений до додаткового модуля контролера FX3U-4AD (кл. 12,13).

Після охолодження до заданої температури сигнал з контролера йде на клапан (поз. 7а) і сусло надходить в теплообмінник. Клапан (поз. 7а) підключений до контролера(кл. 4). Одночасно з цим процесом контролер подає сигнал(кл.5) на клапан(поз. 5а) і в теплообмінник подається холодоагент.

Клапан(поз.6а) підключений до контролера(кл.3) і слугує для спуску холодоагенту з охолоджуючої секції відстійника.

Клапан(поз.8а) підключений до контролера(кл.6) і слугує для спуску білкового відстою.

Клапан(поз.9а) підключений до контролера(кл.7) і слугує для спуску промивних вод у каналізацію.

Схема представлена на рисунку 2.6 і на відповідному кресленні.

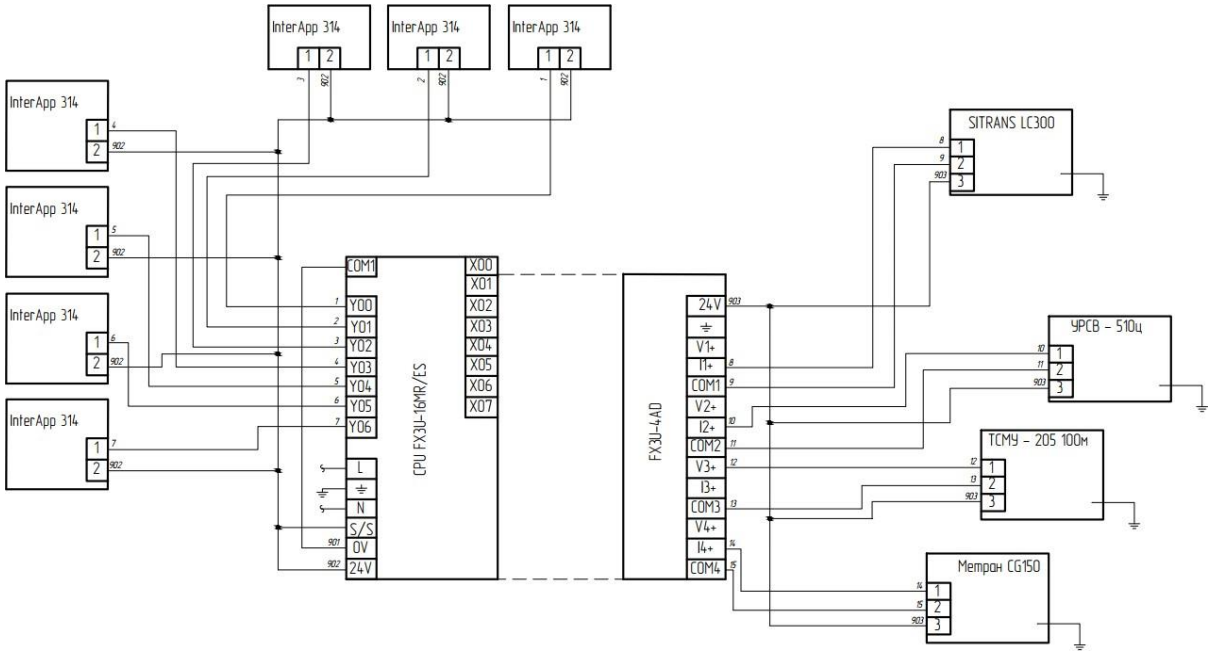


Рисунок 2.6 – Схема принципова контурів управління сигналізації та живлення

2.7. Схеми з’єднань та підключень проводок промислових мереж.

Таблиця 2.7 Специфікація елементів до схеми з’єднань.

Позначення	Найменування	К-ть	Примітка
1	2	3	
	Комунікаційні адаптери та карти		
	КК1-4 – комунікаційний адаптер RS-485 на базі частотного перетворювача.	4	
	Коробки з’єднувальні		
	КП2.1-2.2– TSX P ACC 01 коробка розгалуження з вбудованим термінатором (Schneider Electric)	2	
	КП4.0 – TSX P ACC 01 коробка розгалуження з вбудованим термінатором (Schneider Electric)	1	
	КП4.1-4.4 – TSX SCA 62 коробка розгалуження з вбудованим термінатором (Schneider Electric)	4	
	Мережні кабелі		
	КМ 1.1-1.3 – STP 5 кабель екранована подвійна вита пара для під’єднання карти Ethernet (RJ-45)	3	
	КМ 2.1-2.2 TSX PCU 1030 кабель підключення до TSX P ACC 01 (Schneider Electric)	2	
	КМ 3.1-3.2 TSX PCU 1030 кабель підключення до ПЛК і ОП	2	
	КМ 4.1 – кабель XBT-Z 968 кабель підключення до TSX P ACC 01 (Schneider Electric)	1	
	КМ 4.3,4.5,4.7,4.9 – кабель SUB-D – SUB-D для підключення частотних перетворювачів	4	
	КМ 4.2,4.4,4.6,4.8 – кабель TER для підключення коробки розгалуження TSX SCA 62	4	

3. МОНТАЖ ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ

Приклад монтажу датчика тиску МЕТРАН-150 CG показаний на рисунку 3.1

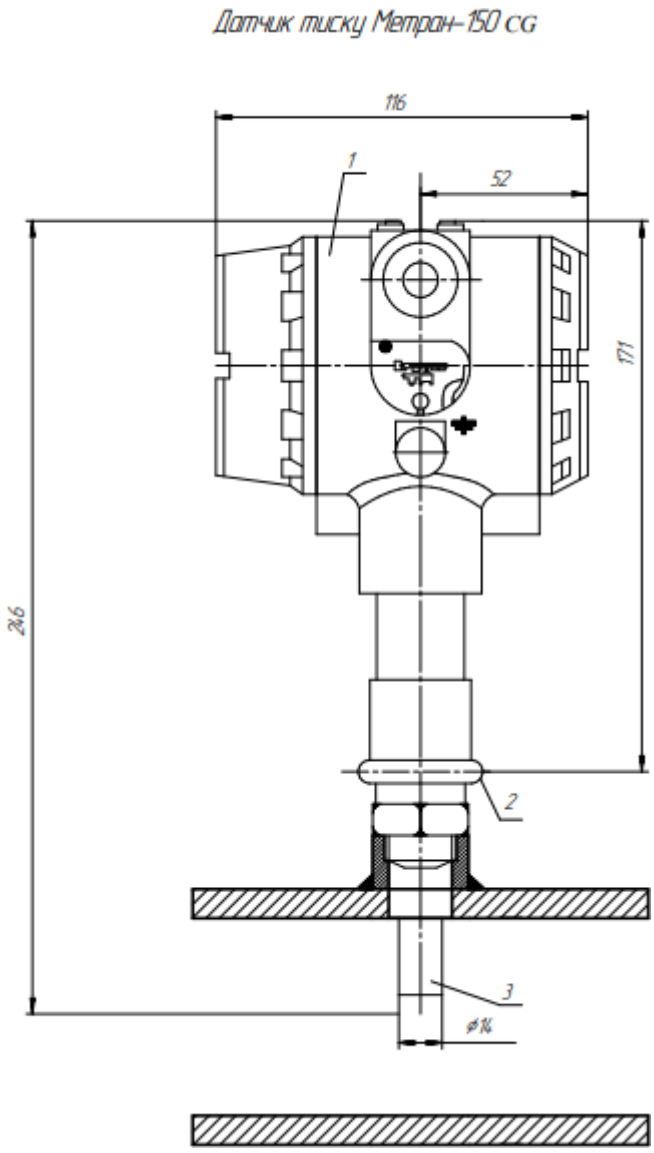


Рисунок 3.1 – Монтаж датчика тиску МЕТРАН-150 CG

Монтаж датчика тиску може бути виконаний двома шляхами:

1. Вмонтований безпосередньо в об’єкт з застосуванням ущільнюючого матеріалу та прикручений з середини установки.

2. Монтаж приладу проводиться в завчасно вварену в об’єкт бобишку, також з застосуванням ущільнюючого матеріалу.

Так як в даному випадку монтаж проводиться в трубопроводі і ми не маємо змоги прикрутити датчик зсередини, в трубопровід було вварено бобишку.

Датчик вкручується в бобишку так щоб чутливий елемент безпосередньо контактував з середовищем для точного вимірювання тиску.

Датчик тиску підключається до аналогового модуля розширення FX3U-4AD(Рисунок 3.2), а саме на клеми I4+ та COM4. Живлення датчика 24V проводиться від блока живлення, який переводить 220В в 24В.

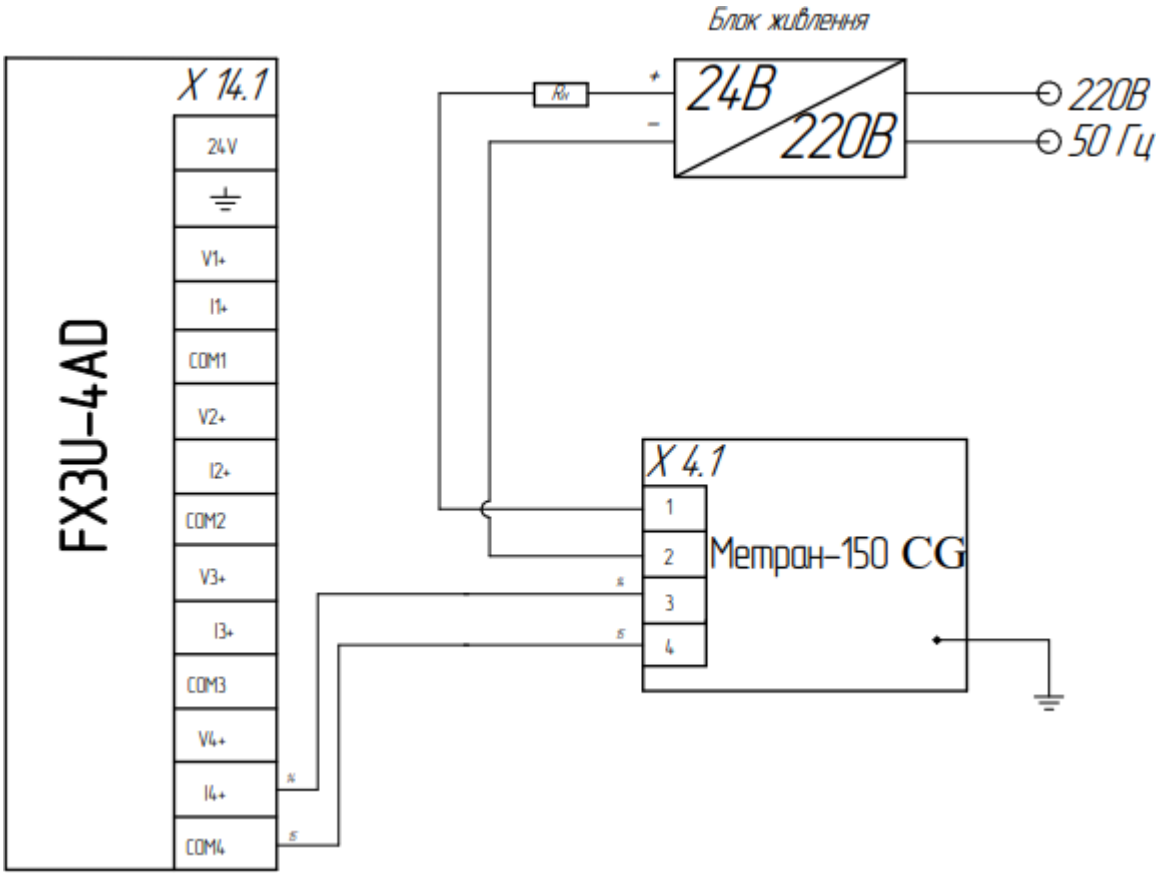


Рисунок 3.2 – Підключення датчика тиску МЕТРАН-150 CG

4. АЛГОРИТМ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ОБ'ЄКТОМ

1. Вихідний стан обладнання – всі клапани закриті. Клапани 1б,3в,5а,6а,7а,9а – дискретні.

2. Відкривається клапан 1а і сусло заповнює апарат на 70%.

3. Коли рівень досягне заданого значення клапан 1а закрити, відкрити клапан 3в для подачі холодоагенту.

4. В апарат подається 250 літрів холодоагенту. Витрата концентрату вимірюється витратоміром.

5. Після заповнення апарату холодоагентом рідина відстоюється в апараті ще протягом 120 хвилин і охолоджується до температури 55^0С.

6. Коли термін часу вичерпався і температура досягла потрібної , відкривається клапан 7а і сусло потрапляє в теплообмінник. Клапан 3а закривається, відкривається клапан 6а і холодоагент зливають з апарату.

7. Відкривається клапан 5а і в теплообмінник подають холодоагент.

8.Коли рівень в відстійнику досягне 5% закривається клапан 7а, відкривається клапан 9а і з апарату зливають білковий відстій.

Програма показана на рисунках нижче.

		Class	Label Name	Data Type		Co	Device	Address	Comment
	1	VAR_GLOBAL	Var_dint1	Double Word[Signed]	...		D10	%MD0.10	
	2	VAR_GLOBAL	Var_dint2	Double Word[Signed]	...		D20	%MD0.20	
	3	VAR_GLOBAL	PUSK1	Bit	...				кнопка старт
	4	VAR_GLOBAL	STOP1	Bit	...				кнопка стоп
	5	VAR_GLOBAL	LE_1	FLOAT (Single Precision)	...				сигналізатор рівня
	6	VAR_GLOBAL	VA1	Bit	...				дискретний клапан 1
	7	VAR_GLOBAL	VA2	Bit	...				дискретний клапан 2
	8	VAR_GLOBAL	VA3	Bit	...				дискретний клапан 3
	9	VAR_GLOBAL	VA4	Bit	...				дискретний клапан 4
	10	VAR_GLOBAL	VA5	Bit	...				дискретний клапан 5
	11	VAR_GLOBAL	VA6	Bit	...				дискретний клапан 6
	12	VAR_GLOBAL	TE	FLOAT (Single Precision)	...				датчик температури
	13	VAR_GLOBAL	FE	FLOAT (Single Precision)	...				датчик витрати
+	14	VAR_GLOBAL	SML	Bit	...				=1 включення режиму
+	15	VAR_GLOBAL	LEVEL1	FLOAT (Single Precision)	...				змінна, яка
+	16	VAR_GLOBAL	STEP1	Word[Signed]	...				змінна стану програми
	17				...				
	18				...				
	19				...				
	20				...				

Рисунок 4.1 – Глобальні змінні програми

```
CASE step1 OF
  0:
    VA1:=FALSE; VA2:=FALSE; VA3:=FALSE; VA4:=FALSE; VA5:=FALSE; VA6:=FALSE; TE:=90.0;
    STEP1:=1;
  1:
    IF PUSK1 THEN VA1:=TRUE; STEP1:=2; END_IF;
  2:
    IF LEVEL1>=70.0 THEN VA1:=FALSE; VA2:=TRUE; STEP1:=3; END_IF;

  3:
    IF FE>=250.0 THEN  STEP1:=4; END_IF;

  4:
    TON_1(IN:= SML, PT:=T#10s);

     IF TON_1.Q AND TE<=55.0 THEN  VA5:=TRUE; VA2:=FALSE; VA4:=TRUE; STEP1:=5; END_IF;

  5:
    TON_1(IN:=FALSE);
    VA3:=TRUE;
    IF LEVEL1<=5.0 THEN VA5:=FALSE; VA6:=TRUE;  STEP1:=6; END_IF;
  6:
    IF LEVEL1=0.0 THEN  STEP1:=0; END_IF;
    ELSE STEP1:=0;
END_CASE;
```

Рисунок 4.2 – Текст програми

На рисунку 4.3. показана симуляція процесу для демонстрації роботи програми.

```
IF SML THEN

IF VA1 THEN LEVEL1:=LEVEL1+1.0; END_IF;

IF VA5 THEN LEVEL1:=LEVEL1-1.0; TE:=TE-2.0; END_IF;

IF VA6 THEN LEVEL1:=LEVEL1-0.2; END_IF;

IF LEVEL1>70.0 THEN LEVEL1:=70.0; ELSIF LEVEL1<0.0 THEN LEVEL1:=0.0;END_IF;

IF VA2 THEN FE:=FE+10.0; END_IF;

IF VA4 THEN FE:=FE-10.0; END_IF;

IF FE>250.0 THEN FE:=250.0; ELSIF FE<0.0 THEN FE:=0.0;END_IF;

IF VA2 THEN TE:=TE-0.3; END_IF;

IF TE<55.0 THEN TE:=55.0; END_IF;

END_IF;
```

Рисунок 4.3. – Симуляція процесу

4.1. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

СКАДА — програмний пакет, призначений для розробки або забезпечення роботи в реальному часі систем об’єкта управління.

Мнемосхема являє собою зображення різних об’єктів,що належать до певної установки властивості яких, в залежності від стану змінних програми керування змінюються.

Дана мнемосхема виконана в середовищі Vijeo Citect. Це середовище було обране тому що під нього легко адаптувати програму даного проекту. У програмі Vijeo Citect можна створювати СКАДА системи різних ступенів складності. В програмі широкий вибір елементів яким можна задати певні параметри які легко налаштовуються і, за потреби, змінюються.

Мнемосхема оператора показана на рисунку 4.1.1.

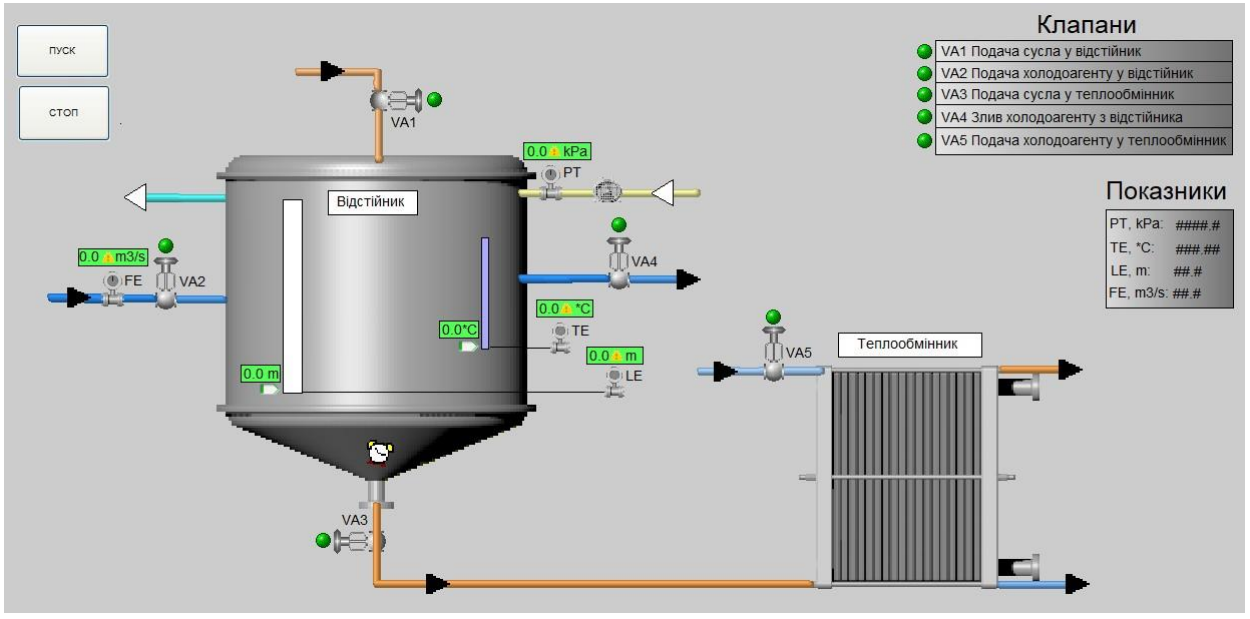


Рисунок 4.1.1. – мнемосхема оператора

На даній схемі зображено відстійний апарат, теплоомінник та прилади для контролювання та регулювання процесу.

Окремо в табличці праворуч показано стан клапанів. Якщо світиться індикатор зеленого кольору, то клапан відкритий, а якщо прозорий кружечок, то клапан закритий. Табличка наведена на рисунку 4.1.2.

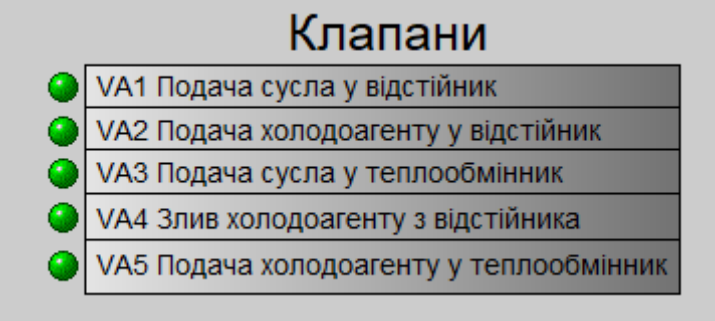


Рисунок 4.1.2. – Таблиця стану клапанів

Для слідкування за аналоговими показниками, які впливають на процес, всі значення були виведені в окремому вікні. Вікно аналогових показників показано на рисунку 4.1.3.

Рисунок 4.1.3. – Вікно аналогових показників

Мнемосхема виконана у відповідності до стандартів, в тонах, кольорова гамма яких не привертає лишньої надмірної уваги. Кольори, які привертають увагу, такі як червоний, використовуються лише при виникненні неполадок, відхилень чи тривог. На схемі відсутні лишні елементи, в ній легко орієнтуватися, всі показники легко помітні та читаємі.

Використовуючи дану мнемосхему легко стежити за показниками процесу і в разі відхилення можна швидко зорієнтуватися в чому причина і своєчасно усунути її.

4.2. Комп’ютерне моделювання системи автоматичного регулювання

Метою даного розділу є дослідження стійкості САР.

В якості об’єкта керування взято контур регулювання рівня в відстійному апараті.

Обираємо наступну математичну модель: $W_М(s)$ $W_{ОК}(s)$ $W_П(s)$.

Схема контуру системи, побудовано в середовищі MatLab і показано на рисунку 4.2.1.

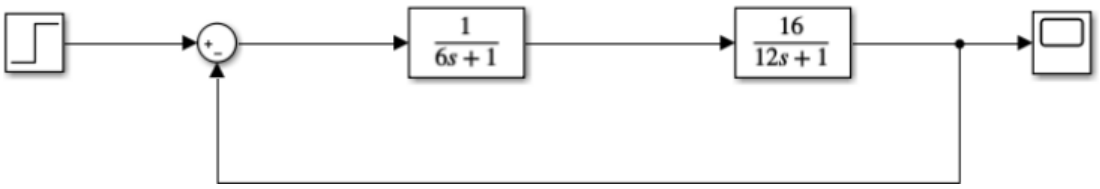


Рисунок 4.2.1. – Схема контуру системи

Знайдемо перехідну характеристику об’єкта керування. Перехідна характеристика - це реакція ланки системи на одиничний стрибок. Вона знаходиться за формулою:

$$h(t) = L^{-}\{\frac{W(s)}{s}\}$$

L – оператор перетворення Лапласса.

Результат моделювання показаний на рисунку 4.2.2.

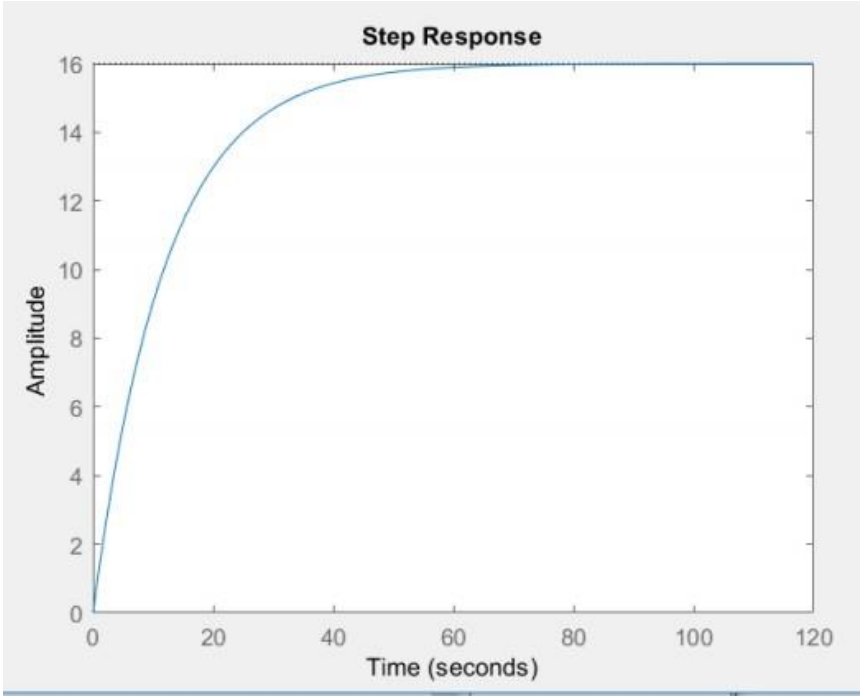


Рисунок 4.2.2. – перехідна характеристика об’єкта керування

Логарифмічна частотна характеристика зображується у вигляді логарифмічної амплітудо-фазо-частотної характеристики (ЛАФЧХ). ЛАФЧХ будується на логарифмічній сітці по передавальній функції системи. Результат показаний на рисунку 4.2.3.

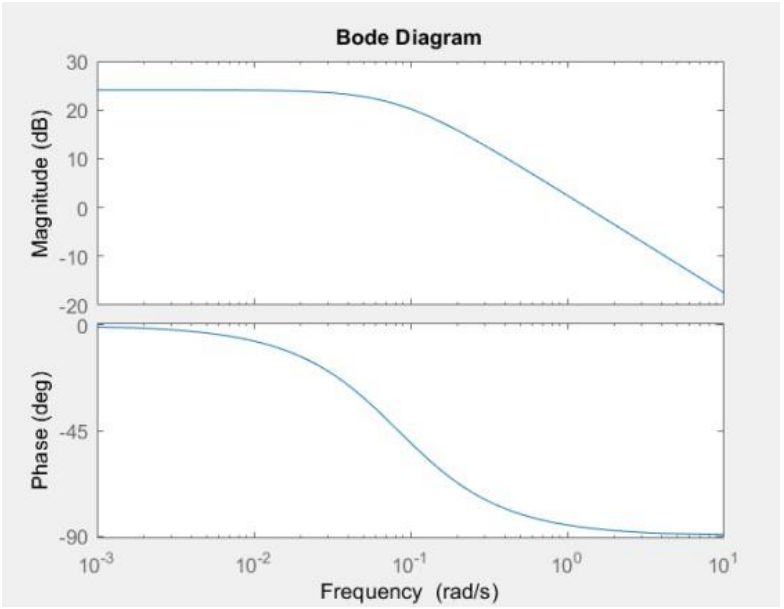


Рисунок 4.2.3. – ЛАФЧХ

Для проведення аналізу стійкості, необхідно використати два методи перевірки. Знайдемо передавальну функцію розімкненої системи. Вона матиме вигляд:

$$Wp(s) = Wвв\,(s) * Woo(s) = \frac{1}{6s+1} * \frac{16}{12s+1} = \frac{16}{72s^2+18s+1}.$$

Передавальна функція замкненої системи:

$$W_з(s) = \frac{W_p(s)}{1+W_p(s)} = \frac{16}{72s^2+18s+17}.$$

За методом Гурвіца: Оскільки характеристичний поліном – поліном другого порядку, тоді умова стійкості – коефіцієнти повинні бути більші нуля. Розглянемо:

$$a_2 = 17 > 0, a_1 = 18 > 0, a_0 = 72 > 0$$

Оскільки коефіцієнти характеристичного поліному більші нуля, система є стійкою.

Для поліпшення отриманих результатів необхідно покращити систему регулювання. Для цього, до нашої системи необхідно під'єднати цифровий регулятор. Для синтезу систем такого типу найкраще підходить пропорційно – інтегрально – диференційний регулятор, далі (ПІД – регулятор). Передавальна функція ПІД – регулятора, формула 7.3:

$$W_{ПІД}(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_д * s$$

Кр – коефіцієнт пропорційності, Кі – коефіцієнт інтергувальної частини, Кд – коефіцієнт диференціальної частини.

Для побудови такої системи необхідно знайти передавальні функції замкненої та розімкненої систем. Маємо:

$$W_з(s) = \frac{W_{роз}(s)}{W_{роз}(s)+1} = \frac{16K_d s^2 + 16K_p s + 16K_i}{72s^3 + (16K_d + 18)s^2 + (16K_p + 1) + 16K_i}$$

$$W_{роз}(s) = W_{ПІД}(s) * W_{оу}(s) = (K_p + \frac{K_i}{s} + K_d * s) * \frac{16}{72s^2 + 18s + 1} = \frac{16K_d s^2 + 16K_p s + 16K_i}{72s^3 + 18s^2 + 1}$$

Запишемо характеристичний поліном замкненої системи. Маємо:

$$D(s) = 72s^3 + (16K_d + 18)s^2 + (16K_p + 1) + 16K_i, \text{ звідси}$$

$$D(s) = s^3 + (\frac{2K_d}{9} + \frac{1}{4})s^2 + (\frac{2K_p}{9} + 72)s + \frac{2K_i}{9}.$$

Для точної перевірки отриманих результатів необхідно побудувати систему з ПІД-регулятором, та порівняти отримані показники. Побудована система показана на рисунку 4.2.4. і має вигляд:

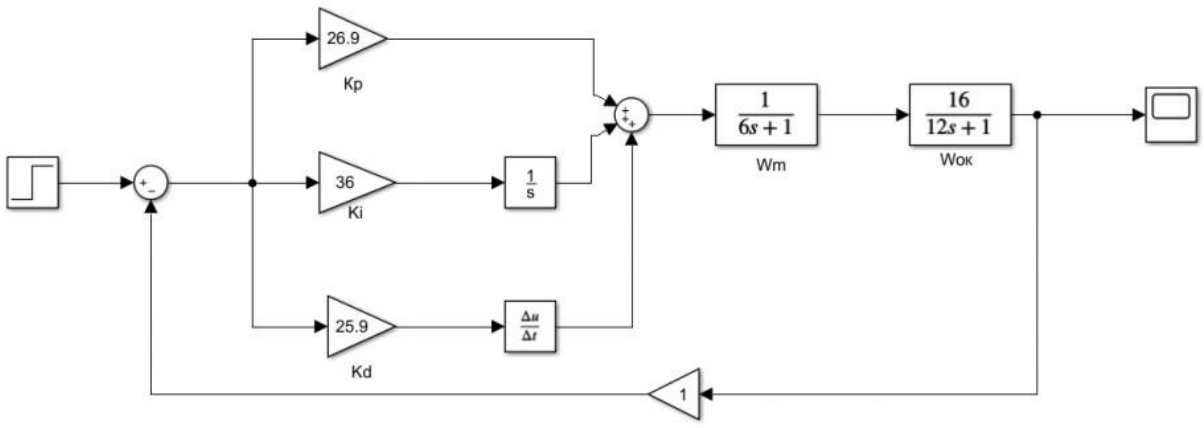


Рисунок 4.2.4. – Система з ПІД – регулятором

Подивившись на результати(Рисунок 4.2.5.) можна побачити, що наша система значно покращилась.

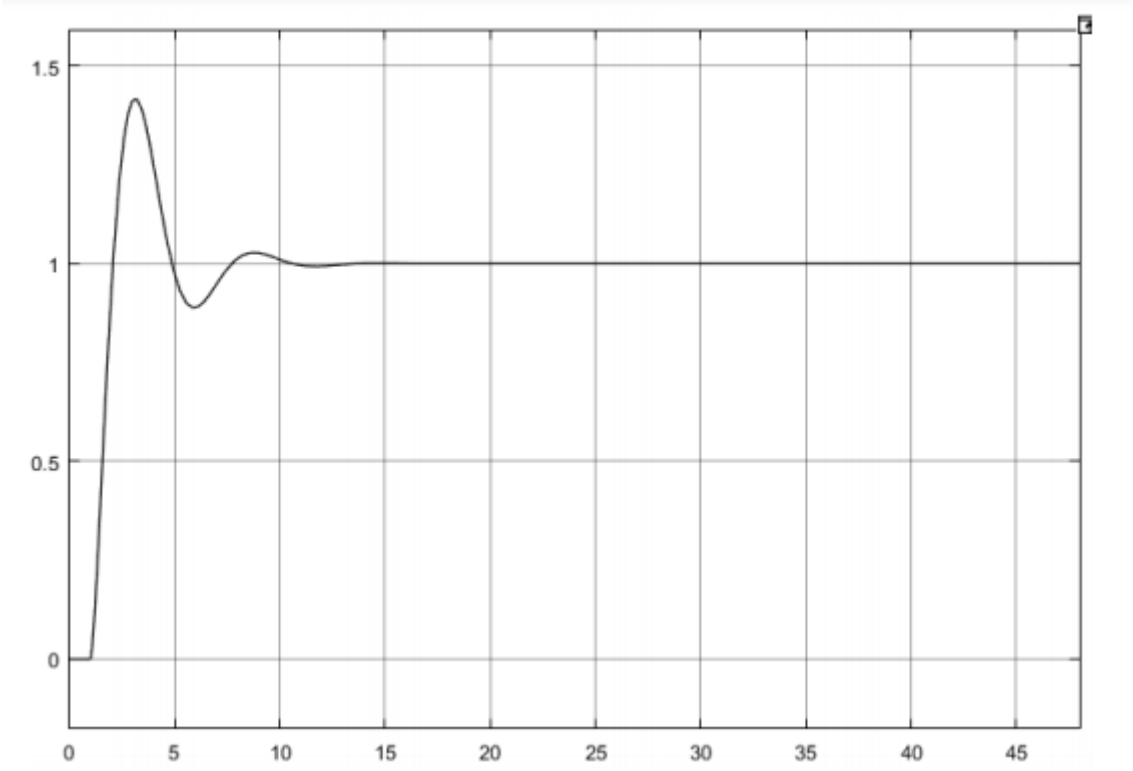


Рисунок 4.2.5. – Результат моделювання системи з ПІД-регулятором

Синтез ПІД-регулятора покращує не лише якість роботи, але й швидкість, що є важливою характеристикою в нашій системі. Це забезпечить рівну подачу води в систему в потрібний момент часу, що напряму впливає на якість пивного продукту на виході.

Висновок

Дану кваліфікаційну роботу виконано з застосуванням мікропроцесорного контролера Mitsubishi серії FX та з використанням новітніх технічних засобів. Система автоматизації спроєктована на базі сучасних засобів вимірювань та мікропроцесорної техніки і відповідає вимогам завдання на проектування.

Впровадження проєкту автоматизації на виробництві дасть змогу покращення протікання процесу охолодження пивного сусла. Застосування ЕОМ дає можливість контролю, керування, обміну даними, обробки, накопичення і зберігання інформації, формування сигналізації, побудови графіків та звітів. Крім того система надає можливість збереження отриманих результатів в вигляді файлу, скоротяться витрати робочого часу пов’язані з пошуком, ручною обробкою інформації.

Список використаної літератури.

1. ОХОЛОДЖЕННЯ І ОСВІТЛЕННЯ СУСЛА. **URL:** https://ukrdoc.com.ua/text/8531/index-1.html?page=4/.

2. Охолодження сусла **URL:** http://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv_18/page9.html.

3. Процессы осветления и охлаждения пивного сусла **URL:** https://cyberleninka.ru/article/n/protsessy-osvetleniya-i-ohlazhdeniya-pivnogo-susla/viewer.

4. Программируемые контроллеры Руководство по эксплуатации **URL:** http://cde.nuft.edu.ua/pluginfile.php?file=%2F98239%2Fmod_resource%2Fcontent%2F4%2FFX3U-opisanie%20apparatnoy%20chasti.pdf.

5. Программируемые контроллеры Руководство по эксплуатации аналоговие модуля **URL:** http://www.esspb.ru/Documents/FX3U_analog_modules.pdf.

6. Метран 150 датчик давления TG CD CG CGR TGR CDR L TA TAR **URL:** http://teplomehanika.ru/metran150.htm.

7. ТСМУ-205 термопреобразователь с унифицированнымвыходным сигналом **URL:** https://www.teplocontrol-sm.ru/TSPY-205--TSMY-205--THAY-205.html.

8. Руководство по измерению уровня **URL:** https://www.siemens-pro.ru/docs/kip/Level/Broshures/Level_Guide_EN_2013_rus_v2.pdf.

9. ВЗЛЕТ МР (УРСВ-510ц, -520ц, -530ц, -540ц, -522ц, -542ц, -544ц) - ультразвуковыерасходомерыПодробнее: **URL:** https://sv-engin.com.ua/p10916498-vzlet-ursv- 510ts.html.

10. FESTO InterApp_брошюра **URL:** https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/430007/InterApp_брошюра_2015.pdf.

11. Проектування комп’ютерно-інтегрованих систем: Метод. вказівки до викон. курс. проекту для студ. спец. 7.05020202 «Комп’ютерно-інтегровані технологічні

процеси та виробництва» ден. та заоч. форм навч./ Уклад.: О.М.Пупена К.: НУХТ, 2011. 45 с.

12. Нестеров А. Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 / Нестеров А. Л.: – СПб. Издательство: ДЕАН. 2006.

13. Нестеров А. Л. Проектирование АСУТП. Книга 2. / Нестеров А. Л.: - СПб. Издательство: ДЕАН. 2009.