

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Навчально-науковий
інститут електроенергетики
Факультет інформаційних технологій
Кафедра інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра

студента Кириченка Владислава Євгеновича
(ПІБ)

академічної групи 123-20-2
(шифр)

спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою 123 Комп'ютерна інженерія
(офіційна назва)

на тему “Кіберфізична система ділянки дріжджових реакторів на лінії з виготовлення спирту класу “Люкс”
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	доц. Ткаченко С.М.			
спеціальної частини	доц. Ткаченко С.М.			
Розділів:				
розробка апаратної частини	доц. Ткаченко С.М.			
розробка корпоративної мережі	Ас. Бешта Л.В			
Рецензент				
Нормоконтролер	проф.Цвіркун Л.І.			

Дніпро
2024

ЗАТВЕРДЖЕНО:завідувач кафедри
інформаційних технологій
та комп'ютерної інженерії

(повна назва)

Гнатушенко В.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)"25" січня 2024 року**ЗАВДАННЯ**
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалаврстудента Кириченка В.Є.
(прізвище та ініціали)академічної групи 123-20-2
(шифр)спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»за освітньо-професійною програмою 123 «Комп'ютерна інженерія»
(офіційна назва)на тему “Кіберфізична система ділянки дріжджових реакторів на лінії з виготовлення спирту
класу “Люкс” ””

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 23.05.2024 № 469-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	На основі матеріалів виробничих практик, інших науково-технічних джерел конкретизується предмет та мету роботи та виконується постановка завдання	10.05.2024
Розробка апаратної частини	На основі аналізу підприємства формулюються технічні вимоги до комп'ютерної системи та розробляється апаратна частина системи	17.05.2024
Розробка корпоративної мережі	Виконується розрахунок налаштувань корпоративної мережі та перевірка роботи системи, розробляються методи та налаштування обладнання для захисту інформації в системі	24.05.2024
Розробка компонента системи	Виконується детальна розробка компонента системи	31.05.2024

Завдання видано _____
(підпис керівника)Доцент Ткаченко С.М.
(прізвище, ініціали)Дата видачі 25.01.2024Дата подання до екзаменаційної комісії .06.2024Прийнято до виконання _____ Кириченко В.Є

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 86с., 38рис., 8табл., 17 джерел, 3 додатки.

БЕЗПЕКА, ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ, МОНІТОРИНГ, АВТОМАТИЗАЦІЯ,
CISCO, АНАЛІЗ ДАНИХ, КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА, ДРІЖЖЕВИЙ РЕАКТОР

Об'єкт – Кіберфізична система ділянки дріжджових реакторів на лінії з виготовлення спирту класу “Люкс” .

Мета роботи – Вивчення та планування вдосконалення кіберфізичної системи на ділянці дріжджових реакторів з метою підвищення продуктивності, ефективності та безпеки виробничих процесів.

У даному роботі розглянута кіберфізична система ділянки дріжджових реакторів на лінії з виготовлення спирту класу "Люкс". Дослідження спрямоване на аналіз і вдосконалення інтеграції кіберфізичної системи та технологій для забезпечення ефективного виробництва високоякісного спирту і вирощування дріжджів з урахуванням вимог безпеки та автоматизації.

Кіберфізична система забезпечуватиме наступні функції:

Постійний контроль стану обладнання для виявлення потенційних несправностей та збоїв

Введення та оновлення технологічних параметрів у реальному часі.

Захист даних від несанкціонованого доступу та забезпечення стабільної роботи для безперервного виробничого процесу.

Аналіз великих обсягів даних для виявлення прихованих закономірностей та прогнозування результатів

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

1. КФС - кіберфізична система
2. КФС ДР - Кіберфізичної системи ділянки дріжджових реакторів на лінії з виготовлення спирту класу “Люкс”
3. HMI - Human-Machine Interface (Людино-машинний інтерфейс)
4. VLSM - Variable Length Subnet Masking (Маскування підмереж змінної довжини)
5. WAN - Wide Area Network (Глобальна мережа)
6. IP - Internet Protocol (Інтернет протокол)
7. LAN - Local Area Network (Локальна мережа)
8. HV - Hydraulic Valve (Гідравлічний клапан)
9. HP - High Pressure (Високий тиск)
10. PLC - Programmable Logic Controller (Програмований логічний контролер)
11. VFD - Variable Frequency Drive (Перетворювач частоти)
12. LED - Light Emitting Diode (Світлодіод)
13. RAM - Random Access Memory (Оперативна пам'ять)
14. ROM - Read-Only Memory (Постійна пам'ять)

Символи та одиниці

1. мА - міліампер
2. % - відсоток
3. сек. - секунда
4. мг/л - міліграм на літр
5. °С - градус Цельсія

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 СТАН І ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ.....	8
1.1 Опис технологічного процесу виготовлення спирту класу "Люкс"	8
1.2 Роль ділянки дріжджових реакторів у процесі виробництва.....	9
1.3 Огляд сучасних кіберфізичних систем у харчовій промисловості.....	10
1.3.1 Інноваційні підходи та перспективи розвитку кіберфізичних систем у харчовій промисловості.....	11
1.4 Фізична структура дріжджоростильних апаратів та системи обслуговування ..	12
1.5 Принципи, технічні способи та математичні методи інформаційного забезпечення для цього підприємства	16
1.6 Огляд існуючих інженерних рішень кіберфізичних систем в галузі та визначення можливих напрямків вирішення поставлених завдань	17
1.7 Характеристика і структура об'єкта впровадження.	18
1.8 Постановка завдання.....	21
1.9 Вибір і обґрунтування шляхів вирішення проблеми. Схема функціональної структури.....	21
2 РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ПІДПРИЄМСТВА	23
2.1 Технічні вимоги до Кіберфізичної системи ділянки дріжджових реакторів на лінії з виготовлення спирту класу "Люкс"	23
2.1.1 Вимоги до системи в цілому.....	23
2.1.2 Вимоги до функцій, які виконує кіберфізична система ділянки дріжджових реакторів на лінії з виготовлення спирту класу "Люкс"	28
2.1.3 Вимоги до видів забезпечення кіберфізичної системи ділянки дріжджових реакторів на лінії з виготовлення спирту класу "Люкс"	30
2.1.4 Вимоги до суміжних систем	30
2.2 Розробка апаратної частини комп'ютерної системи	31
2.3 Вибір і обґрунтування структурної схеми комплексу технічних засобів комп'ютерної системи шляхом узгодження структури з топологічними особливостями об'єкту розробки.	33
3. РОЗРОБКА КОРПОРАТИВНОЇ МЕРЕЖІ	39

3.1 Розрахунок схеми адресації корпоративної мережі	39
3.2 Розробка логічної схеми корпоративної мережі.....	44
3.3 Налаштування моделі комп'ютерної системи.....	48
3.3.1 Базове налаштування конфігурації пристроїв	48
3.3.2 Налаштування маршрутизаторів	51
3.3.3 Налаштування роботи Інтернет	58
3.3.4 Налаштування мереж VLAN	60
4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО МОДУЛЯ СИСТЕМИ	65
4.1 Призначення та область застосування програмного забезпечення	65
4.2.1 Постановка задачі на розробку програми.....	65
4.2.2 Опис і обґрунтування вибору методу організації вхідних і вихідних даних	65
4.3 Розробка математичних моделей управління процесом.....	66
4.4 Опис та обґрунтування вибору та складу технічних та програмних засобів.....	72
4.5 Опис розробленої програми	72
4.5.1 Загальні відомості	72
4.5.2 Функціональне призначення.....	72
4.5.3 Опис логічної структури програми	73
4.6 Використовувані технічні засоби	73
ВИСНОВОК.....	74
ДЖЕРЕЛА	76

ВСТУП

Кіберфізичні системи (КФС) є сучасним напрямом розвитку інформаційних технологій, що активно інтегрується в різні галузі промисловості, включаючи харчову. Вони забезпечують інтеграцію фізичних процесів з цифровими системами управління, що дозволяє підвищити ефективність, безпеку та якість виробництва. У даній роботі розглядається застосування КФС на прикладі ділянки дріжджових реакторів у процесі вирощування дріжджів.

Актуальність теми обумовлена зростаючими вимогами до якості продуктів, зокрема дріжджів, які використовуються у харчовій, медичній та інших галузях. Високоякісні дріжджі є важливим компонентом багатьох продуктів, тому їх виробництво повинно відповідати найвищим стандартам. Застосування КФС дозволяє автоматизувати та оптимізувати процеси вирощування дріжджів, підвищуючи ефективність та стабільність виробництва. Це особливо важливо в умовах високої конкуренції на ринку та зростаючої вартості сировини та енергоресурсів.

КФС дозволяють здійснювати безперервний моніторинг технологічних процесів, забезпечуючи високу точність та оперативність отримання даних. Це дозволяє вчасно виявляти відхилення від норм, оперативно реагувати на них та запобігати можливим негативним наслідкам. Використання сенсорів, контролерів та програмного забезпечення забезпечує комплексний підхід до управління процесами, що значно підвищує їх ефективність.

В умовах сучасної промисловості важливою є не тільки якість кінцевого продукту, але й економічна ефективність виробництва. КФС сприяють зниженню витрат на виробництво за рахунок оптимізації використання ресурсів, зниження втрат та підвищення продуктивності. Це забезпечує значну економію коштів та підвищує конкурентоспроможність підприємства на ринку.

Застосування КФС у вирощуванні дріжджів дозволяє досягти стабільно високої якості продукту, що є важливим фактором для споживачів. Високоякісні дріжджі використовуються не тільки у продуктивній промисловості, але й у медичній галузі, де вимоги до якості продукту є особливо високими. Таким чином, впровадження КФС у процес вирощування дріжджів сприяє підвищенню їх якості, що, в свою чергу, підвищує довіру споживачів та розширює ринки збуту.

1 СТАН І ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Опис технологічного процесу виготовлення спирту класу "Люкс"

Виготовлення спирту класу "Люкс" є складним багатостадійним технологічним процесом, який включає кілька ключових етапів, кожен з яких має важливе значення для отримання високоякісного продукту. Цей процес починається з підготовки сировини і завершується очищенням та розливом готового спирту.

На початковому етапі виготовлення спирту класу "Люкс" важливо правильно підготувати сировину. Зазвичай використовується зерно, таке як пшениця, жито або кукурудза. Сировину очищують від сторонніх домішок і шкідників, після чого подрібнюють до однорідного стану. Подрібнення здійснюється за допомогою спеціальних млинів, які забезпечують максимальну площу поверхні для подальших процесів гідролізу.

Наступний етап – затирання, під час якого подрібнене зерно змішується з водою і нагрівається. Це дозволяє розщепити крохмаль, який міститься у зерні, на прості цукри. В результаті отримується затор – суміш води і розчинених цукрів, яка є основою для подальшого бродіння. Процес затирання відбувається при контрольованих температурах і триває кілька годин.

Ферментація є одним з найважливіших етапів у виробництві спирту. Підготовлений затор перекачується у дріжджові реактори, де до нього додають спеціальні культурні дріжджі. Ці мікроорганізми перетворюють цукри на етиловий спирт і вуглекислий газ. Ферментація триває від кількох днів до тижня, залежно від використовуваної технології і характеристик сировини. Протягом цього процесу важливо ретельно контролювати температуру і рівень рН, щоб забезпечити оптимальні умови для діяльності дріжджів.

Після завершення ферментації отриманий продукт, який називається брага, підлягає дистиляції. Дистиляція дозволяє відокремити спирт від інших компонентів браги шляхом випаровування і конденсації. Спочатку проводиться первинна дистиляція, під час якої брага нагрівається до температури, за якої випаровується етиловий спирт. Пари спирту збираються і конденсуються у спеціальних охолоджувачах, отримуючи сиру спиртову фракцію. Для отримання високоякісного продукту цей процес повторюється кілька разів у ректифікаційних колонах.

Ректифікація є ключовим етапом, що дозволяє досягти необхідної чистоти спирту класу "Люкс". Під час ректифікації спиртовий розчин проходить через кілька секцій колон, де відбувається послідовне випаровування і конденсація. Цей процес дозволяє відокремити небажані домішки, такі як метанол, ацетон та інші леткі

компоненти, які негативно впливають на якість продукту. У результаті отримується високоякісний спирт із концентрацією етилового спирту до 96,6%.

Фінальним етапом виробництва є очищення і стабілізація готового спирту. Спирт піддається додатковій обробці для видалення залишкових домішок і досягнення необхідних органолептичних характеристик. Зазвичай використовуються методи активованого вугілля, іонообмінних смол або ультрафільтрації. Після цього спирт розводиться до необхідної концентрації і розливається у спеціальні контейнери для подальшого зберігання і транспортування.

1.2 Роль ділянки дріжджових реакторів у процесі виробництва

Ділянка дріжджових реакторів відіграє ключову роль у виробництві спирту класу "Люкс". Цей етап є критичним, оскільки саме тут відбувається процес ферментації, під час якого цукри перетворюються на етиловий спирт під дією дріжджових клітин. Від ефективності цього процесу залежить не лише кількість, але й якість кінцевого продукту.

Процес ферментації, що здійснюється на ділянці дріжджових реакторів, є біохімічним і включає кілька важливих стадій. Спочатку сировина, яка містить цукри, потрапляє в реактор, де відбувається активація дріжджів. Ці мікроорганізми починають інтенсивно розмножуватися, споживаючи цукри та виділяючи спирт і вуглекислий газ. Оптимальні умови для цього процесу забезпечуються шляхом точного контролю температури, рН, аерації та інших параметрів середовища.[1]

Контроль параметрів є вирішальним фактором для досягнення високої продуктивності та стабільності процесу. Наприклад, температура повинна підтримуватися на рівні, оптимальному для діяльності дріжджів. Перегрів або переохолодження можуть призвести до зниження активності мікроорганізмів або навіть їх загибелі, що негативно вплине на вихід спирту. Аналогічно, рівень рН впливає на активність ферментів, що беруть участь у метаболічних процесах дріжджів.

Важливою частиною ділянки дріжджових реакторів є система аерації. Забезпечення оптимального рівня кисню в реакційній суміші сприяє ефективному розмноженню дріжджів на початкових стадіях ферментації. Крім того, видалення вуглекислого газу, що утворюється, є необхідним для підтримання стабільності процесу. Тому аерація та дегазація є критичними операціями, які повинні бути точно налаштовані та контролюватися [2]. Ділянка дріжджових реакторів також включає системи збору та обробки даних. Використання сучасних технологій дозволяє в режимі реального часу моніторити параметри процесу та вносити корективи для

забезпечення оптимальних умов. Це значно підвищує ефективність виробництва та дозволяє зменшити витрати на сировину і енергоресурси.

Однією з головних переваг кіберфізичних систем на ділянці дріжджових реакторів є можливість впровадження алгоритмів предиктивного обслуговування. Вони дозволяють передбачати можливі збої в роботі обладнання та запобігати їм шляхом своєчасного технічного обслуговування. Це забезпечує безперервність виробничого процесу та знижує ризики простоїв.

У підсумку, ділянка дріжджових реакторів є центральною ланкою у виробництві спирту. Від її ефективної роботи залежить не лише кількість, але й якість кінцевого продукту. Сучасні кіберфізичні системи дозволяють досягти високих стандартів якості, стабільності та ефективності, що є ключовими факторами для успіху в цій галузі. Автоматизація, точний контроль параметрів та предиктивне обслуговування забезпечують конкурентоспроможність та сталий розвиток підприємства.

1.3 Огляд сучасних кіберфізичних систем у харчовій промисловості

Сучасні кіберфізичні системи дедалі частіше впроваджуються в харчову промисловість, адже вони забезпечують значне підвищення ефективності, якості та безпеки виробничих процесів. Вони об'єднують фізичні компоненти з цифровими технологіями, створюючи інтегровані рішення для автоматизації та оптимізації виробництва. Розглянемо найпоширеніші приклади застосування КФС у харчовій промисловості.

Однією з найбільш значущих сфер використання КФС є автоматизація виробничих ліній. Наприклад, у виробництві молочних продуктів сучасні системи контролюють всі етапи від збору молока до пакування готової продукції. Датчики відстежують параметри, такі як температура, вологість і склад молока, забезпечуючи постійний контроль якості. Автоматичні системи також можуть виявляти будь-які відхилення від заданих норм і негайно повідомляти про них операторів або навіть самостійно вносити корективи.

Іншим важливим застосуванням КФС є управління та моніторинг ферментаційних процесів. Наприклад, у виноробстві та пивоварінні КФС дозволяють точно контролювати температуру, рівень кисню та інші параметри, критичні для процесу бродіння. Використання таких систем забезпечує стабільну якість продукту та знижує ризик втрат через неправильно керовані процеси. Завдяки цьому виробники можуть гарантувати високу якість своїх продуктів.

Кіберфізичні системи також активно використовуються для відстеження та управління ланцюгами постачання. Вони дозволяють підприємствам відслідковувати рух продукції від постачальника до кінцевого споживача. Це включає контроль умов зберігання та транспортування, що особливо важливо для продуктів, які швидко псуються. Наприклад, у м'ясопереробній промисловості КФС допомагають підтримувати необхідні умови зберігання, забезпечуючи безпеку та свіжість продуктів.

Значну роль у харчовій промисловості відіграють також системи предиктивного обслуговування. Вони використовують великі обсяги даних, зібраних з різних сенсорів, для прогнозування можливих збоїв у роботі обладнання. Це дозволяє запобігати аваріям і забезпечувати безперервність виробничого процесу. Наприклад, на хлібопекарнях такі системи можуть передбачати зношування механічних компонентів пекарського обладнання та своєчасно планувати їхнє обслуговування. Крім того, сучасні КФС забезпечують інтеграцію з системами управління підприємствами (ERP) і системами управління виробничими процесами (MES). Це дозволяє підприємствам отримувати повну картину виробничих процесів у реальному часі та приймати обґрунтовані рішення. Інтеграція таких систем забезпечує оптимізацію виробничих і логістичних процесів, знижуючи витрати та підвищуючи ефективність.

1.3.1 Інноваційні підходи та перспективи розвитку кіберфізичних систем у харчовій промисловості

Сучасні інноваційні підходи до впровадження кіберфізичних систем у харчовій промисловості відкривають нові перспективи для подальшого розвитку галузі. Одним із найбільш перспективних напрямків є використання технологій штучного інтелекту (AI) та машинного навчання (ML) для оптимізації виробничих процесів. Ці технології дозволяють аналізувати великі обсяги даних у режимі реального часу, виявляти приховані закономірності та прогнозувати результати.[3]

Наприклад, AI може бути використаний для автоматичного налаштування параметрів виробничого процесу залежно від умов середовища, що змінюються. Це забезпечує максимальну ефективність та мінімізацію втрат. Крім того, алгоритми машинного навчання можуть бути застосовані для розробки нових рецептур і технологій, що дозволяють створювати продукти з унікальними властивостями.

Іншою важливою інновацією є впровадження блокчейн-технологій для забезпечення прозорості та відстежуваності ланцюгів постачання. Використання блокчейну дозволяє зберігати інформацію про кожен етап виробництва та постачання продукції, що забезпечує високу ступінь довіри з боку споживачів. Це

особливо актуально для органічних і еко-продуктів, де важливо підтвердити відповідність всім стандартам якості та екологічності.

Також варто зазначити розвиток технологій Інтернету речей (IoT), які забезпечують з'єднання великої кількості сенсорів та пристроїв в єдину мережу. Це дозволяє отримувати дані в реальному часі, аналізувати їх і приймати оперативні рішення. Наприклад, у фермерських господарствах IoT-технології можуть використовуватися для моніторингу стану ґрунту, рослин і тварин, що дозволяє підвищити врожайність та продуктивність.

1.4 Фізична структура дріжджоростильних апаратів та системи обслуговування

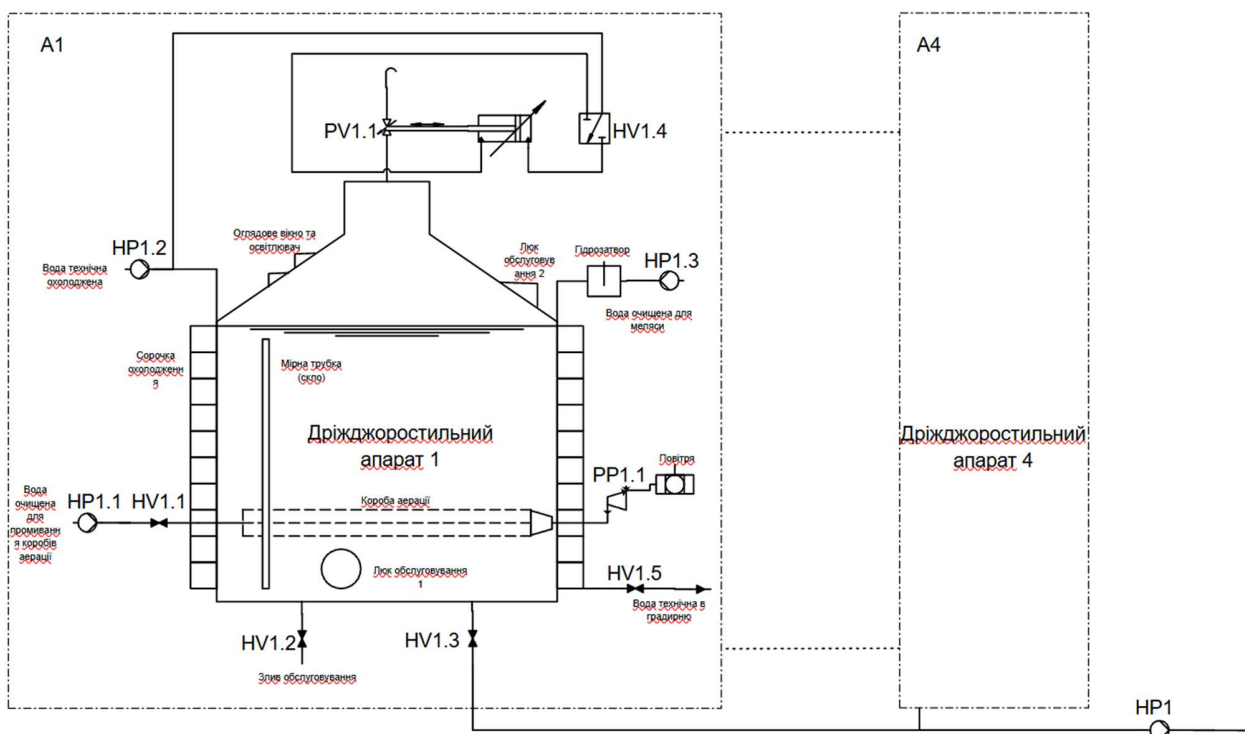


Рис. 1.1 - Дріжджоростильних апарати та система обслуговування

На основі наданої схеми дріжджоростильного апарату можна ідентифікувати кілька ключових приладів, що забезпечують ефективність і точність процесу ферментації.

1. Датчики температури (PV1.1)

Температура є важливим параметром для процесу ферментації. Для контролю температури використовуються високоточні датчики, які дозволяють підтримувати оптимальні умови для діяльності дріжджів. Використаємо Endress+Hauser iTHERM TM411 – точний датчик температури, що забезпечує стабільність і надійність вимірювань.



Рис. 1.2 - Endress+Hauser iTHERM TM411

2. Датчики рівня (HV1.1, HV1.2, HV1.3, HV1.4, HV1.5)

Для контролю рівня рідини в апараті використовуються датчики рівня, що забезпечують безперервний моніторинг об'єму суслу або браги. Використаємо Siemens Sitrans LR250 – радарний датчик рівня, який підходить для вимірювання рідини в різних промислових умовах.



Рис. 1.3 - Siemens Sitrans LR250

3. Датчики тиску (HP1.1, HP1.2, HP1.3)

Датчики тиску необхідні для контролю тиску всередині апарату, щоб забезпечити безпеку та оптимальні умови для ферментації. Використаємо Rosemount 3051S – датчик тиску з високою точністю, який підходить для різноманітних промислових застосувань.



Рис. 1.4 -Rosemount 3051S

4. Системи подачі повітря (PP1.1)

Аерація забезпечує подачу кисню, необхідного для активного росту дріжджів. Системи подачі повітря включають компресори та розподільні системи для рівномірного розподілу повітря. Оберемо компресор Atlas Copco GA 15 – промисловий компресор, який забезпечує ефективну подачу стисненого повітря для аерації.

5. Подаючі насоси (HP1.1, HP1.2, HP1.3)

Для переміщення рідин у системі використовуються насоси, що забезпечують стабільний потік і точність дозування. Використаємо багаступневий насос Grundfos CR Series що забезпечує високу ефективність і надійність у промислових процесах.



Рис. 1.5 - Grundfos CR Series

6. Системи управління клапанами (HV1.1, HV1.2, HV1.3, HV1.4, HV1.5)

Клапани використовуються для регулювання потоку рідин і газів у системі. Системи управління клапанами дозволяють автоматизувати процеси відкриття і закриття, забезпечуючи точність і надійність. Використаємо Burkert Type 2000 – пневматичний керований клапан, що підходить для широкого спектру промислових застосувань.



Рис. 1.6 - Burkert Type 2000

7. Модель датчику рН середовища

Endress+Hauser CPS11D - це популярний датчик рН, який забезпечує точні вимірювання і сумісний з промисловими контролерами



Рис. 1.7 - Endress+Hauser CPS11D

8. Оглядові вікна та освітлення

Для візуального контролю процесу використовуються оглядові вікна та освітлювальні системи, що забезпечують можливість спостереження за станом середовища всередині апарату.

9. Система охолодження (сорочки охолодження)

Охолоджуючі сорочки використовуються для підтримання оптимальної температури всередині апарату. Вони забезпечують ефективне відведення тепла, яке виділяється під час ферментації.

1.5 Принципи, технічні способи та математичні методи інформаційного забезпечення для цього підприємства

Ефективне інформаційне забезпечення кіберфізичної системи ділянки дріжджових реакторів на лінії з виготовлення спирту класу “Люкс” базується на певних принципах, технічних способах і математичних методах. Розглянемо кожен з цих аспектів детальніше.

Принципи інформаційного забезпечення

1. Інформація, що збирається і обробляється, повинна бути точною, актуальною та достовірною. Це забезпечує надійність управлінських рішень і стабільність виробничих процесів. Дані повинні бути зібрані і оброблені в режимі реального часу або з мінімальною затримкою, що дозволяє оперативно реагувати на зміни в технологічному процесі.

2. Система повинна забезпечувати збір і обробку всіх необхідних параметрів, що впливають на процес ферментації, включаючи температуру, тиск, рівень рідини, концентрацію дріжджів тощо.

3. Інформаційні системи повинні забезпечувати захист даних від несанкціонованого доступу, втрати або пошкодження.

Технічні способи інформаційного забезпечення

Використання сучасних датчиків для вимірювання ключових параметрів процесу ферментації, таких як температура, тиск, рівень рідини і концентрація дріжджів. Ці датчики повинні бути надійними, точними і здатними працювати в умовах промислового середовища.

Користування програмованих логічних контролерів для збору даних з датчиків, їх попередньої обробки та передачі в центральну систему управління. Контролери також забезпечують автоматизацію управління обладнанням.

Застосування SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) систем для моніторингу і управління виробничими процесами в режимі реального часу. SCADA-системи забезпечують збір, візуалізацію, аналіз і зберігання даних, а також відправку команд на промислові контролери.

Використання надійних і захищених мереж передачі даних, які забезпечують безперебійну комунікацію між датчиками, контролерами, серверами і робочими станціями операторів. Використання потужних серверів для зберігання, обробки і резервного копіювання даних. Сервери повинні мати високу продуктивність і забезпечувати надійність та безперебійність роботи системи.

1.6 Огляд існуючих інженерних рішень кіберфізичних систем в галузі та визначення можливих напрямків вирішення поставлених завдань

Сучасні технології моніторингу і керування процесами культивування дріжджів значно розширили свої можливості завдяки інтеграції кіберфізичних систем (КФС). Вони дозволяють здійснювати безперервний моніторинг ключових параметрів бродіння, таких як температура, рН, рівень кисню та вуглекислого газу, концентрація субстратів і продуктів бродіння. Дані збираються в реальному часі за допомогою високоточних датчиків і передаються до системи управління, яка аналізує інформацію і приймає рішення щодо коригування процесу для підтримання оптимальних умов для росту дріжджів. Ці технології забезпечують стабільність процесів, підвищують якість продукції і знижують витрати на виробництво.[4]

Сучасні системи вимірювання параметрів включають високоточні датчики, які можуть безперервно моніторити температуру, рН, концентрацію розчиненого кисню, вуглекислого газу і інших важливих компонентів. Ці параметри мають критичний вплив на активність і продуктивність дріжджів. Вимірювальні системи часто інтегруються з автоматизованими системами управління, що дозволяє оперативно реагувати на зміни і підтримувати оптимальні умови культивування. Важливо зазначити, що точність і надійність вимірювальних систем безпосередньо впливають на ефективність всього процесу виробництва спирту.

Інтеграція даних з сенсорів в автоматизовані системи управління є ключовим елементом кіберфізичних систем. Методи інтеграції включають використання сучасних протоколів зв'язку, таких як IoT (Інтернет речей), що дозволяє забезпечити безперервний і швидкий обмін даними між датчиками і системою управління.

Автоматизація процесів контролю включає програмовані логічні контролери (ПЛК) та розподілені системи управління (DCS), які аналізують дані в реальному часі і автоматично регулюють параметри процесу для забезпечення оптимальних умов для дріжджів. Це включає автоматизоване дозування поживних речовин, аерацію і контроль температури.

Інноваційні рішення в області прогнозування і оптимізації включають використання методів машинного навчання і штучного інтелекту. Ці технології дозволяють аналізувати великі обсяги даних і робити точні прогнози щодо поведінки дріжджів у різних умовах. Алгоритми машинного навчання можуть ідентифікувати оптимальні умови для росту дріжджів, знижуючи витрати і підвищуючи продуктивність. Крім того, адаптивні системи управління, які можуть автоматично налаштовувати параметри процесу на основі змін в умовах виробництва, забезпечують стабільніші умови для дріжджів і покращують якість кінцевого продукту.

При впровадженні кіберфізичних систем для оптимізації дріжджових процесів існують декілька ключових викликів. Перш за все, це забезпечення високого рівня кібербезпеки для захисту системи від потенційних загроз. Інші виклики включають інтеграцію новітніх технологій з існуючими виробничими процесами, необхідність навчання персоналу для роботи з новими системами і забезпечення безперервного обслуговування та оновлення систем. Важливим аспектом є також економічна ефективність впровадження нових технологій, що вимагає ретельного аналізу витрат і потенційних вигод. Подолання цих викликів є необхідним для успішної імплементації і використання кіберфізичних систем у виробництві спирту класу "Люкс".[5]

1.7 Характеристика і структура об'єкта впровадження.

1.7.1 Директор

Директор несе відповідальність за загальне керівництво підприємством і прийняття рішень.

1.7.2 Заступник директора

Заступник директора відповідає за оперативне управління виробничими процесами. Він координує діяльність головних підрозділів, зокрема бухгалтерії, інженерного та економічного відділів. Заступник директора також контролює виконання рішень, прийнятих директором, та забезпечує ефективну взаємодію між підрозділами.

1.7.3 Головний бухгалтер

Головний бухгалтер очолює бухгалтерію підприємства, яка включає кілька підвідділів:

Бухгалтер по оплаті праці – займається обліком заробітної плати співробітників та іншими питаннями, пов'язаними з оплатою праці.

Бухгалтер по готовій продукції та розрахунках – відповідає за облік готової продукції, контроль розрахунків з постачальниками та клієнтами.

Бухгалтер-касир – виконує функції з обліку касових операцій та фінансових розрахунків.

1.7.4 Головний інженер

Головний інженер відповідає за технічне забезпечення виробничого процесу. Він координує роботу інженерного персоналу і технічного обслуговування кіберфізичної системи, а також керує начальником спиртового цеху та головним механіком.

1.7.5 Начальник спиртового цеху

Начальник спиртового цеху несе відповідальність за керування всіма процесами, що відбуваються на ділянці дріжджових реакторів. Він забезпечує дотримання технологічних режимів, контроль за якістю продукції та оптимізацію виробничих процесів.

1.7.6 Головний механік

Головний механік відповідає за технічний стан обладнання, його ремонт і обслуговування. Він забезпечує безперебійну роботу всіх технічних систем і агрегатів кіберфізичної системи.

1.7.7 Головний економіст

Головний економіст займається фінансовим плануванням і економічним аналізом діяльності підприємства. Він керує відділом кадрів, який відповідає за підбір, навчання та управління персоналом.

1.7.8 Відділ кадрів

Відділ кадрів підпорядковується головному економісту і займається кадровою політикою підприємства, включаючи рекрутинг, навчання та розвиток персоналу, а також контроль за дотриманням трудового законодавства.

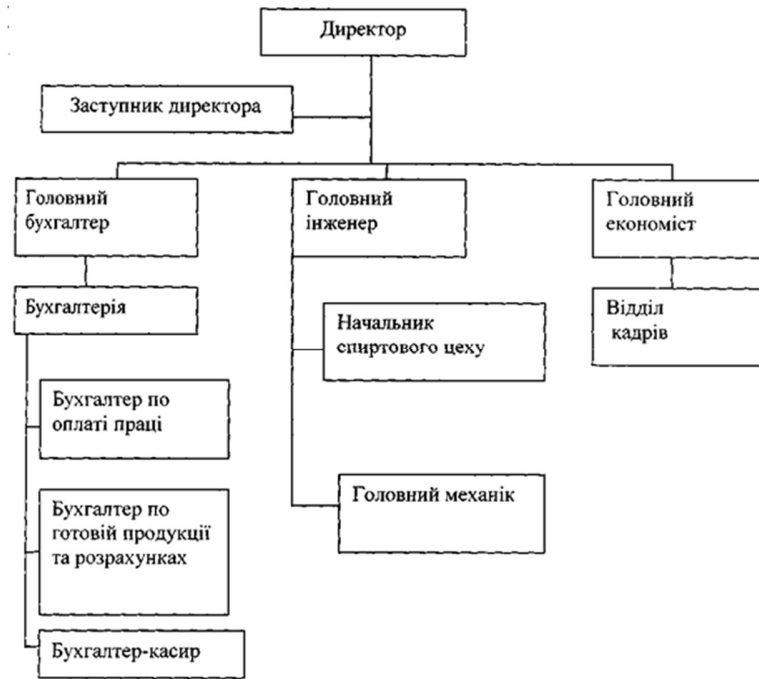


Рисунок 1.8 - Організаційна структура підприємства

Об'єкт впровадження кіберфізичної системи знаходиться за адресою: вул. Червоноармійська, 8, Заводське, Полтавська область, 37241

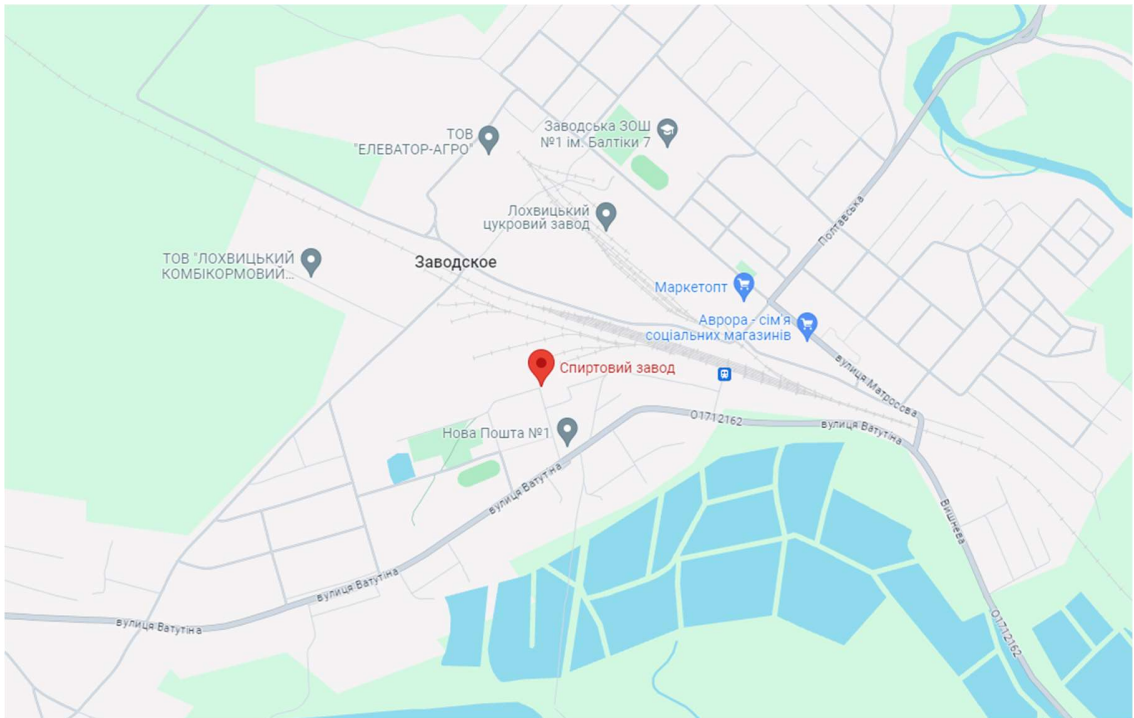


Рисунок 1.9 - Схема гео-розміщення

1.8 Постановка завдання

Мета даної кваліфікаційної роботи розробка розробки кіберфізичної системи ділянки дріжджових реакторів на лінії з виготовлення спирту класу “Люкс”. Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити наступні завдання:

1. Аналіз поточної технологічної лінії. **Включає огляд технологічних процесів** обладнання, автоматичних систем, а також виявлення вузьких місць і проблем, які потребують модернізації;
2. Розробка структурної схеми комплексу технічних засобів кіберфізичної системи
3. Розробка мережі підприємства в рамках навчального завдання до кваліфікаційної роботи
4. Розробка програмного забезпечення

1.9 Вибір і обґрунтування шляхів вирішення проблеми. Схема функціональної структури

Першим етапом є аналіз поточної технологічної лінії. Це включає детальний огляд існуючих технологічних процесів, обладнання та автоматичних систем. Важливо виявити вузькі місця та проблеми, що потребують модернізації. Використовуючи методи аналізу великих даних (Big Data) та машинного навчання (Machine Learning), можна виявити патерни та аномалії в роботі системи, що дозволить визначити найуразливіші точки та сфери для поліпшення.

Наступним кроком є розробка структурної схеми комплексу технічних засобів кіберфізичної системи. Це передбачає вибір найсучасніших компонентів, таких як панелі оператора (HMI). Панель оператора Siemens дозволить оператору зручно взаємодіяти із системою, контролювати та налаштовувати параметри в режимі реального часу.

Третім завданням є розробка мережі підприємства. Це завдання передбачає проектування надійної та високошвидкісної промислової мережі, що забезпечує швидкий та безпечний обмін даними між усіма компонентами системи. Використання комутаційного обладнання дозволить ефективно управляти мережею, забезпечуючи стабільну та безперебійну передачу даних. Важливим аспектом є впровадження сучасних методів кібербезпеки для захисту мережі від потенційних загроз, таких як застосування технологій мережевої безпеки та шифрування даних.

Четвертим завданням є розробка програмного забезпечення для кіберфізичної системи. Це включає створення алгоритмів управління технологічними процесами, розробку спеціалізованого програмного забезпечення для ПЛК та налаштування інтерфейсу користувача на панелі оператора. Використання сучасних мов програмування що дозволить створити ефективне та надійне ПЗ.

Важливою частиною інтеграції є забезпечення безпеки кіберфізичної системи. Для цього використовуються аварійні вимикачі, які дозволяють швидко зупинити систему в разі небезпечної ситуації. Датчики виявлення витоків допоможуть своєчасно виявити витoki рідин, мінімізуючи ризики аварій.

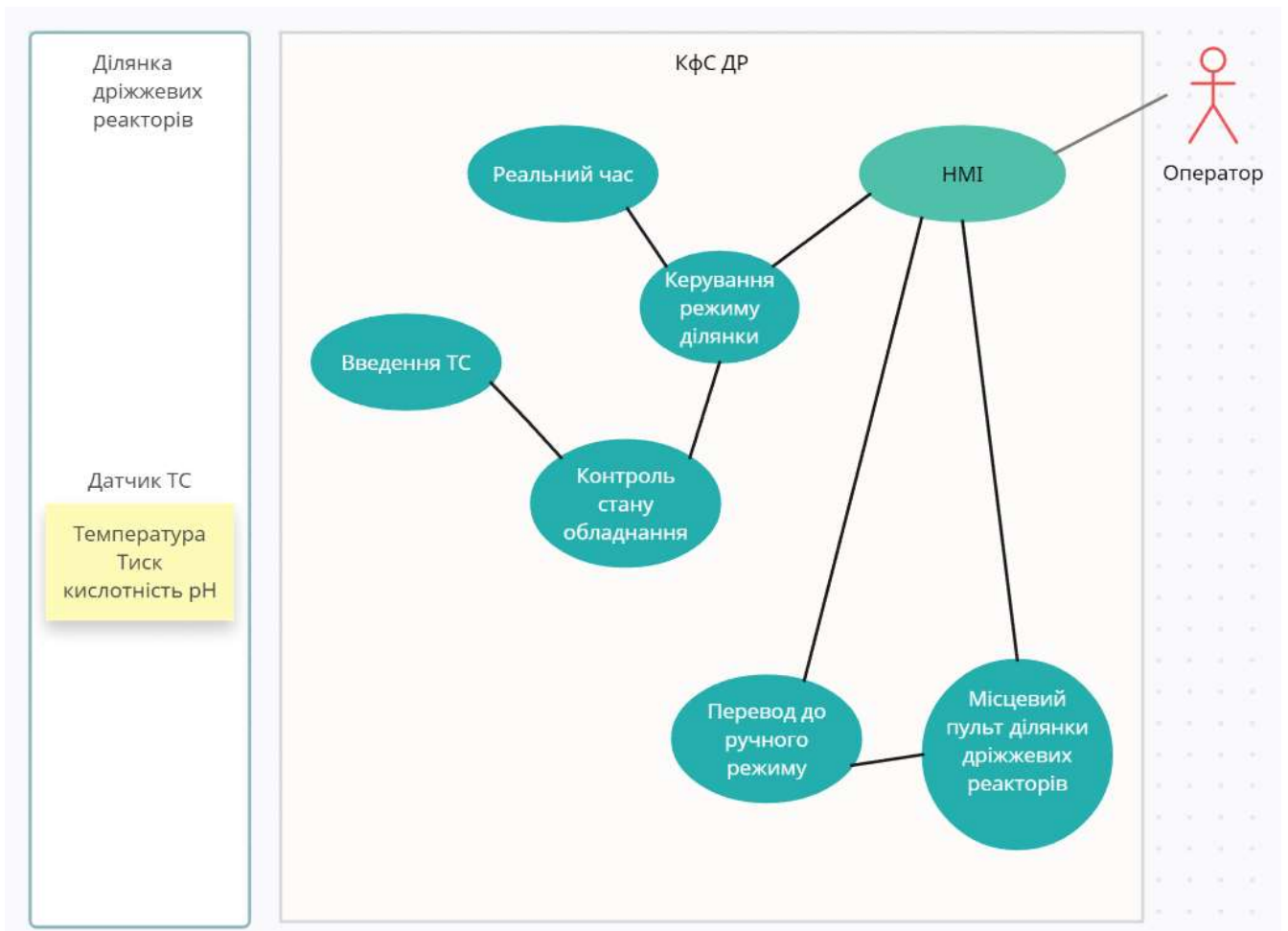


Рисунок 1.10 - Схема функціональної структури

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Технічні вимоги до Кіберфізичної системи ділянки дріжджових реакторів на лінії з виготовлення спирту класу “Люкс”

2.1.1 Вимоги до системи в цілому

Кіберфізичної системи ділянки дріжджових реакторів на лінії з виготовлення спирту класу “Люкс”, далі КФС ДР, призначена для підтримки процесів вирощування дріжджів на дріжджеростильних апаратах у складі технологічної лінії виготовлення спирту класу люкс

2.1.1.1 Вимоги до структури і функціонуванню системи

Загальні вимоги

Безпека та надійність:

Система повинна забезпечувати високий рівень безпеки для операційного персоналу і обладнання, резервні канали передачі даних і живлення повинні запобігати збоїв у роботі системи.

Автономність і автоматизація:

Система повинна працювати в автономному режимі з мінімальним втручанням оператора, автоматичний контроль та регулювання параметрів процесу забезпечують максимальну ефективність виробництва.

Модульність та масштабованість:

Система повинна бути побудована на модульному принципі, що дозволяє легко розширювати та модернізувати її компоненти, можливість інтеграції з іншими виробничими лініями та системами підприємства.

Структурні вимоги

Моніторинг і контроль в реальному часі:

Система повинна забезпечувати безперервний моніторинг температури, тиску та кислотності рН у дріжджових реакторах.

Інформація про параметри повинна бути доступна оператору в режимі реального часу через НМІ (людино-машинний інтерфейс).

Введення технологічних параметрів (ТС):

Система повинна дозволяти введення технологічних параметрів, таких як температура, тиск та рН.

Можливість оновлення параметрів для оптимізації виробничого процесу.

Керування режимом ділянки:

Система повинна автоматично керувати режимом роботи дріжджових реакторів на основі введених технологічних параметрів.

Враховувати можливість переходу на ручне керування у випадку необхідності.

Контроль стану обладнання:

Система повинна здійснювати регулярний контроль стану обладнання не рідше ніж двічі на добу.

Виявлення та сигналізація про будь-які відхилення від нормальної роботи або поломки.

Перехід до ручного режиму:

Забезпечення можливості переведення системи на ручний режим управління.

Наявність місцевого пульта для ручного керування ділянкою дріжджових реакторів.

Людино-машинний інтерфейс (НМІ):

Інтерфейс повинен бути інтуїтивно зрозумілим та зручним для оператора.

Можливість відображення всіх критичних параметрів та стану системи.

Забезпечення зв'язку між оператором та КФС ДР.

Безпека та надійність:

Система повинна бути стійкою до збоїв та забезпечувати високий рівень безпеки для оператора та обладнання.

Впровадження механізмів захисту від несанкціонованого доступу та втручання.

Функціональні вимоги

Контроль параметрів процесу:

Автоматичний контроль температури, тиску, рівня кисню та інших ключових параметрів процесу бродіння, забезпечення стабільних умов для дріжджового бродіння, що відповідають технологічним вимогам виробництва спирту класу “Люкс”.

Аналіз та оптимізація процесу:

Система проводить аналіз зібраних даних для виявлення відхилень від нормальних умов та автоматичного коригування процесу, використання алгоритмів машинного навчання для оптимізації процесу та підвищення ефективності виробництва.

Моніторинг та діагностика:

Моніторинг стану обладнання та процесу в реальному часі, виявлення та сигналізація про аварійні ситуації або несправності, можливість дистанційного діагностування та обслуговування системи.

Звітування та трасування:

Автоматичне генерування звітів про виробничі процеси для аналізу ефективності та забезпечення відповідності стандартам якості, трасування всіх операцій для забезпечення прозорості та відповідності нормативним вимогам.

2.1.1.2 Показники призначення (температура, тривалість, кислотність, партія дрожжів)

Показники призначення кіберфізичної системи ділянки дріжджових реакторів на лінії з виготовлення спирту класу “Люкс” визначаються її здатністю забезпечувати необхідні параметри процесу, ефективність, безпеку та інтеграцію в загальну виробничу систему підприємства. Нижче наведемо показники, які характеризують призначення цієї системи.

Основні показники

Температура:

Здатність підтримувати оптимальну температуру для процесу ферментації.

Використання точних датчиків для безперервного моніторингу температури.

Тиск:

Підтримка необхідного рівня тиску для забезпечення стабільності процесу.

Інтеграція високоточних датчиків для моніторингу тиску в реальному часі.

Кислотність (pH):

Забезпечення стабільного рівня кислотності для оптимальних умов ферментації.

Використання датчиків для точного контролю рівня рН.

Тривалість процесу:

Моніторинг тривалості ферментації для кожної партії.

Генерація звітів для аналізу процесу та його оптимізації.

Партія дріжджів:

Можливість відстеження кожної партії дріжджів, що використовуються.

Створення звітів про використання дріжджів.

Детальні показники

Моніторинг у реальному часі:

Безперервний показ критичних параметрів (температура, тиск, рН) через НМІ.

Постійне оновлення даних для забезпечення актуальної інформації.

Автоматичне керування режимом:

Автоматичне регулювання параметрів роботи дріжджових реакторів відповідно до заданих умов.

Можливість адаптації параметрів для уникнення відхилень від нормальних умов.

Контроль технічного стану:

Постійний контроль стану обладнання для своєчасного виявлення проблем.

Вбудована діагностика для попередження можливих збоїв.

Ручне керування:

Легкий перехід на ручний режим управління у разі необхідності.

Наявність місцевого пульта для оперативного управління процесом.

Людино-машинний інтерфейс (НМІ):

Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для оператора.

Забезпечення доступу до всіх необхідних функцій управління та моніторингу.

Захист та надійність:

Захист від несанкціонованого доступу.

Висока надійність для безперервного процесу виробництва.

Контроль та моніторинг:

Точність датчиків: точність вимірювання параметрів (температура, тиск, рН) не менше $\pm 0.1\%$ від повної шкали.

Частота збору даних: збір даних не рідше ніж кожні 5 секунд для забезпечення оперативного контролю процесу.

Реакція системи на зміни: час реакції системи на зміну параметрів не більше 1 секунди.

2.1.1.3 Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту і збереженню з урахуванням наданої схеми

Вимоги до експлуатації

Пуско-налагоджувальні роботи: Перед введенням в експлуатацію системи необхідно провести пуско-налагоджувальні роботи, включаючи тестування всіх датчиків (PV1.1), клапанів (HV1.1 - HV1.5), насосів (HP1.1 - HP1.3) та інших компонентів. Забезпечити правильне калібрування датчиків та налаштування контролерів.

Операційне управління: Система повинна працювати в автоматичному режимі з можливістю втручання оператора у автоматизованому режимі. Контроль параметрів процесу (температура, тиск, рН) має здійснюватися через засоби людино-машинного інтерфейсу (НМІ).

Режими роботи: Передбачити можливість роботи системи у різних режимах: нормальний режим, режим технічного обслуговування.

Вимоги до технічного обслуговування

Регулярні перевірки: Проводити регулярні перевірки, не рідше ніж раз на тиждень, стану датчиків, насосів, клапанів та інших компонентів системи згідно з графіком

технічного обслуговування. Перевіряти справність системи охолодження, зокрема насоси НР1.1, НР1.2 та їх взаємодію з клапанами НV1.1 - НV1.5.

Налаштування: Регулярно перевіряти реле тиску (РV1.1) для забезпечення стабільності тиску CO₂.

Чистка та промивка: Проводити регулярну чистку не рідше, ніж раз на місяць, та промивку дріжджових апаратів, коробів аерації та системи охолодження. Забезпечити промивку системи водою після кожного циклу виробництва для запобігання накопиченню залишків.

Вимоги до ремонту

Планові ремонти і обслуговування : Проводити планові ремонти не рідше, ніж два рази на рік згідно з графіком для заміни зношених деталей та вузлів. Використовувати тільки оригінальні запасні частини або рекомендовані виробником аналоги.

Документація та звіти: Вести детальну документацію про всі проведені ремонтні роботи, включаючи причини несправностей, замінені деталі та час простою.

Вимоги до збереження

Раз на місяць перевіряти температуру та відносну вологість повітря в приміщеннях сховищ, обладнаних устаткуванням для кондиціонування повітря, щоб забезпечити відповідність нормам: температура від 17 до 19 градусів Цельсія і відносна вологість повітря від 50% до 55%.

2.1.1.4 Вимоги до патентної чистоти

Система і компоненти повинні зберігати патентну чистоту на території України

2.1.2 Вимоги до функцій, які виконує кіберфізична система ділянки дріжджових реакторів на лінії з виготовлення спирту класу “Люкс”

Система повинна забезпечувати безперервний моніторинг основних параметрів процесу, таких як температура, тиск та кислотність (рН). Датчики, встановлені в реакторах, постійно збирають дані, які передаються на НМІ (людино-машинний інтерфейс). Оператор має можливість бачити всі критичні параметри в режимі реального часу, що дозволяє швидко реагувати на будь-які зміни або

відхилення. Це забезпечує стабільність процесу ферментації та високоякісний кінцевий продукт.

Система автоматично налаштовує параметри процесу, такі як температура, тиск та рН, відповідно до заданих значень. Це дозволяє забезпечити оптимальні умови для ферментації, навіть при зміні зовнішніх умов або параметрів сировини. Автоматичне керування також включає в себе можливість адаптації процесу при виявленні відхилень від нормальних умов, що мінімізує ризик аварійних ситуацій та забезпечує безперервність виробництва.

Контроль стану обладнання є критичною функцією для забезпечення надійної роботи всієї системи. КФС ДР повинна постійно контролювати технічний стан обладнання, виявляти потенційні несправності та збої. Вбудовані функції діагностики допомагають швидко визначити та усунути проблеми до того, як вони стануть серйозними. Це значно зменшує ризик простоїв виробництва та забезпечує довготривалу надійність обладнання.

Введення технологічних параметрів (ТС) є важливим аспектом роботи системи. Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс дозволяє оператору легко вводити та оновлювати технологічні параметри процесу. Оперативне коригування параметрів у реальному часі забезпечує гнучкість та можливість швидко адаптувати процес до змін у виробничих умовах або вимогах.

Перехід до ручного режиму забезпечує безперервність виробничого процесу у випадку збоїв або необхідності проведення технічного обслуговування. Система повинна забезпечувати легкий та швидкий перехід на ручний режим управління. Місцевий пульт управління дозволяє оператору здійснювати контроль над процесом безпосередньо на місці, що підвищує оперативність та зручність управління.

Безпека та надійність є основними вимогами до КФС ДР. Система повинна забезпечувати захист даних від несанкціонованого доступу та гарантувати стабільну роботу для безперервного виробничого процесу. Це включає в себе впровадження механізмів сигналізації про аварійні ситуації та негайне повідомлення оператора про будь-які небезпеки.[6]

Підтримка та оновлення

Обслуговування та підтримка: Забезпечення доступу до технічної підтримки для вирішення проблем та консультування. Регулярне оновлення програмного забезпечення для забезпечення безпеки та впровадження нових функцій. Ця робота виконується інженером з технічної підтримки з вищою освітою в галузі інформаційних технологій, який працює в режимі з 9:00 до 15:00, 5 разів на тиждень.

Навчання персоналу: Організація регулярних тренінгів для операторів і технічного персоналу з метою підвищення їх компетенцій, забезпечення доступу до докладної технічної документації та інструкцій з експлуатації системи. Цю діяльність здійснює спеціаліст з навчання персоналу, який має вищу педагогічну освіту та додаткову спеціальну освіту в сфері ІТ. Він працює в режимі до з 10:00 до 13:00 годин на день на посаді керівника відділу навчання та розвитку персоналу.

2.1.3 Вимоги до видів забезпечення кіберфізичної системи ділянки дріжджових реакторів на лінії з виготовлення спирту класу “Люкс”

Для забезпечення надійного функціонування кіберфізичної системи ділянки дріжджових реакторів на лінії з виготовлення спирту класу “Люкс” необхідно забезпечити відповідне технічне, програмне, інформаційне, організаційне та документальне забезпечення. [7]

Методичне забезпечення

Технічна документація:

Надання детальної технічної документації з описом всіх компонентів системи, їх функцій та параметрів, наявність актуальних схем і креслень для всіх частин системи, включаючи електричні та гідравлічні схеми.

Експлуатаційна документація:

Надання повних інструкцій для операторів щодо управління системою.

Звіти і записи:

Ведення журналів обліку робочих параметрів, технічного обслуговування та ремонтів, документування всіх інцидентів та аварійних ситуацій з детальним аналізом причин та заходів.

2.1.4 Вимоги до суміжних систем

Розробка корпоративної мережі повинна враховувати такі вимоги:

Забезпечення надійного та безперебійного зв'язку між підрозділами підприємства.

Впровадження сучасних засобів захисту інформації для запобігання несанкціонованого доступу.

Використання програмованих комп'ютерів та контролерів для централізованого управління та моніторингу мережі.

Підтримка масштабованості мережі для можливості подальшого розширення без суттєвих змін у структурі.

Розробка детальної документації щодо структури мережі, включаючи топологію, конфігурацію обладнання та програмного забезпечення.

2.1.5 Вимоги до тех. засобів

Система повинна бути спроектована з урахуванням сумісності з контролером OMRON і можливістю його інтеграції з іншим обладнанням або системами[8]

2.2 Розробка апаратної частини комп'ютерної системи

Аналіз входів виходів

Таблиця 2.1 - Перелік вхідних та вихідних сигналів

№ п/п.	Найменування інформації (сигнали, дані).	Напр. вх./вих.	Функція	Вид	Джерело/Отримувач	Форма представлення (разрядність, точність)		Період вв./вив., сек.
						Зовнішня	Внутрішня	
Датчики								
1	Датчик рівня води очищеної для охолодження	Вхід	Контр.	Норм. замкн.	Siemens Sitrans LR250	4...20 мА	16 біт	0,5
2	Датчик рівня води очищеної для мийки	Вхід	Контр.	Норм. замкн.	Siemens Sitrans LR250	4...20 мА	16 біт	0,5
3	Датчик тиску повітря	Вхід	Вимір.	Аналог	Rosemount 3051S	4...20 мА	16 біт	

4	Датчик температури	Вхід	Вимір.	Аналог.	Endress+Hauser iTHERM TM411	4...20 мА	16 біт	0,5
5	Датчик рівня дріжджової суспензії	Вхід	Контр.	Норм. замкн.	Endress+Hauser Liquiphant FTL50	24В	1 біт	0,5
6	Датчик витрати технічної води	Вхід	Вимір.	Аналог.	Електромагнітний витратомір	4...20 мА	16 біт	0,5
7	Датчик тиску в апараті	Вхід	Вимір.	Аналог.	Siemens SITRANS P320	4...20 мА	16 біт	0,5
8	Датчик рівня рН	Вхід	Контр.	Норм. замкн.	Endress+Hauser CPS11D	4...20 мА	16 біт	0,5
Клапани								
1	Клапан подачі повітря	Вихід	Керув.	Дискр.	Festo VUVG-L10-M52-MZT-F-1P3	24 В	1 біт	0,5
2	Клапан подачі води	Вихід	Керув.	Дискр.	Bürkert Type 6213	24 В	1 біт	0,5
3	Клапан зливу дріжджової суспензії	Вихід	Керув.	Дискр.	Alfa Laval Unique SSV	24 В	1 біт	0,5
4	Клапан подачі миючого розчину	Вихід	Керув.	Дискр.	Festo VZWM	24 В	1 біт	0,5

Таблиця 2.2 – Технічна специфікація

№ п/п	Пристрій	Опис входу або виходу	Кількість входів або виходів
Норм. Замкн. Вхід			
1.	Датчик рівня води для охолодження (HP1.2)	+10...30В	4
2.	Датчик рівня води для мийки (HP1.3)	+10...30В	4
3.	Датчик рівня дріжджової суспензії (PP1.1)	Сухий контакт	4
Аналог. Вхід			
4.	Датчик тиску повітря (PV1.1)	+10...30В	4
5.	Датчик температури (HP1.1)	+10...30В	4
6.	Датчик витрати технічної води (HV1.5)	+10...30В	4
7.	Датчик тиску в апараті	Сухий контакт	4
8.	Датчик рН середовища	+10...30В	4
РАЗОМ			32
Дискр. Вихід			
9.	Клапан подачі повітря (HV1.4)	Пускач ПМ-206	4
10.	Клапан подачі води (HV1.1)	-//-	4
11.	Клапан зливу дріжджової суспензії (HV1.2)	-//-	4
12.	Клапан подачі миючого розчину (HV1.3)	-//-	4
Аналог. Вихід			
РАЗОМ			16

2.3 Вибір і обґрунтування структурної схеми комплексу технічних засобів комп'ютерної системи шляхом узгодження структури з топологічними особливостями об'єкту розробки.

Аналіз вимог до входів та виходів

Згідно з таблицею, кількість необхідних входів та виходів наступна:

Норм. замк. Входи: $12 + 1 = 13$

Аналогові входи: $20 + 1 = 21$

Дискретні виходи: $16 + 1 = 17$

Аналогові виходи: $4 + 1 = 5$

Вибір контролера та модулів

Для даної системи оптимальним варіантом буде контролер серії SIMATIC S7-1200, CPU 1214C. Проте, для зменшення споживання живлення, розглянемо варіант з використанням контролера OMRON CP1L-EM30DT1-D, який має нижче енергоспоживання.[9]



Рисунок 2.1 – OMRON CP1L-EM30DT1-D

Базове споживання: 170 мА (включаючи електроніку контролера)

Дискретних входів (DI): 18

Дискретних виходів (DO): 12

Аналогові входи (AI): 2 (через додатковий модуль)

Споживання струму:

$$18 \text{ DI: } 18 * 2 \text{ мА} = 36 \text{ мА}$$

$$12 \text{ DO: } 12 * 15 \text{ мА} = 180 \text{ мА}$$

$$2 \text{ AI: } 2 * 0,5 \text{ мА} = 1 \text{ мА}$$

Загальне споживання: $170 \text{ мА} + 36 \text{ мА} + 180 \text{ мА} + 1 \text{ мА} = 387 \text{ мА}$



Рисунок 2.2 – Модуль дискретних входів/виходів, OMRON CP1W-40EDT[10]

Базове споживання: 45 мА

Дискретних входів (DI): 24

Дискретних виходів (DO): 16

Споживання струму:

$$24 \text{ DI: } 24 * 2 \text{ мА} = 48 \text{ мА}$$

$$16 \text{ DO: } 16 * 15 \text{ мА} = 240 \text{ мА}$$

$$\text{Загальне споживання: } 45 \text{ мА} + 48 \text{ мА} + 240 \text{ мА} = 333 \text{ мА}$$

Таких модулів потрібно два, тобто:

$$\text{Їх загальне споживання: } 333 \text{ мА} + 333 \text{ мА} = 666 \text{ мА}$$



Рисунок 2.3 – Модуль аналогового вводу, OMRON CP1W-AD042[11]

Базове споживання: 60 мА

Аналогові входи (AI): 4

Споживання струму:

4 AI: $4 * 0,5 \text{ мА} = 2 \text{ мА}$

Загальне споживання: $60 \text{ мА} + 2 \text{ мА} = 62 \text{ мА}$



Рисунок 2.4 – Комунікаційний модуль, OMRON CP1W-CIF01[12]

Базове споживання: 35 мА

Споживання струму з усіх модулів:

OMRON CP1L-EM30DT1-D: 387 мА

OMRON CP1W-40EDT (два модулі): 666 мА

OMRON CP1W-AD042: 62 мА

OMRON CP1W-CIF01: 35 мА

Загальне споживання: $387 \text{ мА} + 666 \text{ мА} + 62 \text{ мА} + 35 \text{ мА} = 1150 \text{ мА}$

Споживання струму для входів та виходів:

Дискретні входи (DI): $65 \text{ (потрібно)} = 65 \times 2 \text{ мА} = 130 \text{ мА}$

Аналогові входи (AI): $8 = 8 \times 0,5 \text{ мА} = 4 \text{ мА}$

Дискретні виходи (DO): $39 = 39 \times 15 \text{ мА} = 585 \text{ мА}$

Сумарне споживання всіх входів й виходів:

$130 \text{ мА (DI)} + 4 \text{ мА (AI)} + 585 \text{ мА (DO)} = 719 \text{ мА}$

Загальне споживання всіх компонентів:

Споживання модулів: 1150 мА

Споживання входів/виходів: 719 мА

Загальне споживання: $1150 \text{ мА} + 719 \text{ мА} = 1869 \text{ мА}$

Джерело живлення

Загальне споживання: 1,869 А (24 В постійного струму), тому потрібно обирати джерело живлення з потужністю більше 2 А, наприклад 3А або 4А.



Рисунок 2.5 – Блок живлення на DIN-рейку OMRON S8VK-G06024[13]

Вихідний струм, не більше: 2.5 А

Вихідна напруга: 24 В

Вихідна потужність: 60 Вт

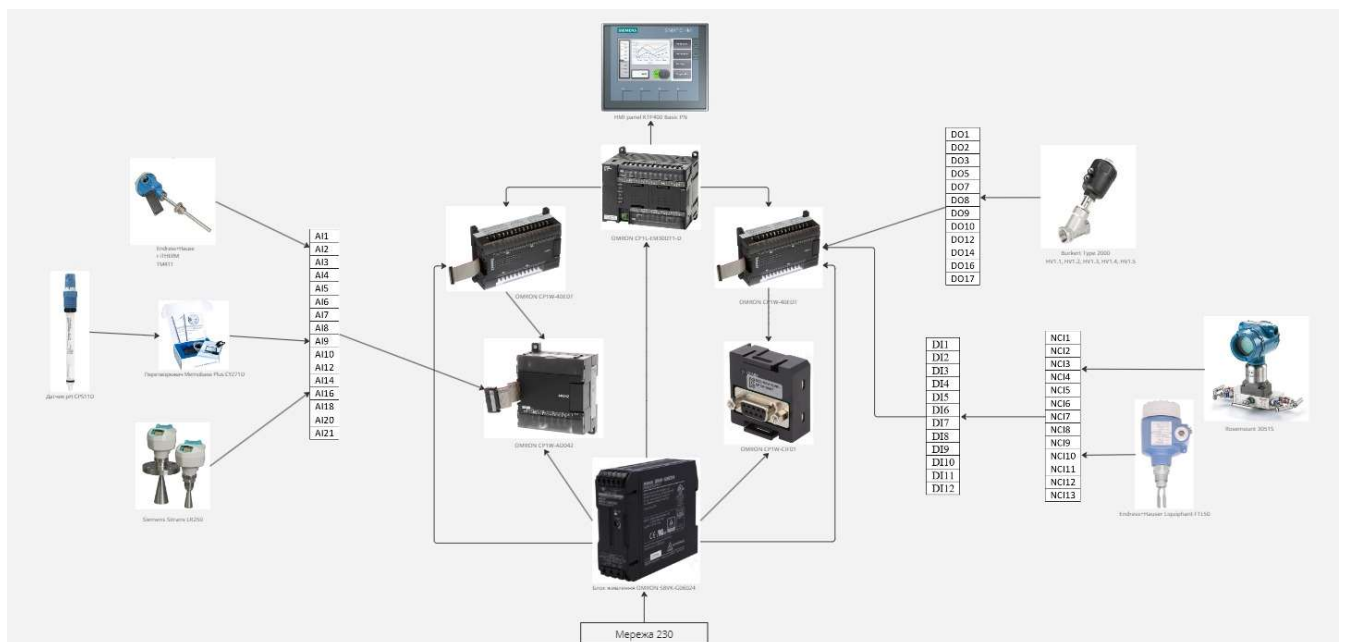


Рисунок 2.6 – Структурна схема комплексу технічних засобів КФС ДР

3. РОЗРОБКА КОРПОРАТИВНОЇ МЕРЕЖІ

3.1 Розрахунок схеми адресації корпоративної мережі

Для створення оптимальної структури мережевих адрес у цій системі було застосовано метод змінної довжини маски підмереж (VLSM). Цей підхід дозволив ефективно розподілити наявний адресний простір, забезпечуючи гнучкість у проектуванні мережі та мінімізуючи потребу в адміністративних ресурсах. Завдяки VLSM, IP-адреси та пропускну здатність використовуються раціонально, що підвищує загальну продуктивність системи.[14]

Таблиця 3.1 – Мінімальна необхідна кількість вузлів для підмереж

LAN1	LAN2	LAN3	LAN4	LAN5
39	113	103	126	158

Для розробки мережі потрібно розрахувати наші адреси маски та діапазони вузлів. Вихідна IP-адреса: 10.25.40.0/22 має маску підмережі /22, завдяки чому ми можемо розрахувати кількість хостів за формулою (3.1):

$$2^n \text{ (3.1)}$$

n – кількість біт, виділених для хостів у масці підмереж.

$$n = 32 - 22 = 10$$

$$2^{10} = 1\ 024$$

1 024 можливих адрес хостів ми можемо розбити на 5 підмереж. Для цього ми використаємо формулу (3.2) та від найбільшої до найменшої підмережі розрахуємо, скільки їм потрібно хостів.

$$2^n - 2 \text{ (3.2)}$$

LAN1 39 вузлів:

$$2^6 - 2 = 62 \text{ хостів (6 біт)}$$

Маска підмережі: $32 - 6 = 26$ біт

Діапазон IP-адреси: 10.25.43.65 – 10.25.43.126.

LAN2 113 вузлів:

$$2^8 - 2 = 254 \text{ хостів (8 біт)}$$

Маска підмережі: $32 - 8 = 24$ біт

Діапазон IP-адреси: 10.25.41.1 – 10.25.41.254;

LAN3 103 вузлів:

$2^8 - 2 = 254$ хостів (8 біт)

Маска підмережі: $32 - 8 = 24$ біт

Діапазон IP-адреси: 10.25.42.1 – 10.25.42.254;

У LAN4 126 вузлів:

$2^8 - 2 = 254$ хостів (8 біт)

Маска підмережі: $32 - 8 = 24$ біт

Діапазон IP-адреси: 10.25.40.1 – 10.25.40.254;

LAN5 58 вузлів:

$2^6 - 2 = 62$ хостів (6 біт)

Маска підмережі: $32 - 6 = 26$ біт

Діапазон IP-адреси: 10.25.43.1 – 10.25.43.62;

Розрахунки усіх мереж занесені до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахунки мереж

Назва мережі	Кількість вузлів	Адреса	Маска мережі	Діапазон вузлів Початкового-кінцевого
LAN1	39	10.25.43.64	/26	10.25.43.65 – 10.25.43.126
LAN2	113	10.25.41.0	/24	10.25.41.1 – 10.25.41.254
LAN3	103	10.25.42.0	/24	10.25.42.1 – 10.25.42.254
LAN4	126	10.25.40.0	/24	10.25.40.1 – 10.25.40.254
LAN5	58	10.25.43.0	/26	10.25.43.1 – 10.25.43.62

Завдяки таблиці 3.2 тепер можливо виконати розрахунки згідно завданню треба використати блок адрес 10.0.5.0 за маскою /24 для визначення адресного простору для каналів зв'язку між маршрутизаторами необхідно використовувати метод VLSM (Variable Length Subnet Masking). Розрахунки занесені до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Схема адресації мережі

Підмережа	Розмір	Виділений розмір	Маска	Номер мережі	Діапазон доступних адрес	Ширококомунікаційне
WAN1	2	2	/30	10.0.5.0	10.0.5.1-10.0.5.2	10.0.5.3
WAN2	2	2	/30	10.0.5.4	10.0.5.5-10.0.5.6	10.0.5.7
WAN3	2	2	/30	10.0.5.8	10.0.5.9-10.0.5.10	10.0.5.11
ISP	2	2	/30	209.165.202.0	202.165.202.1-202.165.202.2	202.165.202.3
ISP	2	2	/30	64.100.13.0	64.100.13.1 - 64.100.13.2	64.100.13.3

У таблиці 3.4 детально представлено розраховану схему адресації для всіх маршрутизаторів мережі. Таблиця 3.5 містить IP-адреси комутаторів, які будуть використовуватися в підмережах різних відділів.

Таблиця 3.4 - Схема адресації пристроїв

Пристрій	Інтерфейс	IP-адреса	Маска	Інтерфейс підключеного пристрою
Kyrychenko_Router0	Fa0/0	10.01.1	255.255.255.0	Kyrychenko_Switch 4
	Fa0/1	10.0.1.2	255.255.255.0	Kyrychenko_Switch 5
Kyrychenko_Router1	Fa0/0	10.0.2.1	255.255.255.0	Kyrychenko_Switch 7

	Fa0/1	10.0.2.2	255.255.255.0	Kyrychenko_Switch 8
Kyrychenko _Router2	Fa0/0	10.0.3.1	255.255.255.0	Kyrychenko_Switch 2
	Fa0/1	10.0.3.2	255.255.255.0	Kyrychenko_Switch 3
Kyrychenko _Router3	Fa0/0	10.0.4.1	255.255.255.0	Kyrychenko_Switch 11
	Fa0/1	10.0.4.2	255.255.255.0	Kyrychenko_Switch 12
Kyrychenko _Router4	Fa0/0	10.0.5.1	255.255.255.0	Kyrychenko_Switch 13
	Fa0/1	10.0.5.2	255.255.255.0	Kyrychenko_Switch 14
Kyrychenko_RouterI PS	Fa0/0	209.165.202. 1	255.255.255.2 52	IPS
	Fa0/1	64.100.13.1	255.255.255.2 52	IPS

Таблиця 3.5 - IP-адреси комутаторів

Підмережа	Пристрій	IP-адреса	Маска	Шлюз	VLAN
LAN1	Kyrychenko_Switch4	10.0.1.1	255.255.255.0	10.0.1.254	1
	Kyrychenko_Switch5	10.0.1.2	255.255.255.0	10.0.1.254	15
	Kyrychenko_Switch6	10.0.1.3	255.255.255.0	10.0.1.254	15

LAN2	Kyrychenko_Switch7	10.0.2.1	255.255.255.0	10.0.2.254	25
	Kyrychenko_Switch7	10.0.2.2	255.255.255.0	10.0.2.254	25
	Kyrychenko_Switch9	10.0.2.3	255.255.255.0	10.0.2.254	25
LAN3	Kyrychenko_Switch2	10.0.3.1	255.255.255.0	10.0.3.254	35
	Kyrychenko_Switch3	10.0.3.2	255.255.255.0		35
	Kyrychenko_Switch10	10.0.3.3	255.255.255.0		35
LAN4	Kyrychenko_Switch11	10.0.4.1	255.255.255.0	10.0.4.254	99
	Kyrychenko_Switch12	10.0.4.2	255.255.255.0		99
LAN5	Kyrychenko_Switch13	10.0.5.1	255.255.255.0	10.0.5.254	100
	Kyrychenko_Switch14	10.0.5.2	255.255.255.0		100

В таблиці 3.6 містяться IP-адреси серверів, які пораховані за формулою (перша адреса підмережі + 9 + № варіанта), $10.25.40.1+9+5=10.25.40.15$.

Таблиця 3.6 - Адресація інтерфейсів серверів

Назва серверу	Назва інтерфейсу	IP-адреса	Маска	Шлюз
Kyrychenko_ServerDN S	Fa0	10.25.40.79	255.255.255.128	10.25.40.65
Kyrychenko_ServerTFT P	Fa0	10.25.40.20 6	255.255.255.240	10.25.40.193
Kyrychenko_ServerHT TP	Fa0	10.25.40.15	255.255.255.192	10.25.40.1

3.2 Розробка логічної схеми корпоративної мережі

Ця мережа використовує гібридну топологію, яка поєднує в собі елементи зіркової, кільцевої та магістральної топологій для забезпечення надійності, ефективності та масштабованості. [15]

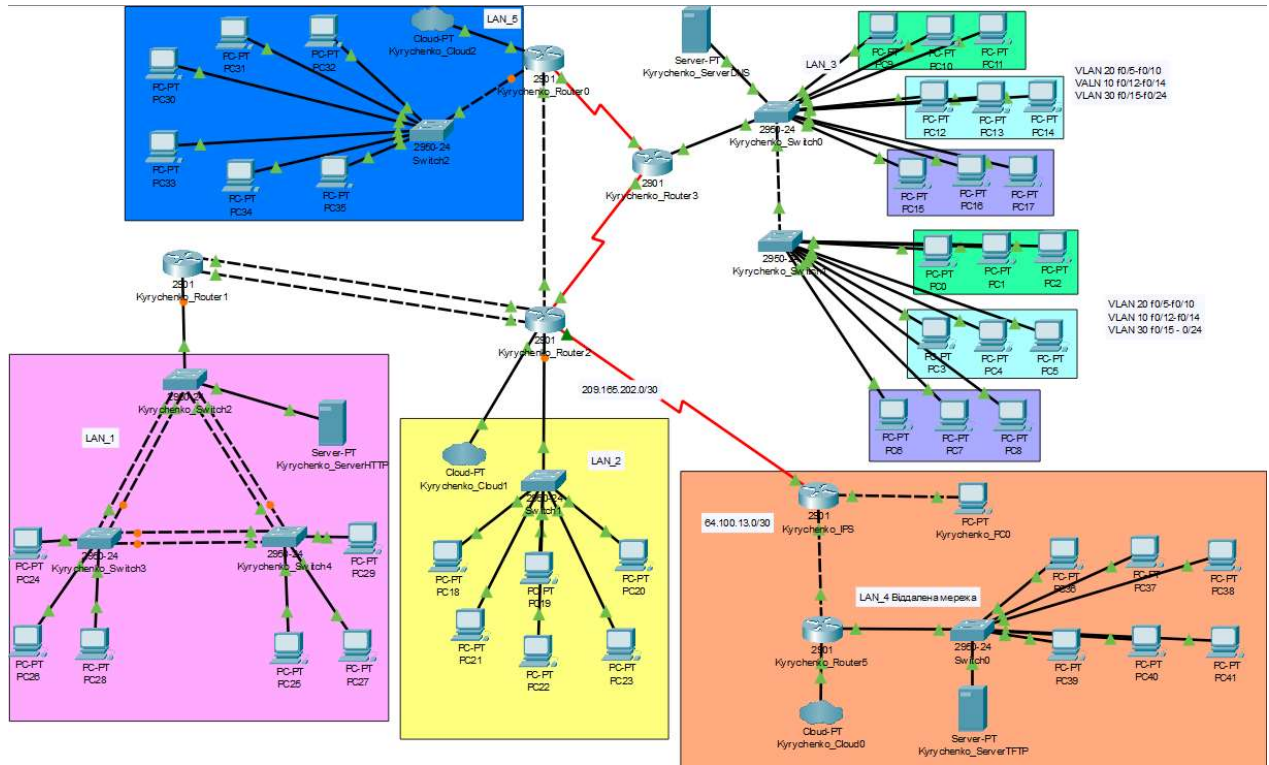


Рис.3.1 - Логічна схема корпоративної мережі

Основні компоненти мережі:

1. Маршрутизатори (Router)

Kyrychenko_Router0 - Kyrychenko_IPS (6)

2. Комутатори (Switch)

Kyrychenko_Switch0 - Kyrychenko_Switch7 (8)

3. Сервери (Server-PT)

Kyrychenko_ServerDNS

Kyrychenko_ServerHTTP

Kyrychenko_ServerTFTP

4. Хмарні підключення (Cloud-PT)

Курьченко_Cloud0 - Курьченко_Cloud2

5. Клієнтські пристрої (PC-PT)

Курьченко_PC0 - Курьченко_PC41

Сегменти мережі:

1. VLANs та підмережі:

VLAN 10: Порти f0/12 - f0/14

VLAN 20: Порти f0/5 - f0/10

VLAN 30: Порти f0/15 - f0/24

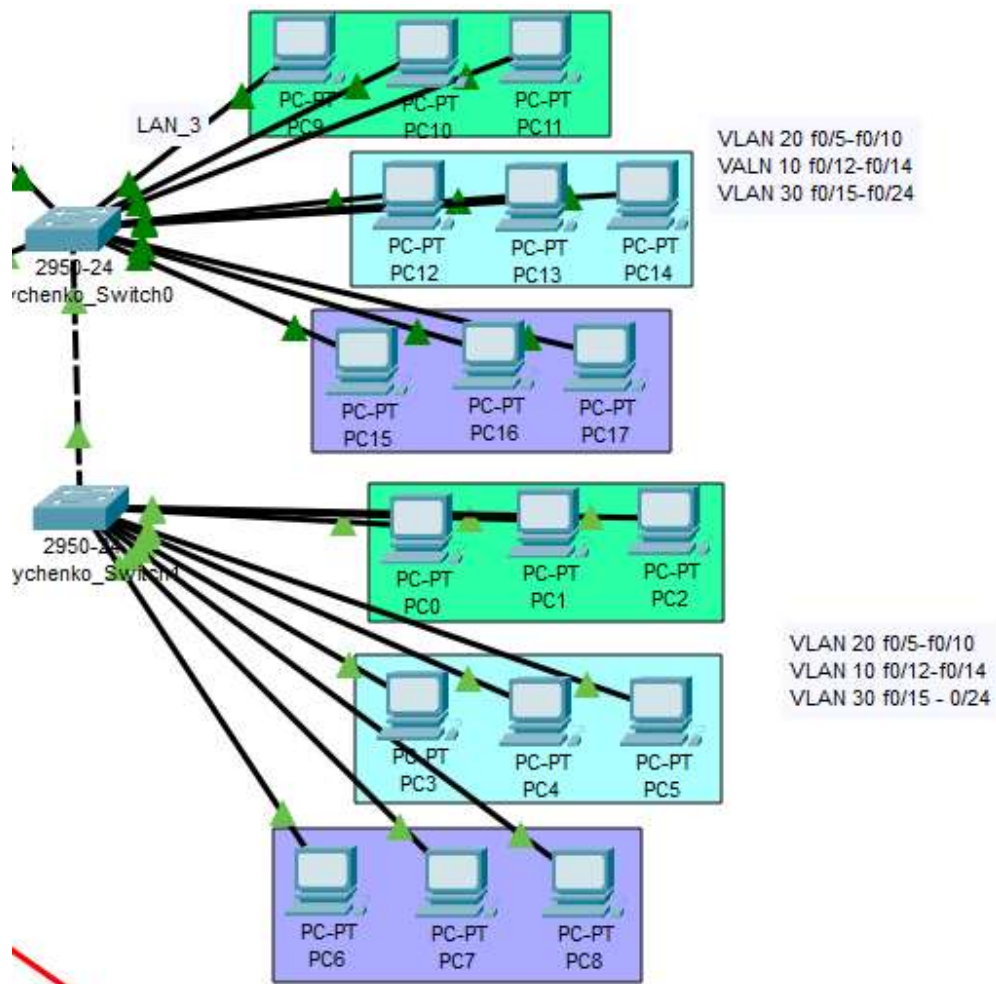


Рис.3.2 - VLANs та підмережі

2. Локальні мережі (LAN):

LAN_1: Підключення між комутаторами Kyrychenko_Switch2, Kyrychenko_Switch3, Kyrychenko_Switch4

LAN_2: Підключення до Cloud-PT (Kyrychenko_Cloud1)

LAN_3: Підключення до серверу DNS

LAN_4: Віддалена мережа, підключена через Cloud-PT (Kyrychenko_Cloud0) до маршрутизатора Kyrychenko_Router5

LAN_5: Підключення до Cloud-PT (Kyrychenko_Cloud2)

Зони мережі:

1. Синя зона (LAN_5):

Підключення через комутатор 2950-24 (Switch2)

Пристрої: PC-PT PC30 - PC35

Підключення до Cloud-PT (Kyrychenko_Cloud2)

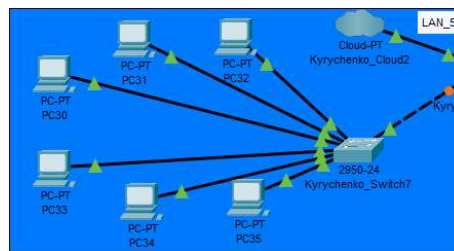


Рис.3.3 – LAN_5

2. Рожева зона (LAN_1):

Підключення через комутатори Kyrychenko_Switch2, Kyrychenko_Switch3, Kyrychenko_Switch4

Пристрої: PC-PT PC24 - PC29

Підключення до серверу HTTP (Kyrychenko_ServerHTTP)

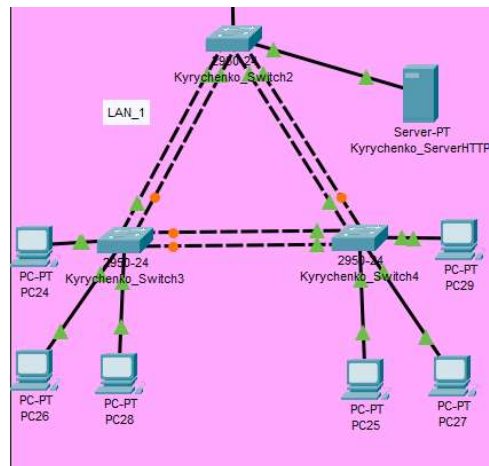


Рис.3.4 – LAN_1

3. Жовта зона (LAN_2):

Підключення через комутатор 2950-24 (Switch4)

Пристрої: PC-PT PC18 - PC23

Підключення до Cloud-PT (Kyrychenko_Cloud1)

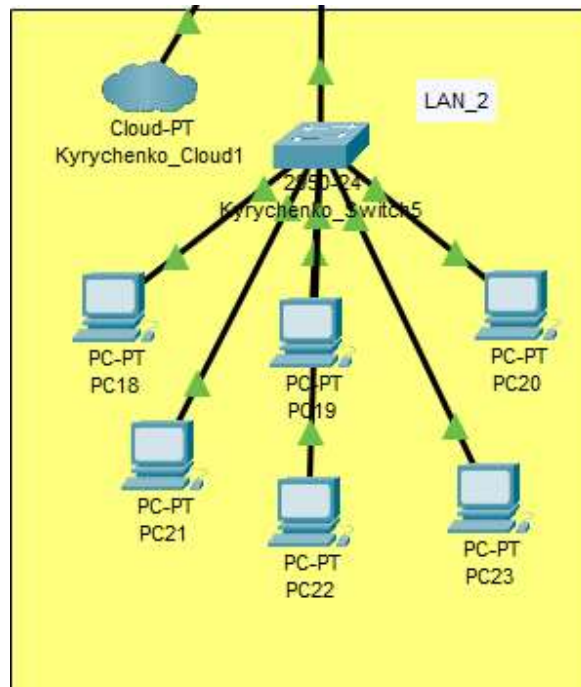


Рис.3.5 – LAN_2

4. Різнокольорова зона (LAN_3):

Підключення через комутатор 2950-24 (Switch0)

Пристрої: PC-PT PC0 - PC17

Підключення до серверу DNS (Kyrychenko_ServerDNS)

5. Помаранчева зона (LAN_4):

Підключення через маршрутизатор Kyrychenko_Router5

Пристрої: PC-PT PC36 - PC41

Підключення до Cloud-PT (Kyrychenko_Cloud0)

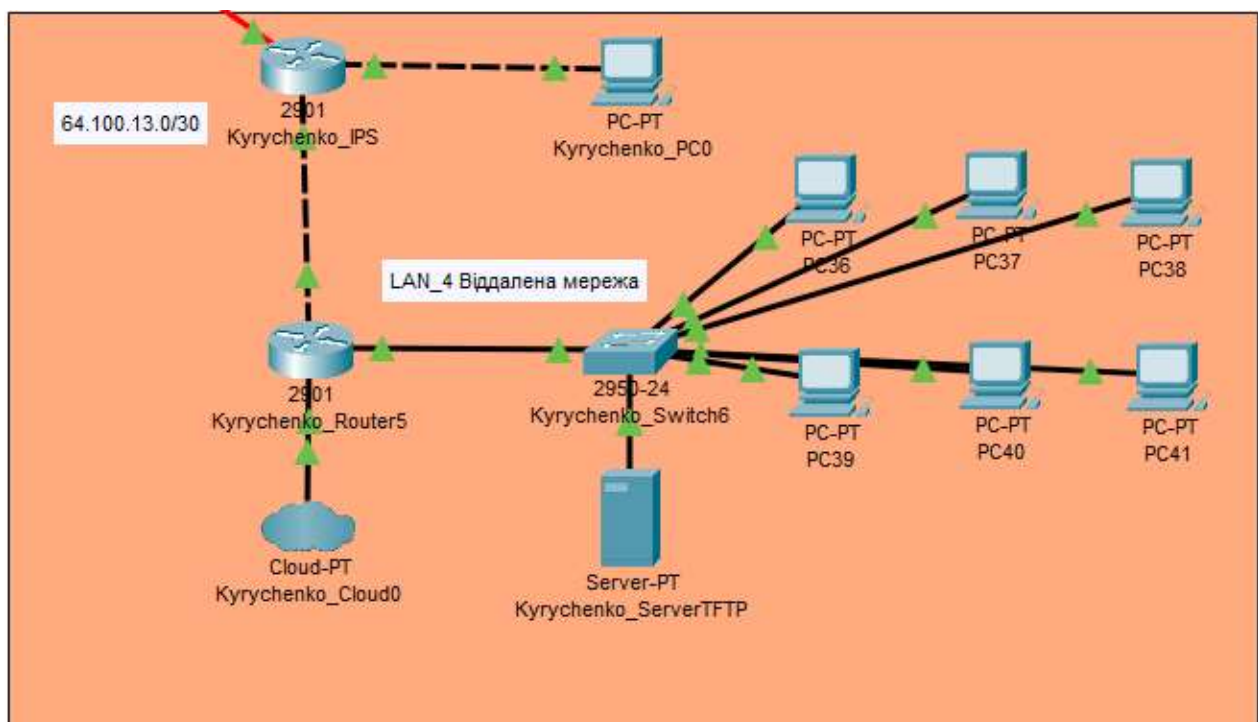


Рис.3.6 – LAN_4

3.3 Налаштування моделі комп'ютерної системи

3.3.1 Базове налаштування конфігурації пристроїв

Виконаємо конфігурацію яка включатиме в себе налаштування базових параметрів, які необхідні для забезпечення безпечного та ефективного функціонування пристроїв. Усі команди описані нижче із детальним поясненням їх функцій.

Пояснення команд

1. Перехід в привілейований режим:

```
enable
```


Ця команда дозволяє перейти в привілейований режим конфігурації.

2. Перехід в режим глобальної конфігурації:

```
configure terminal
```

Використовується для переходу в режим глобальної конфігурації, де можна вносити зміни в налаштування пристрою.

3. Налаштування лінії консолі:

```
line console 0
```

```
password cisco
```

```
login
```

```
end
```

Налаштовує лінію консолі з паролем `cisco` і вимагає авторизації при підключенні.

4. Налаштування віртуальних термінальних ліній (VTY):

```
configure terminal
```

```
line vty 0 15
```

```
password cisco
```

```
login
```

```
end
```

Встановлює пароль `cisco` для VTY ліній, що використовуються для віддаленого доступу, і вимагає авторизації.

5. Створення користувача з високими привілеями:

```
username 123202_Kurychenko privilege 15 password admincisco
```

Додає користувача `123202_Kurychenko` з привілеями рівня 15 (максимальний рівень доступу) і паролем `admincisco`.

6. Встановлення пароля для привілейованого режиму:

```
enable secret class
```

Встановлює зашифрований пароль `class` для входу в привілейований режим.

7. Шифрування паролів:

```
service password-encryption
```

Вмикає шифрування паролів в конфігурації, щоб підвищити рівень безпеки.

8. Банер повідомлення дня (MOTD):

```
banner motd #Курченко 123-20-2#
```

Встановлює банер MOTD, який буде відображатися при підключенні до маршрутизатора.

9. Вимога використання SSH для віддаленого доступу:

```
line vty 0 15
```

```
transport input ssh
```

```
end
```

Дозволяє тільки SSH з'єднання для VTY ліній, що підвищує безпеку віддаленого доступу.

10. Збереження поточної конфігурації:

```
copy running-config startup-config
```

Зберігає поточну конфігурацію в файл запуску, щоб зміни збереглися після перезавантаження.

11. Налаштування інтерфейсу Serial:

```
interface Serial0/3/0
```

```
clock rate 128000
```

Налаштовує серійний інтерфейс з частотою тактирування 128000.

12. Встановлення доменного імені:

```
ip domain-name Switch3.com
```

Встановлює доменне ім'я для маршрутизатора.

13. Генерація RSA ключів:

```
crypto key generate rsa general-keys modulus 1024
```

Генерує RSA ключі з модулем 1024 для шифрування трафіку.

14. Включення нової моделі AAA:

```
aaa new-model
```

Активує нову модель AAA (Authentication, Authorization, Accounting) для управління доступом.

15. Налаштування AAA обліку:

```
aaa accounting exec default start-stop group tacacs+
```

Вмикає облік виконавчих команд з використанням TACACS+ для контролю і реєстрації дій користувачів.

3.3.2 Налаштування маршрутизаторів

Налаштуємо маршрутизатори у відповідності з вказаними вимогами:

- оголосити безпосередньо підключені мережі і відключити поширення оновлень маршрутизації на інтерфейси в локальній мережі;
- для VLAN мереж настроїти сумарний маршрут і оголосити його іншим маршрутизаторам;
- у разі реалізації в мережі протоколу OSPF змінити еталонну пропускну спроможність для обчислення вартості за умовчанням для дозволу інтерфейсів Gigabit на значення = 1000;
- задати пропускну спроможність на serial-інтерфейсах = 128 Кб/с, вартість метрики = 7500;
- налаштувати маршрут за умовчанням на маршрутизаторі з прямим підключенням до інтернет-провайдера (ISP) і розповсюдити його через оновлення маршрутизації;
- налаштувати на цьому маршруті ручне підсумовування (протокол маршрутизації підсумовує тільки підмережі організації), включити в таблицю приєднані мережі; – додати статичні маршрути так, щоб будь-які два комп'ютери мережі могли взаємодіяти один з одним.

Налаштувати всі маршрутизатори на підтримку служби AAA необхідно таким чином:

- для перевірки підключень до VTY ліній на маршрутизаторі використовувати локальну базу даних користувачів;
- для доступу до консолі використовувати аутентифікацію на основі протоколу RADIUS і якщо немає – локальну базу даних;

– RADIUS-сервер налаштувати наступним чином: ключове слово – radius123; в якості облікового запису користувачів використовувати ім'я пристрою з паролем admin123

Для налаштування всіх маршрутизаторів на підтримку служби AAA (Authentication, Authorization, Accounting) згідно з вашими вимогами, потрібно виконати наступні кроки:

Налаштування маршрутизаторів

1. Локальна база даних користувачів для VTY ліній:

- Для налаштування доступу до VTY (Virtual Terminal Lines) маршрутизатора за допомогою локальної бази даних користувачів, використайте наступні кроки:

```
line vty 0 15
```

```
login local
```

Це налаштує маршрутизатор на використання локальної бази даних користувачів для автентифікації при доступі через VTY

2. Аутентифікація для консольного доступу:

Для консольного доступу використовуйте аутентифікацію через RADIUS, якщо це можливо, інакше — локальну базу даних:

```
line con 0
```

```
login authentication radius local
```

Це налаштує маршрутизатор на спробу аутентифікації через RADIUS. Якщо RADIUS недоступний або відповідь не надійшла, використовуватиметься локальна база даних користувачів.

Налаштування RADIUS-сервера

3. Налаштування RADIUS-сервера:

Додайте налаштування RADIUS-сервера на всі маршрутизатори з ключовим словом `radius123` для обміну даними та інформацією про облікові записи користувачів. Вимоги до облікового запису: ім'я пристрою з паролем `admin123`. [16]

Kyrychenko_Router0

```
enable
```

```
configure terminal
```

```
hostname Kyrychenko_Router0
```

```
interface GigabitEthernet0/0
ip address 10.25.40.1 255.255.255.0
no shutdown
```

```
interface Serial0/0/0
ip address 10.0.5.1 255.255.255.252
clock rate 128000
bandwidth 128
no shutdown
router ospf 1
network 10.25.40.0 0.0.0.255 area 0
network 10.0.5.0 0.0.0.3 area 0
auto-cost reference-bandwidth 1000
end
```

Kyrychenko_Router1

```
enable
configure terminal
hostname Kyrychenko_Router1
interface GigabitEthernet0/0
ip address 10.25.41.1 255.255.255.0
no shutdown
interface Serial0/0/0
ip address 10.0.5.5 255.255.255.252
clock rate 128000
bandwidth 128
no shutdown
```

```
router ospf 1
network 10.25.41.0 0.0.0.255 area 0
network 10.0.5.4 0.0.0.3 area 0
auto-cost reference-bandwidth 1000
end
```

Kyrychenko_Router2

```
enable
configure terminal
hostname Kyrychenko_Router2
interface GigabitEthernet0/0
ip address 10.25.42.1 255.255.255.0
no shutdown
interface Serial0/0/0
ip address 10.0.5.9 255.255.255.252
clock rate 128000
bandwidth 128
no shutdown
router ospf 1
network 10.25.42.0 0.0.0.255 area 0
network 10.0.5.8 0.0.0.3 area 0
auto-cost reference-bandwidth 1000
end
```

Kyrychenko_Router3

```
enable
configure terminal
hostname Kyrychenko_Router3
```

```
interface GigabitEthernet0/0
ip address 10.25.43.1 255.255.255.192
no shutdown
interface Serial0/0/0
ip address 209.165.202.1 255.255.255.252
clock rate 128000
bandwidth 128
no shutdown
router ospf 1
network 10.25.43.0 0.0.0.63 area 0
network 209.165.202.0 0.0.0.3 area 0
auto-cost reference-bandwidth 1000
end
```

Kyrychenko_ISP

```
enable
configure terminal
hostname Kyrychenko_ISP
interface GigabitEthernet0/0
ip address 64.100.13.1 255.255.255.252
no shutdown
interface Serial0/0/0
ip address 209.165.202.2 255.255.255.252
clock rate 128000
bandwidth 128
no shutdown
router ospf 1
```

```
network 64.100.13.0 0.0.0.3 area 0
network 209.165.202.0 0.0.0.3 area 0
auto-cost reference-bandwidth 1000
end
```

Kyrychenko_Router5

```
enable
configure terminal
hostname Kyrychenko_Router5
interface GigabitEthernet0/0
ip address 10.25.43.65 255.255.255.192
no shutdown
interface Serial0/0/0
ip address 10.0.5.13 255.255.255.252
clock rate 128000
bandwidth 128
no shutdown
router ospf 1
network 10.25.43.64 0.0.0.63 area 0
network 10.0.5.12 0.0.0.3 area 0
auto-cost reference-bandwidth 1000
end
```

Маршрут за умовчанням

На маршрутизаторі з прямим підключенням до інтернет-провайдера (Kyrychenko_Router3):

```
enable
configure terminal
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 209.165.202.2
```



```
router ospf 1
  default-information originate
end
```

Сумарні маршрути для VLAN

На всіх маршрутизаторах:

```
enable
configure terminal
router ospf 1
  network 10.25.40.0 0.0.3.255 area 0
end
```

Вимкнення розповсюдження оновлень маршрутизації на інтерфейси в локальній мережі

На всіх маршрутизаторах:

```
enable
configure terminal
router ospf 1
  passive-interface GigabitEthernet0/0
end
```

Статичні маршрути

На кожному маршрутизаторі додаємо статичні маршрути для забезпечення взаємодії між комп'ютерами мережі. Наприклад, на Kyrychenko_Router0:

```
enable
configure terminal
ip route 10.25.41.0 255.255.255.0 10.0.5.2
ip route 10.25.42.0 255.255.255.0 10.0.5.2
ip route 10.25.43.0 255.255.255.192 10.0.5.2
end
```

3.3.3 Налаштування роботи Інтернет

Для налаштування роботи Інтернет в системі, дотримуйтесь наступних кроків:

1. Встановлення одного провайдера послуг доступу до Інтернет (ISP).
2. Налаштування пограничного маршрутизатора з динамічним NAT

```
interface GigabitEthernet0/0
ip address dhcp
ip nat outside
no shutdown
```

Рис.3.7 - Конфігурація інтерфейсу, підключеного до Інтернету

```
interface GigabitEthernet0/1
ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
ip nat inside
no shutdown
```

Рис.3.8 - Конфігурація інтерфейсу, підключеного до внутрішньої мережі

Створення пула NAT:

```
ip nat pool Internet 209.165.202.5 209.165.202.30 netmask 255.255.255.224
```

Налаштування списку доступу для NAT (наприклад, номер варіанта студента 20):

```
access-list 20 permit 192.168.1.0 0.0.0.255
```

Конфігурація динамічного NAT:

```
ip nat inside source list 20 pool Internet
```

3. Налаштування сервера HTTP

Встановлення HTTP сервера на маршрутизаторі (припускаємо, що IP сервера 209.165.202.4):

```
ip http server
```

```
ip http secure-server
```

Створення запису для DNS:

```
ip dns server
ip host 123.kurychenko.ua 209.165.202.4
```

Налаштування site-to-site VPN з використанням IPsec

Для налаштування VPN необхідно мати інформацію про віддалену мережу та IP-адресу віддаленого маршрутизатора.

Налаштування ACL для цікавого трафіку:

```
access-list 110 permit ip 192.168.1.0 0.0.0.255 10.0.0.0 0.0.0.255
```

Налаштування IKE Phase 1:

```
crypto isakmp policy 1
encryption aes
hash sha
authentication pre-share
group 2
lifetime 86400
crypto isakmp key Kurychenko123202 address 64.100.13.1
```

Налаштування IKE Phase 2:

```
crypto ipsec transform-set VPN-SET esp-aes esp-sha-hmac
crypto map VPN-MAP 10 ipsec-isakmp
set peer 64.100.13.1
set transform-set VPN-SET
match address 110
```

Прив'язка crypto map до зовнішнього інтерфейсу:

```
interface GigabitEthernet0/0
```

```
crypto map VPN-MAP
```

3.3.4 Налаштування мереж VLAN

VLAN (Virtual Local Area Network) — це технологія мережі, яка дозволяє групувати комп'ютери, пристрої і сервери в одній логічній мережі, незалежно від їх фізичного розташування. VLAN дозволяє розділити фізичну мережу на декілька логічних мереж, які можуть взаємодіяти одна з одною або залишатися ізольованими, залежно від налаштувань. Це дозволяє підвищити безпеку, керованість та ефективність мережі.

Таблиця 3.7 – Мережі VLAN

Номер VLAN	Ім'я VLAN	Примітка
1	default	Не використовується
25	Accounting	Для бухгалтерії
35	Resources Department	Для відділу кадрів
45	Guest	Для гостей
99	Management	Для управління пристроями
100	Native	Власна мережа

Налаштування VLAN на маршрутизаторі

```
vlan database
vlan 15 name VLAN_15
vlan 25 name VLAN_25
vlan 35 name VLAN_35
vlan 99 name Management
vlan 100 name Native
```

Рис.3.9 - Створення VLAN

```
interface vlan 15
ip address 192.168.15.1 255.255.255.0
no shutdown

interface vlan 25
ip address 192.168.25.1 255.255.255.0
no shutdown

interface vlan 35
ip address 192.168.35.1 255.255.255.0
no shutdown

interface vlan 99
ip address 192.168.99.1 255.255.255.0
no shutdown

interface vlan 100
ip address 192.168.100.1 255.255.255.0
no shutdown
```

Рис.3.10 - Налаштування інтерфейсів VLAN

```
interface gigabitEthernet 0/1
switchport mode trunk
switchport trunk allowed vlan 15,25,35,99,100
```

Рис.3.11 - Налаштування транкових портів

```
interface gigabitEthernet 0/2
switchport mode access
switchport access vlan 15

interface gigabitEthernet 0/3
switchport mode access
switchport access vlan 25

interface gigabitEthernet 0/4
switchport mode access
switchport access vlan 35
```

Рис.3.12 - Налаштування портів доступу

```
interface gigabitEthernet 0/2
switchport port-security
switchport port-security maximum 2
switchport port-security violation restrict
switchport port-security mac-address sticky
```

Рис.3.13 - Включення безпеки портів

Маршрутизація трафіку між VLAN відбувається через маршрутизатор, де кожна VLAN підключена до свого віртуального інтерфейсу. Замість використання окремих фізичних портів для кожної VLAN, що є неефективним, можна створити логічні під-інтерфейси на одному фізичному інтерфейсі маршрутизатора. Конфігурація маршрутизації на під-інтерфейсах виконується з використанням технології 802.1Q для інкапсуляції. Кожній VLAN відповідає окремий під-інтерфейс з власною IP-адресою.

Налаштування інкапсуляції dot1Q:

```
interface gigabitEthernet 0/0.15
encapsulation dot1Q 15
ip address 192.168.15.1 255.255.255.0

interface gigabitEthernet 0/0.25
encapsulation dot1Q 25
ip address 192.168.25.1 255.255.255.0

interface gigabitEthernet 0/0.35
encapsulation dot1Q 35
ip address 192.168.35.1 255.255.255.0

interface gigabitEthernet 0/0.99
encapsulation dot1Q 99
ip address 192.168.99.1 255.255.255.0

interface gigabitEthernet 0/0.100
encapsulation dot1Q 100
ip address 192.168.100.1 255.255.255.0
```

Рис.3.14 - Створення під-інтерфейсів

Налаштування DHCP:

```

ip dhcp pool VLAN_15
network 192.168.15.0 255.255.255.0
default-router 192.168.15.1
dns-server 8.8.8.8

ip dhcp pool VLAN_25
network 192.168.25.0 255.255.255.0
default-router 192.168.25.1
dns-server 8.8.8.8

ip dhcp pool VLAN_35
network 192.168.35.0 255.255.255.0
default-router 192.168.35.1
dns-server 8.8.8.8

ip dhcp pool Management
network 192.168.99.0 255.255.255.0
default-router 192.168.99.1
dns-server 8.8.8.8

ip dhcp pool Native
network 192.168.100.0 255.255.255.0
default-router 192.168.100.1
dns-server 8.8.8.8

```

Рис.3.15 - Створення DHCP пулу

```

ip dhcp excluded-address 192.168.15.1 192.168.15.10
ip dhcp excluded-address 192.168.25.1 192.168.25.10
ip dhcp excluded-address 192.168.35.1 192.168.35.10
ip dhcp excluded-address 192.168.99.1 192.168.99.10
ip dhcp excluded-address 192.168.100.1 192.168.100.10

```

Рис.3.16 - Виключення статичних адрес

Налаштування AAA:

```

aaa new-model
aaa authentication login default group radius local
aaa authentication login VTY-LOGIN local
line vty 0 4
login authentication VTY-LOGIN

```

Рис.3.17 - Налаштування AAA для VTY та консолі

4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО МОДУЛЯ СИСТЕМИ

4.1 Призначення та область застосування програмного забезпечення

Програмне забезпечення призначене для керування дріжджевими реакторами. Розроблене програмне забезпечення входить до складу КфС ДР. Воно призначене для керування виробничим обладнанням у реальному часі. Запуск і зупинка дріжджєвих реакторів можливі від КфС ДР, від іншої системи автоматизації або АРМ. Також можливий ручний режим управління з автоматичним контролем. Управління основними циклами здійснюється КфС ДР автоматично.

4.2.1 Постановка задачі на розробку програми

Програмне забезпечення для кіберфізичної системи ділянок дріжджєвих реакторів (КфС ДР) повинно забезпечувати управління процесами у реальному часі, включаючи контроль і регулювання температури, рН, рівня рідини, подачі поживних речовин та інших параметрів, необхідних для оптимального функціонування дріжджєвих реакторів.

4.2.2 Опис і обґрунтування вибору методу організації вхідних і вихідних даних

Згідно таблиці 2.1, програма кіберфізичної системи ділянок дріжджєвих реакторів (КфС ДР) повинна використовувати наступні вхідні дані:

Керуючі впливи (команди) включення і виключення обладнання.

Технологічні сигнали (ТС) і технологічні індикатори (ТИ), що надходять від датчиків рівня води, тиску повітря, температури, рівня дріжджєвої суспензії, витрати технічної води, тиску в апараті та рівня рН, як описано в таблиці 2.1, з розташуванням відповідно до схеми графічної частини роботи.

Згідно таблиці 2.1, програма повинна видавати наступні вихідні дані:

Інформацію на автоматизовану систему вищого рівня або робоче місце оператора (АРМ) про стан КфС ДР у вигляді електронних повідомлень (ЕПК) ТС і даних ТИ від апаратури контролю і вимірювання (КІП) та автоматики (А), згідно з таблицею 2.1 і схемами графічної частини проекту.

Управляючі сигнали (ТУ) на виконавчі органи клапанів подачі повітря, води, миючого розчину та зливу дріжджєвої суспензії.

4.3 Розробка математичних моделей управління процесом

Виконаємо розробку математичних моделей управління процесом для кіберфізичної системи ділянок дріжджових реакторів (КФС ДР). Математичне моделювання є важливим етапом у розробці систем автоматичного управління, оскільки дозволяє точно визначити закономірності та взаємозв'язки між різними параметрами процесу.

На основі отриманих вхідних даних з датчиків рівня води, тиску повітря, температури, рівня дріжджової суспензії, витрати технічної води, тиску в апараті та рівня рН, буде сформовано моделі, які дозволяють оптимізувати управління технологічними процесами. Крім того, визначені вихідні дані, такі як сигнали на виконавчі органи клапанів подачі повітря, води, миючого розчину та зливу дріжджової суспензії, забезпечать ефективне функціонування системи.

Математичні моделі будуть представлені у вигляді станів та переходів між ними, що дозволить чітко відстежувати та контролювати кожен етап процесу. Для кожного стану будуть визначені відповідні умови та дії, що забезпечують автоматизацію та безперервність процесу. Застосування таких моделей забезпечує підвищення ефективності роботи системи, зниження ризиків помилок і стабільність технологічного процесу.[17]

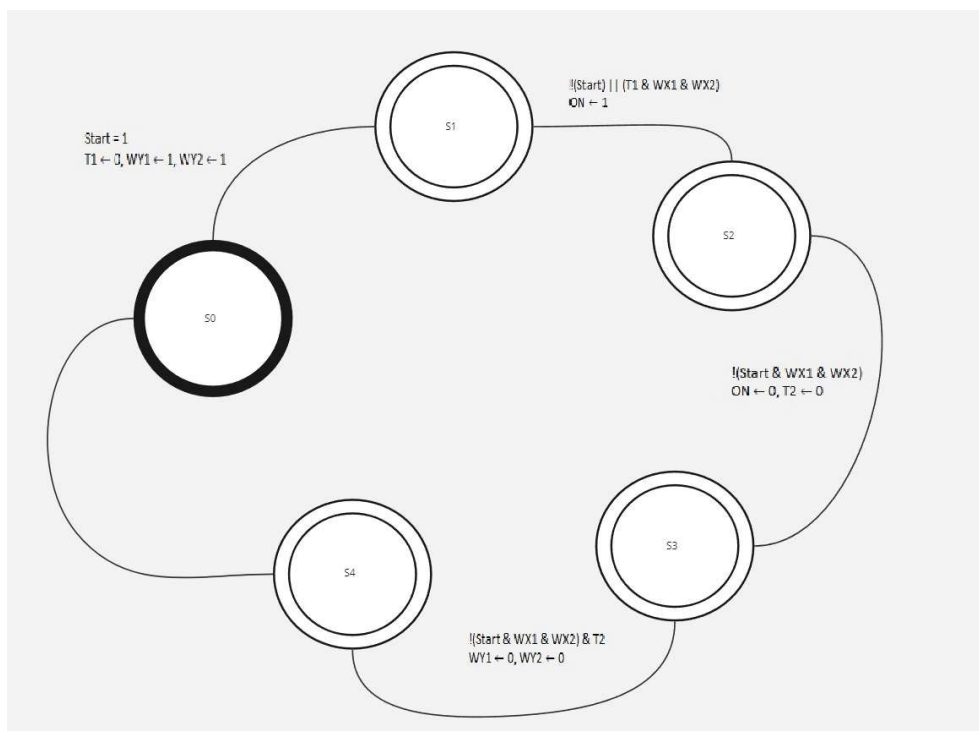


Рис.4.1 – Граф станів дріжджеростильного апарату

Цей рисунок ілюструє послідовність станів, через які проходить дріжджеростильний апарат під час свого циклу роботи. Граф містить наступні стани:

1. S0: Очікування - стан, в якому апарат знаходиться у режимі очікування і готовий до початку нового циклу. Всі системи перевіряються на готовність до роботи.
2. S1: Завантаження - стан, в якому здійснюється завантаження необхідних інгредієнтів (поживні речовини, вода, дріжджі) до апарату. Використовуються датчики для контролю рівня води та інших компонентів.
3. S2: Вирощування дріжджів - стан, в якому відбувається процес вирощування дріжджів. Контролюються параметри середовища, такі як температура, рівень рН та аерація (подавання повітря).
4. S3: Зливання води - стан, в якому здійснюється злив води з апарату після завершення вирощування дріжджів. Застосовуються клапани для контролю процесу зливу.

S3V0: Початок зливу

S3V1: Кінець зливу

5. S4: Промивка - стан, в якому апарат промивається після завершення циклу вирощування дріжджів для підготовки до нового циклу. Використовуються миючі розчини та контролюються відповідні параметри.

S4V0: Початок промивки

S4V1: Кінець промивки

Компоненти та їх функції:

Датчики:

ДРВ-О-О - Датчик рівня води очищеної для охолодження (Siemens Sitrans LR250)

ДРВ-О-М - Датчик рівня води очищеної для мийки (Siemens Sitrans LR250)

ДТП - Датчик тиску повітря (Rosemount 3051S)

ДТ - Датчик температури (Endress+Hauser iTHERM TM411)

ДРДС - Датчик рівня дріжджової суспензії (Endress+Hauser Liquiphant FTL50)

ДВТ - Датчик витрати технічної води (Електромагнітний витратомір)

ДТА - Датчик тиску в апараті (Siemens SITRANS P320)

ДР-рН - Датчик рівня рН (Endress+Hauser CPS11D)

Клапани:

КПП - Клапан подачі повітря (Festo VUVG-L10-M52-MZT-F-1P3)

КПВ - Клапан подачі води (Bürkert Type 6213)

КЗДС - Клапан зливу дріжджової суспензії (Alfa Laval Unique SSV)

КПМР - Клапан подачі миючого розчину (Festo VZWM)

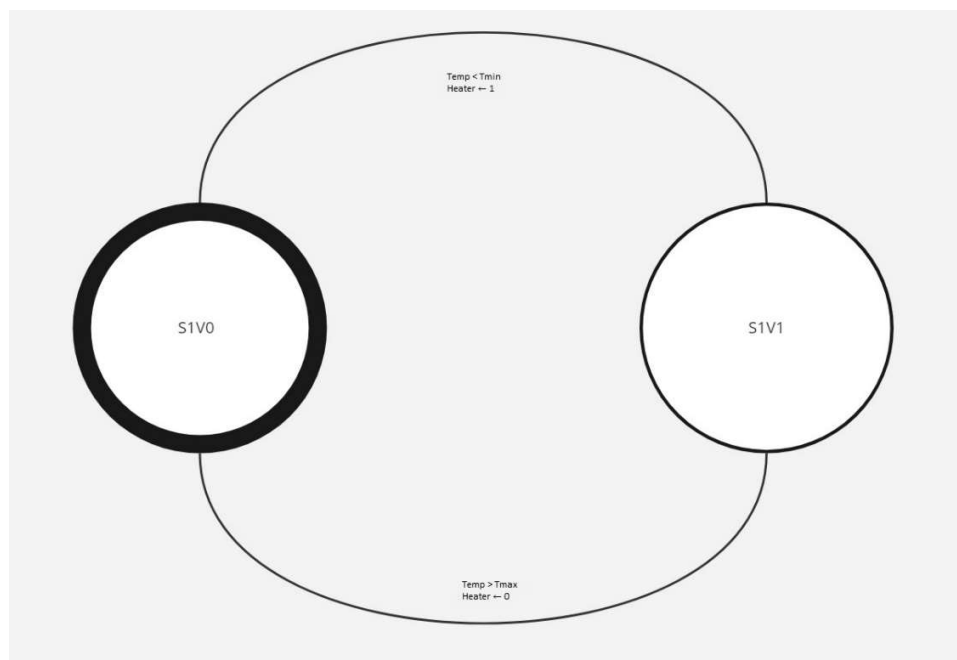


Рис.4.2 – Граф стану завантаження

Цей стан ілюструє процес завантаження необхідних інгредієнтів до дріжджеростильного апарату. У процесі завантаження здійснюються наступні основні дії:

1. S1V0: Початок завантаження

-Подача води - вода подається до апарату через клапан подачі води (КПВ).

Контроль рівня води - датчик рівня води очищеної для мийки (ДРВ-О-М) контролює кількість води, яка подається.

Подача поживних речовин - поживні речовини додаються до апарату для створення оптимального середовища для вирощування дріжджів.

2. S1V1: Завершення завантаження

Перевірка рівня компонентів - датчики контролюють рівень води та поживних речовин, щоб переконатися, що вони досягли необхідних значень.

Готовність до вирощування - після завершення завантаження апарат переходить до наступного стану вирощування дріжджів.

Основні компоненти та їх функції:

Датчики:

ДРВ-О-М - Датчик рівня води очищеної для мийки (Siemens Sitrans LR250): контролює рівень води.

ДРДС - Датчик рівня дріжджової суспензії (Endress+Hauser Liquiphant FTL50): контролює рівень суспензії.

ДТ - Датчик температури (Endress+Hauser iTHERM TM411): вимірює температуру.

ДР-рН - Датчик рівня рН (Endress+Hauser CPS11D): контролює рівень рН.

Клапани:

КПВ - Клапан подачі води (Bürkert Type 6213): подає воду до апарату.

КПП - Клапан подачі повітря (Festo VUVG-L10-M52-MZT-F-1P3): подає повітря до апарату.

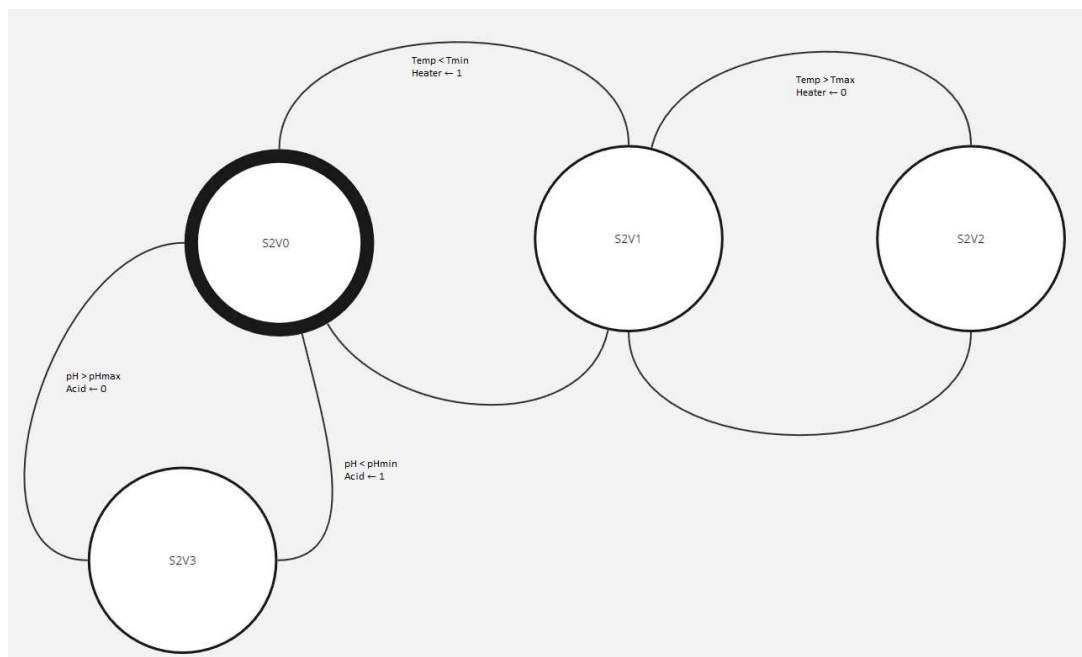


Рис.4.3 – Граф вирощування дріжджів

1. S2V0: Початок вирощування

Подача повітря - повітря подається до апарату через клапан подачі повітря щоб забезпечити аерацію середовища.

Контроль температури - датчик температури контролює температуру середовища для забезпечення оптимальних умов для росту дріжджів.

2. S2V1: Контроль параметрів середовища

Вимірювання рівня рН - датчик рівня рН вимірює рівень кислотності середовища, щоб підтримувати оптимальний рівень для вирощування дріжджів.

Контроль рівня дріжджової суспензії - датчик рівня дріжджової суспензії слідкує за рівнем суспензії у апараті.

3. S2V2: Підтримка процесу вирощування

Регулювання подачі повітря - клапан подачі повітря регулює подачу повітря для підтримки необхідного рівня кисню у середовищі.

Контроль тиску - датчик тиску в апараті контролює тиск, щоб забезпечити безпеку і ефективність процесу.

4. S2V3: Завершення вирощування

Перевірка параметрів - всі датчики перевіряють параметри середовища, щоб переконатися, що вирощування завершилося успішно.

Підготовка до зливу - апарат готується до зливу дріжджової суспензії для подальшого використання або обробки.

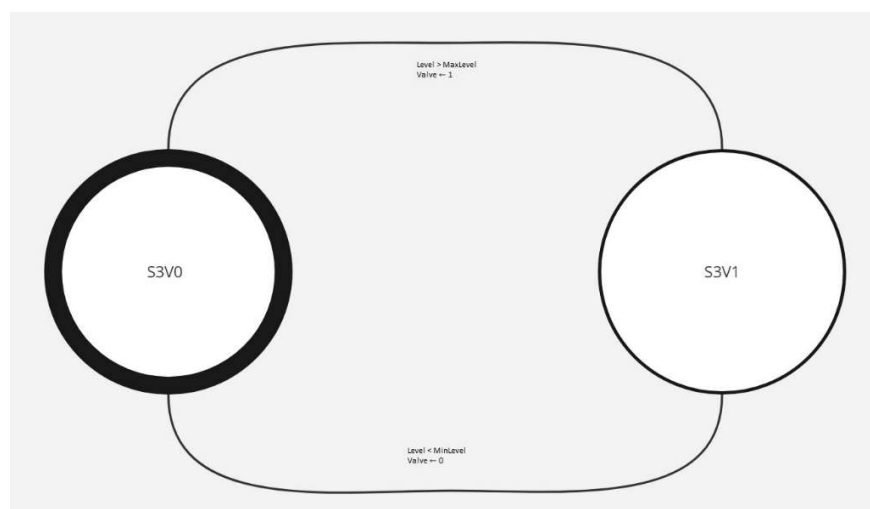


Рис.4.4 – Граф зливання води

Цей стан ілюструє процес зливання води з дріжджеростильного апарату після завершення вирощування дріжджів. У процесі зливання здійснюються наступні основні дії:

1. S3V0: Початок зливу

Активування клапана зливу - клапан зливу дріжджової суспензії відкривається для початку зливу.

Контроль рівня води - датчик рівня води очищеної для мийки контролює процес зливу води, забезпечуючи, щоб вся вода була повністю видалена з апарату.

2. S3V1: Завершення зливу

Закриття клапана зливу - після завершення зливу клапан зливу дріжджової суспензії закривається.

Перевірка параметрів - датчики перевіряють, щоб переконатися, що рівень води досяг нуля і апарат готовий до наступного етапу.

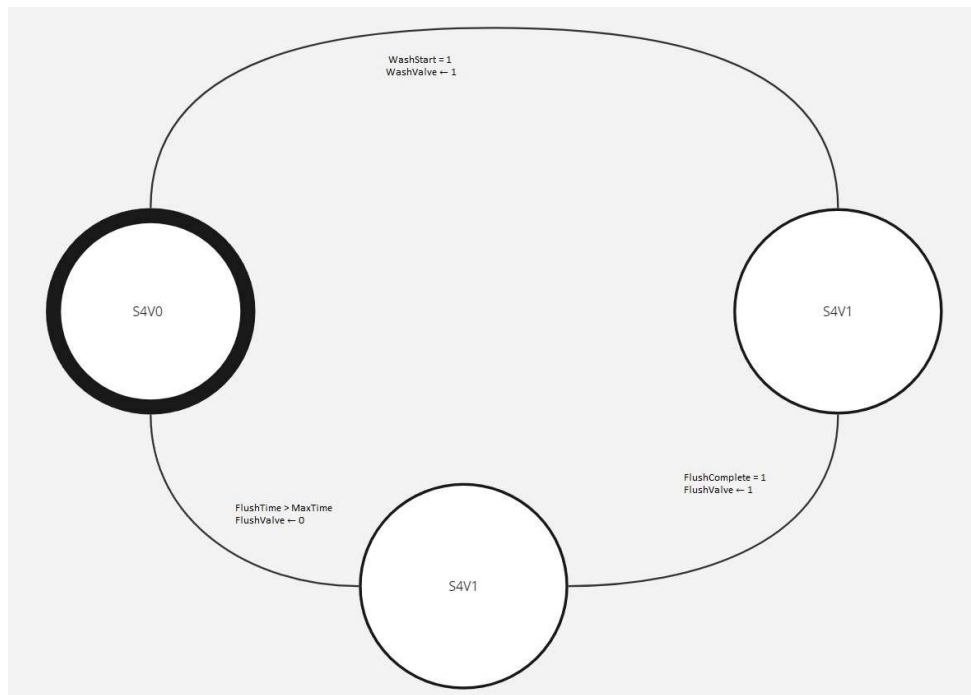


Рис.4.5 – Граф промивки

Цей стан ілюструє процес промивки дріжджеростильного апарату після завершення зливу води. У процесі промивки здійснюються наступні основні дії:

1. S4V0: Початок промивки

Подача миючого розчину - миючий розчин подається до апарату через клапан подачі миючого розчину.

Контроль параметрів - датчики контролюють параметри миючого розчину, такі як рівень і температура, для забезпечення ефективної промивки.

2. S4V1: Завершення промивки

Злив миючого розчину - після завершення промивки миючий розчин зливається з апарату.

Перевірка чистоти - датчики перевіряють стан апарату, щоб переконатися в його чистоті і готовності до наступного циклу.

4.4 Опис та обґрунтування вибору та складу технічних та програмних засобів

Технічні та програмні засоби для розробки програми обумовлені Довідковим керівництвом з використання контролерів OMRON CP1L-EM30DT1-D. Мова програмування – LAD. Середовище розробки – CodySys3.5 для Windows 10. Технічні засоби – комп'ютер, сумісний з IBM PC2, UTP-кабель Ethernet для прямого підключення або комутатор Ethernet з двома UTP-кабелями Ethernet для підключення через комутатор.

4.5 Опис розробленої програми

4.5.1 Загальні відомості

Текст програми розміщений у проєкті DG1 для CoDeSys 3.5. Усі тексти та завантажувальний модуль програми приховані.

Для завантаження програми в контролер потрібне середовище CoDeSys 3.5. Один раз завантажена в контролер програма розміщується в енергонезалежній пам'яті і в подальших завантаженнях не потребує. Для виконання програми використовується вбудований в OMRON CP1L-EM30DT1-D інтерпретатор. Запуск програми на виконання відбувається при увімкненні живлення.

Мова реалізації програми – LAD для контролера OMRON.

4.5.2 Функціональне призначення

Програма формує керуючі впливи на технологічне обладнання ділянок дріжджових реакторів у штатному та аварійному режимах роботи під управлінням кіберфізичної системи.

Програма здатна самостійно виконувати основний технологічний цикл без участі кіберфізичної системи більш високого рівня або АРМ.

Програма здатна розпочати технологічний цикл кіберфізичної системи або АРМ.

Програма реалізує функції ПАЗ згідно із загальними вимогами до одноконтурних АСУ ТП.

Програма не веде протокол процесу.

Програма не керує каналом зв'язку з кіберфізичною системою або АС більш високого рівня.

4.5.3 Опис логічної структури програми

Програма користувача розміщена в сегменті оперативної пам'яті програм користувача контролера OMRON CP1L-EM30DT1-D і складається з організаційного блоку Main, таблиці тегів маркерної пам'яті, функції FermentationControl, функціонального блоку RegulateTemp.

Блок Main реалізує основний граф управління реакторами та вентиляційним обладнанням. Також тут реалізовано ПАЗ за неспрацюванням пускачів вентиляторів. Блок Main викликає функцію FermentationControl в робочому режимі системи.

Функція FermentationControl отримує дані про температуру та рівень дріжджів у реакторі, порівнює з еталоном і, за потреби, викликає функціональний блок RegulateTemp.

Функціональний блок RegulateTemp поєднує в собі функції регулятора і управління кроковим двигуном клапана подачі живильного середовища за відхиленням поточної температури від заданої.

Програма написана мовою LAD для контролера OMRON і представлена у вигляді релейно-контактної логіки.

4.6 Використовувані технічні засоби

Для виконання програми необхідні:

- Контролер OMRON CP1L-EM30DT1-D – 1 шт.;
- Плата вводу аналогового сигналу з термопари CJ1W-TS561 – 1 шт.;
- Модуль живлення PS-307 10A – 1 шт

ВИСНОВОК

В ході виконання кваліфікаційної роботи було розглянуто, спроектовано та досліджено кіберфізичну систему (КФС) для ділянки дріжджових реакторів на лінії з виготовлення спирту класу "Люкс". Мета роботи полягала у вдосконаленні виробничих процесів за рахунок впровадження сучасних інформаційних технологій для підвищення продуктивності, ефективності та безпеки.

Було проведено детальний аналіз сучасних кіберфізичних систем, що використовуються у харчовій промисловості. Розглянуто інноваційні підходи до автоматизації та оптимізації виробничих процесів, які можуть бути застосовані для вдосконалення процесу вирощування дріжджів.

На основі аналізу технічних вимог було розроблено структуру апаратної частини КФС. Вибрано та обґрунтовано технічні засоби, необхідні для забезпечення безперервного моніторингу та управління технологічними процесами. Розроблено та налаштовано корпоративну мережу для забезпечення надійної комунікації між компонентами системи. Виконано розрахунок схеми адресації та налаштування мережевих пристроїв для забезпечення високої продуктивності та безпеки передачі даних.

Розроблено програмне забезпечення для збору, обробки та аналізу даних з датчиків та контролерів. Програма забезпечує можливість реального часу моніторингу та управління процесом вирощування дріжджів, а також автоматичне введення та оновлення технологічних параметрів.

Розроблено методи та засоби захисту інформації в системі, включаючи налаштування мережевих захистів, аутентифікацію користувачів та шифрування даних для запобігання несанкціонованому доступу та забезпечення стабільної роботи системи.

Впровадження кіберфізичної системи для ділянки дріжджових реакторів на лінії з виготовлення спирту класу "Люкс" дозволяє досягти значних переваг у виробничому процесі. Основними перевагами є підвищення продуктивності, зниження витрат на виробництво, підвищення якості кінцевого продукту та забезпечення високого рівня безпеки даних. Подальший розвиток даної теми може включати:

Розширення функціоналу системи для автоматизації інших ділянок виробництва.

Впровадження технологій машинного навчання для аналізу даних та прогнозування можливих несправностей.

Дослідження можливостей інтеграції КФС з іншими системами управління виробничими процесами для створення комплексної системи управління підприємством.

ДЖЕРЕЛА

1. Вокер, Г. М., Вокер, Р. С. К. (2018). Покращення спиртового бродіння дріжджів. Досягнення в прикладній мікробіології, Том 105. Academic Press. 264 с.
2. Мюллер, Дж. А., Бойл, В. К., Попель, Х. Й. (2002). Аерація: Принципи та практика. CRC Press. 353 с.
3. Бекатору, А., Псаріанос, К., Кутінас, А. А. (2006). Виробництво харчових дріжджів. Харчова технологія та біотехнологія, 44(3), 407-415.
4. Сонг, Х., Равар, Д. Б., Єшке, С., Брехер, К. (ред.). (2017). Кіберфізичні системи: Основи, принципи та застосування. Academic Press. 514 с.
5. Ван, Ф.-Ю., Лю, Д. (2018). Кіберфізичні системи: Інтегроване обчислення та інженерне проектування. CRC Press. 438 с.
6. Нільсен, Й., Єврейнов, Е. Д., Кешкін, З., Бро, К. (2017). Проектування біореакторів і системний аналіз: Фундаментальні поняття, визначення та моделювання. Cambridge University Press. 504 с.
7. Сонг, Х., Сешія, С., Жао, В., Джа, Р. (2016). Розумні кіберфізичні системи: до інтелектуального виробництва. Journal of Manufacturing Systems, 40(1), 335-345. (стаття)
8. OMRON (2021). Посібник користувача серії NX/NJ. OMRON Corporation. 772 с.
9. CP1L-EM30DT1-D [Електронний ресурс] - Режим доступу: URL: <https://industrial.omron.eu/en/products/CP1L-EM30DT1-D>
10. OMRON CP1W-40EDT CP1W-40EDT [Електронний ресурс] - Режим доступу: URL: <https://www.ebay.com/itm/164400154989>
11. CP1W-AD042 [Електронний ресурс] - Режим доступу: URL: <https://industrial.omron.eu/en/products/CP1W-AD042>
12. CP1W-CIF01 [Електронний ресурс] - Режим доступу: URL: <https://www.tme.eu/ua/en/details/cp1w-cif01/plc-drivers/omron/>
13. S8VK-G06024 [Електронний ресурс] - Режим доступу: URL: <https://www.tme.eu/ua/en/details/s8vk-g06024/din-rail-mounting-power-supplies/omron/>
14. Лэммл, Т. (2018). CCNA: Маршрутизація та комутація. Повне керівництво по вивченню (4-ге вид.). Sybex. 1136 с.
15. Думас, М., Моррис, Р. (2016). Корпоративні комп'ютерні та мережеві технології: Теорія та практика. CRC Press. 428 с.
16. Уайт, Р., Банкс, Е. (2018). Комп'ютерні мережі: Проблеми та рішення (2-ге вид.). Pearson IT Certification. 912 с.
17. Астром, К. Дж., Мюррей, Р. М. (2021). Зворотний зв'язок і контроль для інженерів (2-ге вид.). Princeton University Press. 544 с.

Програма на Codesys

```
PROGRAM YeastReactorControl
```

```
VAR
```

```
    State : INT := 0; // Поточний стан
```

```
    SubState : INT := 0; // Поточний підстан
```

```
    Start : BOOL; // Почати процес
```

```
    Stop : BOOL; // Зупинити процес
```

```
    WaterLevel : REAL; // Рівень води
```

```
    NutrientLevel : REAL; // Рівень поживних речовин
```

```
    AirPressure : REAL; // Тиск повітря
```

```
    Temperature : REAL; // Температура
```

```
    pHLevel : REAL; // Рівень pH
```

```
    YeastSuspensionLevel : REAL; // Рівень дріжджової суспензії
```

```
    CleaningSolutionLevel : REAL; // Рівень миючого розчину
```

```
END_VAR
```

```
// Константи для мінімальних рівнів та оптимальних умов
```

```
CONST
```

```
    MIN_WATER_LEVEL : REAL := 10.0;
```

```
    MIN_NUTRIENT_LEVEL : REAL := 5.0;
```

```
    OPTIMAL_TEMPERATURE : REAL := 30.0;
```

```
    OPTIMAL_PH_LEVEL : REAL := 7.0;
```

```
    OPTIMAL_AIR_PRESSURE : REAL := 1.0;
```

```
END_CONST
```

// Функції для зчитування датчиків (псевдофункції)

FUNCTION ReadWaterLevel : REAL

// Зчитування рівня води

END_FUNCTION

FUNCTION ReadNutrientLevel : REAL

// Зчитування рівня поживних речовин

END_FUNCTION

FUNCTION ReadAirPressure : REAL

// Зчитування тиску повітря

END_FUNCTION

FUNCTION ReadTemperature : REAL

// Зчитування температури

END_FUNCTION

FUNCTION ReadPHLevel : REAL

// Зчитування рівня рН

END_FUNCTION

FUNCTION ReadYeastSuspensionLevel : REAL

// Зчитування рівня дріжджової суспензії

END_FUNCTION

FUNCTION ReadCleaningSolutionLevel : REAL

```
// Зчитування рівня миючого розчину
END_FUNCTION

// Основний цикл програми
CASE State OF
  0: // S0: Очікування
    IF Start THEN
      State := 1;
    END_IF
    // Перевірка всіх систем на готовність
    // ...

  1: // S1: Завантаження
    CASE SubState OF
      0: // S1V0: Початок завантаження
        // подача води
        WaterLevel := ReadWaterLevel();
        IF WaterLevel >= MIN_WATER_LEVEL THEN
          SubState := 1;
        END_IF
        // подача поживних речовин
        NutrientLevel := ReadNutrientLevel();
        IF NutrientLevel >= MIN_NUTRIENT_LEVEL THEN
          SubState := 2;
        END_IF
```

```
1: // S1V1: Завершення завантаження
    // Перевірка рівня компонентів
    IF WaterLevel >= MIN_WATER_LEVEL AND NutrientLevel >=
MIN_NUTRIENT_LEVEL THEN
        State := 2;
        SubState := 0;
    END_IF
END_CASE
```

2: // S2: Вирощування дріжджів

CASE SubState OF

0: // S2V0: Початок вирощування

// Подача повітря

AirPressure := ReadAirPressure();

IF AirPressure >= OPTIMAL_AIR_PRESSURE THEN

SubState := 1;

END_IF

// Контроль температури

Temperature := ReadTemperature();

IF Temperature = OPTIMAL_TEMPERATURE THEN

SubState := 1;

END_IF

1: // S2V1: Контроль параметрів середовища

// Вимірювання рівня рН

pHLevel := ReadPHLevel();

// Контроль рівня дріжджової суспензії


```
YeastSuspensionLevel := ReadYeastSuspensionLevel();
SubState := 2;

2: // S2V2: Підтримка процесу вирощування
  // Регулювання подачі повітря
  // Контроль тиску
  AirPressure := ReadAirPressure();
  SubState := 3;

3: // S2V3: Завершення вирощування
  // Перевірка параметрів
  // Підготовка до зливу
  State := 3;
  SubState := 0;
END_CASE

3: // S3: Зливання води
CASE SubState OF
  0: // S3V0: Початок зливу
    // Активування клапана зливу
    WaterLevel := ReadWaterLevel();
    IF WaterLevel = 0 THEN
      SubState := 1;
    END_IF

  1: // S3V1: Завершення зливу
```

```
// Закриття клапана зливу
State := 4;
SubState := 0;
END_CASE

4: // S4: Промивка
CASE SubState OF
  0: // S4V0: Початок промивки
    // подача миючого розчину
    CleaningSolutionLevel := ReadCleaningSolutionLevel();
    IF CleaningSolutionLevel >= MIN_WATER_LEVEL THEN
      SubState := 1;
    END_IF

  1: // S4V1: Завершення промивки
    // Злив миючого розчину
    CleaningSolutionLevel := ReadCleaningSolutionLevel();
    IF CleaningSolutionLevel = 0 THEN
      State := 0;
      SubState := 0;
    END_IF
END_CASE

ELSE
  // Інші стани, якщо необхідно
END_CASE
```

Kyrychenko_IPS

```
hostname Kyrychenko_IPS
!
!
!
enable secret 5 $1$mERr$9cTjUIEqNGurQiFU.ZeCi1
!
!
!
aaa new-model
!
aaa authentication login VTY local
aaa authentication login console group radius local
aaa authentication login default group radius local
!
!
!
aaa accounting exec default start-stop group tacacs+
!
!
no ip cef
no ipv6 cef
!
!
!
username 123202_Kyrychenko privilege 15 password 7 082048430017061E010803
!
!
license udi pid CISCO2901/K9 sn FTX15246WZK-
!
!
!
ip domain-name router4.com
!
!
spanning-tree mode pvst
!
!
interface GigabitEthernet0/0
ip address 64.100.13.1 255.255.255.252
duplex auto
speed auto
!
interface GigabitEthernet0/1
no ip address
```

```
duplex auto
speed auto
!
interface Serial0/3/0
bandwidth 128
ip address 209.165.202.2 255.255.255.252
!
interface Serial0/3/1
no ip address
clock rate 2000000
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
router eigrp 1
network 10.25.45.0 0.0.0.255
!
router ospf 1
log-adjacency-changes
auto-cost reference-bandwidth 1000
network 64.100.13.0 0.0.0.3 area 0
network 209.165.202.0 0.0.0.3 area 0
!
router rip
!
ip classless
!
ip flow-export version 9
!
!
banner motd ^CKyrychenko 123-20-2^C
!
!
line con 0
password 7 0822455D0A16
!
line aux 0
!
line vty 0 4
password 7 0822455D0A16
transport input ssh
line vty 5 15
password 7 0822455D0A16
transport input ssh
!
end
```

Kyrychenko_Switch2

```
hostname Kyrychenko_Switch2
!
enable secret 5 $1$mERr$9cTjUIEqNGurQiFU.ZeCi1
!
!
!
ip domain-name switch2.com
!
username 123202_Kyrychenko privilege 15 password 7 082048430017061E010803
!
!
!
spanning-tree mode pvst
spanning-tree extend system-id
!
interface FastEthernet0/1
!
interface FastEthernet0/2
!
interface FastEthernet0/3
!
interface FastEthernet0/4
!
interface FastEthernet0/5
!
interface FastEthernet0/6
!
interface FastEthernet0/7
!
interface FastEthernet0/8
!
interface FastEthernet0/9
!
interface FastEthernet0/10
!
interface FastEthernet0/11
!
interface FastEthernet0/12
!
interface FastEthernet0/13
!
interface FastEthernet0/14
!
interface FastEthernet0/15
!
```

```
interface FastEthernet0/16
!
interface FastEthernet0/17
!
interface FastEthernet0/18
!
interface FastEthernet0/19
!
interface FastEthernet0/20
!
interface FastEthernet0/21
!
interface FastEthernet0/22
!
interface FastEthernet0/23
!
interface FastEthernet0/24
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
banner motd ^CKyrychenko 123-20-2^C
!
!
!
line con 0
password 7 0822455D0A16
login
!
line vty 0 4
password 7 0822455D0A16
login
transport input ssh
line vty 5 15
password 7 0822455D0A16
login
transport input ssh
!
!
!
!
end
```