

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

Навчально-науковий
інститут електроенергетики
(інститут)

Факультет інформаційних технологій
(факультет)

Кафедра інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра

студента Шаповалової Маргарити Максимівни
(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 батареї бродіння 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)

" " _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалаврстудента Шаповалової М.М.
(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 батарей бродіння 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 кіберфізичної 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)доц. Ткаченко С.М.
(прізвище, ініціали)Дата видачі 25.01.2024Дата подання до екзаменаційної комісії 14.06.2024Прийнято до виконання _____ Шаповалова М.М.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 92 с., 39 рис., 9 табл., 1 дод., 21 джерел.

КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА БАТАРЕЇ БРОДІННЯ, СПИРТ КЛАСА «ЛЮКС», КОМП'ЮТЕРНА МЕРЕЖА, SIEMENS, PLC.

Метою розробки є кіберфізична система для моніторингу та управління процесами ферментації на лініях з виробництва високоякісного алкоголю спирту класу «ЛЮКС» (з використанням моделювання в packet tracers).

Метою даної роботи є створення системи автоматичного контролю і управління процесом ферментації, з метою підвищення ефективності виробництва спирту класу "Люкс" з використанням it-технологій.

Була розроблена комп'ютерна мережа з використанням вимірювальних пристроїв, таких як датчики температури, рівня pH і вологоміри. Система орієнтована на використання алкогольних напоїв у промисловому виробництві в будь-якій країні.

Створена кіберфізична система не тільки дозволяє модернізувати технологію і програмне забезпечення, але і надає наступні можливості:

- Онлайн і оффлайн моніторинг процесу ферментації;
- Автоматичне налаштування параметрів процесу ферментації;
- Аналіз ефективності виробництва та рекомендації щодо вдосконалення технічних процесів;
- Забезпечення безпеки і якості кінцевого продукту.

Розроблена комп'ютерна мережа виконується відповідно до завдання на виконання кваліфікаційної роботи бакалавра.

Поведінка системи була перевірена за допомогою моделі схеми корпоративної мережі за допомогою програми Cisco Packet Tracer.

Результати перевірки у вигляді таблиць і графіків можна знайти в пояснювальному тексті і додатку.

ЗМІСТ

Перелік скорочень, умовних познач, одиниць і термінів	8
Вступ.....	9
1 Стан питання та постановка завдання.....	10
1.1 Стисла характеристика галузі та умов застосування виробу кіберфізичної системи батареї бродіння.	10
1.2 Характеристика і структура об'єкта впровадження в галузі кіберфізичної системи батареї бродіння.	11
1.2.1 Об'єкт впровадження (ЛГЗ)	11
1.2.2 Графічна схема об'єкту	13
1.3 Стислі відомості про технології збору та передачі інформації для об'єкта впровадження з топологічною схемою розміщення структурних підрозділів підприємства.....	14
1.3.1 Схема топологічної структури заводу Хортиця	14
1.3.2 Опис підрозділів.....	15
1.3.3 Технології виробництва.....	16
1.4 Принципи та технічні способи, математичні методи інформаційного забезпечення галузі.	19
1.5 Аналітичний огляд існуючих способів обробки та передачі інформації... ..	21
1.6 Завдання і мета роботи, що виконується	27
1.7 Визначення можливого рішення та цілі	28
1.8 Обґрунтування вибраного напрямку інженерного рішення.....	31
2 Розробка апаратної частини	33
2.1 Вимоги до структури і функціонування системи	33

2.1.1	Вимоги до систем автоматизації в компаніях, що використовують комп'ютерні мережі.....	33
2.1.1.1	Перелік підсистем, їхнє функціональне призначення та ключові характеристики.....	34
2.1.1.2	Основні вимоги до структури та функціонування КС для чанів бродіння спирту на підприємстві включають:.....	35
2.1.1.3	Вимоги до характеристик взаємодії створеної системи з суміжними системами.	36
2.1.1.4	Вимоги до режимів операції кіберфізичної системи.	36
2.1.1.5	Вимоги до діагностики КС.....	36
2.1.1.6	Перспективи розвитку та вдосконалення системи.	36
2.1.2	Вимоги до визначених індикаторів.....	37
2.1.3	Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту та зберігання.....	38
2.1.3.1	Вимоги до параметрів електромережі (живлення та заземлення) є наступними:	38
2.1.3.1	Вимоги до кількості, кваліфікації та робочого часу обслуговуючого персоналу.....	39
2.1.4	Вимоги до патентної частини на заводі.....	40
2.1.5	Вимоги до обладнання (функціонування, кількість портів та їх запас, варіанти встановлення, технічні вимоги)	40
2.1.5.1	Вимоги до кабельного каналу, інформації та розетки (тип, розмір і розташування).....	41
2.1.5.2	Вимоги до комунікаційного обладнання і його розташування	41
2.2	Вимоги до видів забезпечення.....	42
2.2.2	Вимоги до інформаційного обміну	42
2.2.2.1	Вимоги до систем керування базами даних	42

2.2.2.2	Вимоги до процесу збору, обробки, передачі даних:.....	42
2.2.2.3	Вимоги до збереження та відновлення даних:.....	43
2.2.3	Лінгвістичне забезпечення.....	43
2.2.4	Технічне забезпечення на основі обладнання Siemens:	43
2.2.5	Організаційне забезпечення для батарей бродіння	43
2.2.5.1	Вимоги до структури і функцій підрозділів.....	43
2.2.5.2	Вимоги до організації функціонування системи і порядку взаємодії персоналу системи і персоналу об'єкту впровадження.....	44
2.2.6	Методичне забезпечення	44
2.3	Розробка специфікації апаратних засобів.....	44
2.3.1	Аналіз входів і виходів	44
2.4	Вибір і обґрунтування структурної схеми комплексу технічних засобів комп'ютерної системи шляхом узгодження структури з топологічними особливостями об'єкту розробки.	48
2.5	Розрахунок інтенсивності вихідного трафіку найбільшої локальної мережі підприємства.....	56
3	Розробка корпоративної мережі	59
3.1	Розрахунок схеми адресації корпоративної мережі	59
3.2	Розрахунок схеми адресації пристроїв.	62
3.3	Налаштування логічної моделі корпоративної мережі	64
3.4	Базове налаштування конфігурації пристроїв	66
3.5	Налаштування маршрутизаторів	67
3.6	Налаштування роботи Інтернет	71
3.7	Захист інформації в кіберфізичній системі від несанкціонованого доступу	74
3.8	Перевірка роботи комп'ютерної системи	78

4	Розробка програмного модуля системи	82
4.1	Призначення та сфера застосування	82
4.2	Обґрунтування технічних характеристик програми	82
4.2.1	Постановка задачі на розробку програми.....	82
4.2.2	Способи та алгоритм роботи програми	82
4.2.3	Опис та обґрунтування вхідних та вихідних сигналі	83
4.3	Розробка математичних моделей управління процесом.....	83
4.3.1	Опис та обґрунтування вибору та складу технічних та програмних засобів.....	88
4.3.2	Загальні відомості розробки.	88
4.3.2.1	Функціональне призначення програми.	88
4.3.2.2	Опис логічної структури	88
4.3.2.3	Задіяні технічні пристрої.....	89
4.3.2.4	Виклик програми та її завантаження	89
	Висновок	91
	Перелік посилань.....	92
	Додаток А. Текст програми кіберфізичної системи керування батареями бродіння.....	95

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

КФСББ – Кіберфізична система батарей бродіння

ЛГЗ – ЛІКЕРО-ГОРІЛЧАНІЙ ЗАВОД

ІТ – Інформаційні технології

ТЗ – Технічне завдання

ПО – Програмне забезпечення

PLC – Power Line Communication

ПЛК – Програмований логічний контролер

АРМ – Автоматизоване робоче місце.

НМІ – Human-machine interface

ВСТУП

Кіберфізичні системи стають все більш важливим компонентом технологічних процесів. Вони забезпечують інтеграцію різного обладнання і систем, що дозволяє більш ефективно контролювати виробничі операції в порівнянні з чисто ручним управлінням.

Ця кваліфікаційна робота є важливою з кількох причин. По-перше, вона спрямована на вирішення актуальної проблеми підвищення ефективності та якості виробництва спирту класу “Люкс”. Завдяки впровадженню кіберфізичних систем можна досягти більш точного контролю та оптимізації виробничих процесів, що є ключовим фактором для отримання продукту високої якості.

По-друге, розробка та впровадження таких систем сприятиме підвищенню безпеки на виробництві. Кіберфізичні системи можуть виявляти та попереджати потенційні проблеми на ранніх етапах, що дозволяє уникнути аварійних ситуацій та забезпечує безперервність процесу виробництва.

По-третє, ця робота сприятиме розвитку інноваційних технологій у харчовій та хімічній промисловості. Використання кіберфізичних систем є важливим кроком у напрямку цифровізації виробництва, що дозволяє підвищити його продуктивність, знизити витрати та покращити якість кінцевого продукту.

Ця кваліфікаційна робота передбачає розробку кіберфізичної системи, яка може надійно, точно і безперервно контролювати процес ферментації.

Впровадження такого рішення не тільки забезпечить високу якість алкогольних напоїв, а й сприятиме подальшому розвитку сучасних технологій у харчовій промисловості.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Стисла характеристика галузі та умов застосування виробу кіберфізичної системи батареї бродіння.

У даній кваліфікаційній роботі розглянуто систему кіберфізичних батареї бродіння на лінійці для виробництва спирту класу «Люкс».

Основне призначення кіберфізичної системи є процес автоматизації ферментації. Вона дозволяє ефективно контролювати перетворення сировини (зерна, патоки і т.д.) в спирт. Використання сучасних технологій забезпечує високу точність і стабільність технічних процесів, які важливі для виробництва високоякісного алкоголю з високими вимогами до якості.

Найважливішим технологічним процесом, який автоматизується за допомогою кіберфізичних систем, є бродіння. У процесі ферментації використовуються спеціальні дріжджі для перетворення цукру в спирт. Кіберфізична система дозволяє точно контролювати такі параметри процесу, як температура, рН, концентрація дріжджів та інші, і забезпечує оптимальні умови для ферментації та отримання максимальної кількості алкоголю.

Розробка кіберфізичних систем на виробництві включає в себе впровадження сучасних засобів автоматизації, таких як датчики, контролери і програмовані логічні контролери (ПЛК). За допомогою цього компонента ви можете використовувати інтелектуальні алгоритми для налаштування параметрів процесу та оптимізації роботи обладнання. Інтеграція всіх стадій ферментації в єдину систему підвищує ефективність і надійність виробничого процесу.

Кіберфізична система дозволяє найбільш ефективно використовувати сировину і джерела енергії, знижуючи втрати спирту і енергії під час ферментації. Завдяки точному контролю і автоматичного налаштування параметрів процесу система скорочує кількість відходів і оптимізує споживання ресурсів.

Високий рівень автоматизації і контролю технічних параметрів забезпечує стабільність виробництва високоякісного алкоголю і відповідність встановленим стандартам. Завдяки використанню сучасних технологій і обладнання для моніторингу та аналізу, система гарантує високу якість готової продукції, що відповідає найвищим стандартам.

Тому тема кіберфізичної системи батарей бродіння на лінії з виготовлення спирту класу «Люкс» є актуальна, оскільки Україна є одним з постачальників високоякісного алкоголю на міжнародному ринку. Інноваційним підходом до автоматизації виробництва є виробничий процес. Вони сприяють підвищенню ефективності, зниження витрат і забезпечення високої якості кінцевого продукту.

1.2 Характеристика і структура об'єкта впровадження в галузі кіберфізичної системи батарей бродіння.

1.2.1 Об'єкт впровадження ЛІКЕРО-ГОРІЛЧАНИЙ ЗАВОД (ЛГЗ) «ХОРТИЦЯ»

Завод Хортиця розташований у місті Запоріжжі, дивитися рисунок 1.1.

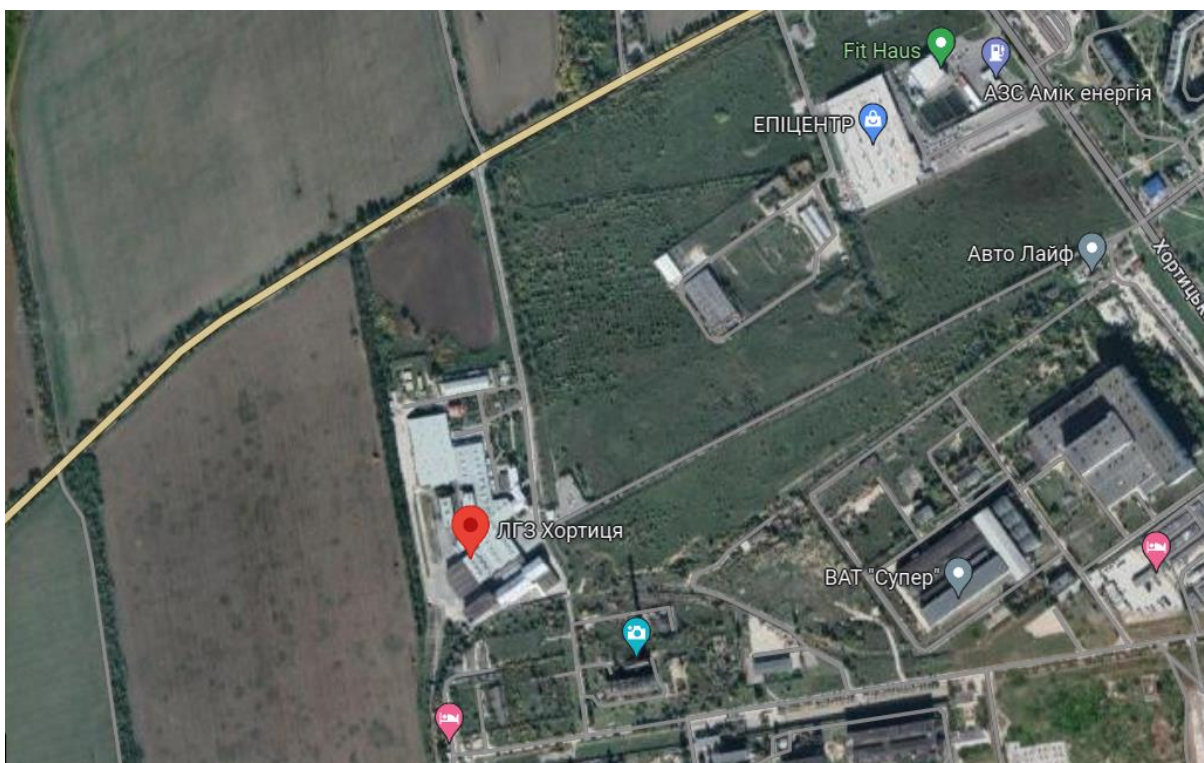


Рисунок 1.1 – Розташування заводу на ЛГЗ «ХОРТИЦЯ» карті [1]



Рисунок 1.2 – Вид ЛГЗ “ХОРТИЦЯ” зовні [2]

Лікєро-горілчаний завод (ЛГЗ) “Хортиця” (рисунок 1.2) – саме високотехнологічне горілчане виробництво у Східній Європі. Завод побудований за унікальним проектом і має найкраще обладнання від світових лідерів технологічного забезпечення. Інженерні системи RENAУ, насоси GRUNDFOS, навантажувачі TOYOTA, високонадійні лінії розливу ІТАL PROJECT забезпечують точність кожної операції: від ретельного дозування і закупорювання до якісного етикетування і маркування датою. У 2003 році з конвеєра зійшла перша пляшка горілки.

Продукція, вироблена на ЛГЗ регулярно перемагає в різних номінаціях на найпрестижніших професійних виставках і дегустаційних конкурсах. У 2014 році завод був названий одним з кращих в світі лікєро-горілчаних заводів на конкурсі NYISC в США. За весь час роботи заводу завойовано сотні міжнародних нагород [2].

Відомі дані про ЛГЗ :

- Кількість працівників заводу більше 500 чоловік.
- Продуктивність ліній розливу 16 пляш./сек.
- Середня швидкість конвеєра - 30 м/хв.

- Створений в 2003 році “з нуля”. Розташований в місті Запоріжжя.
- Входить до складу Global Spirits

Технології виробництва:

- Завод використовує сучасні технології дистиляції та ректифікації, які дозволяють отримувати високоякісний спирт з мінімальним вмістом домішок.
- Для виробництва продукції використовується вода з артезіанських свердловин, яка проходить багатоступеневу очистку.
- Всі етапи виробництва контролюються автоматизованими системами, що забезпечує стабільну якість продукції.

Сертифікація і якість:

- Продукція заводу "Хортиця" відповідає міжнародним стандартам якості, що підтверджується численними сертифікатами та нагородами на міжнародних виставках та конкурсах.
- Завод має сертифікати ISO, що підтверджує відповідність системи управління якістю міжнародним стандартам.

1.2.2 Графічна схема об'єкту

Виробничий комплекс з виготовлення високоякісного (класу "Люкс") спирту, включає наступні основні технологічні стадії:

1. Підготовка сировини (зерно, меляса, тощо)
2. Мелення та затирання сировини
3. Варіння затору
4. Фільтрація затору
5. Бродіння сусла
6. Дистиляція спиртового дистиляту
7. Доочистка та купажування спирту [3].

Графічна схема технологічна структури такого виробничого комплексу може виглядати наступним чином рисунок 1.3 : v



Рисунок 1.3 – Схема виробничого комплексу

1.3 Стислі відомості про технології збору та передачі інформації для об'єкта впровадження з топологічною схемою розміщення структурних підрозділів підприємства.

1.3.1 Схема топологічної структури заводу Хортиця

Схема організаційної структури була розроблена й має наступний вигляд рисунок 1.4.

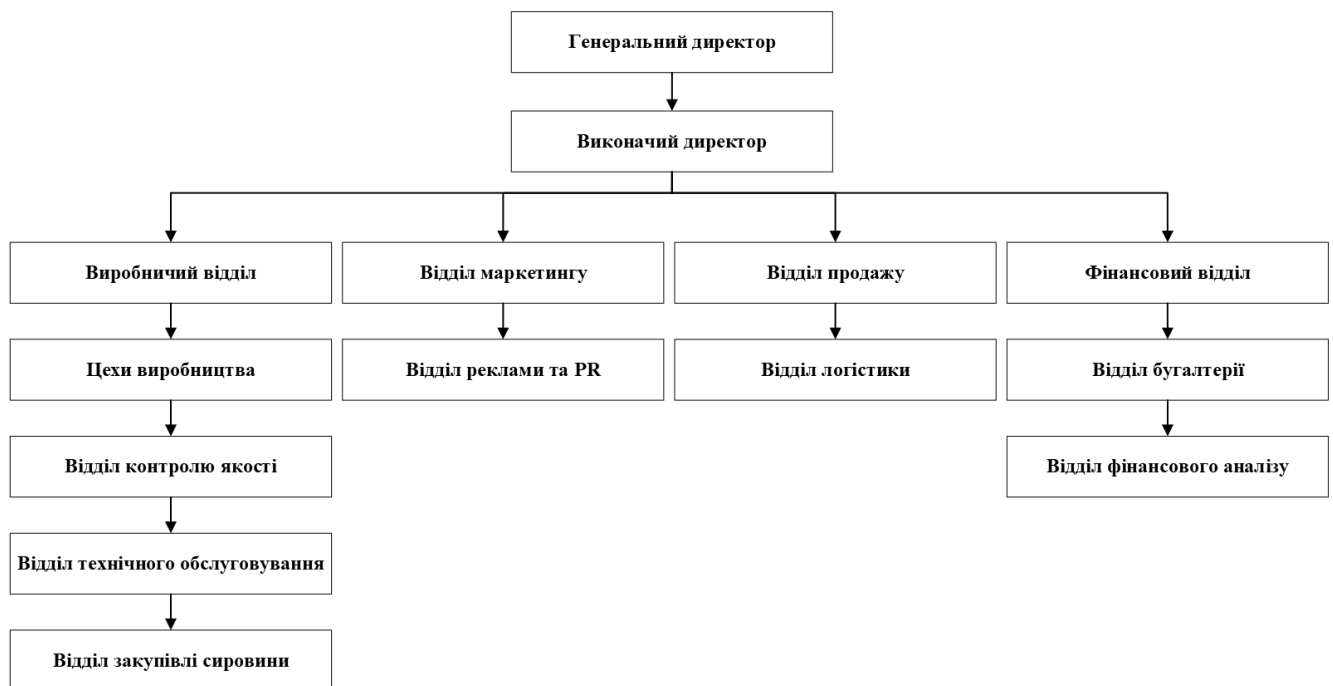


Рисунок 1.4 – Схема організаційної структури заводу "Хортиця"

1.3.2 Опис підрозділів

Опис основних підрозділів:

1. **Генеральний директор** (1 людина) – найвища посадова особа, яка відповідає за загальне управління та стратегічний розвиток заводу.
2. **Виконавчий директор** (1 людина) – відповідає за реалізацію стратегічних рішень, прийнятих генеральним директором, та керівництво повсякденною діяльністю заводу.
3. **Виробничий відділ** (140 людей) – включає цехи виробництва, відділ контролю якості, відділ технічного обслуговування та відділ закупівлі сировини. Відповідає за безперебійне функціонування виробничих процесів, контроль якості продукції та технічне обслуговування обладнання.
4. **Відділ маркетингу** (10 людини) – відповідає за розробку маркетингової стратегії, проведення рекламних кампаній та зв'язки з громадськістю.
5. **Відділ продажу** (30 людини) – включає відділ логістики та відповідає за організацію продажів продукції, управління логістичними процесами та забезпечення доставки продукції клієнтам.
6. **Фінансовий відділ** (18 людини) – включає відділ бухгалтерії та відділ фінансового аналізу. Відповідає за фінансове планування, облік та аналіз фінансових показників підприємства.

Додаткові підрозділи:

- **Цехи виробництва** (100 людей) – спеціалізовані виробничі підрозділи, де здійснюється основний виробничий процес.
- **Відділ контролю якості** (15 людей) – забезпечує контроль якості продукції на всіх етапах виробництва.
- **Відділ технічного обслуговування** (10 людей) – відповідає за технічне обслуговування та ремонт обладнання.
- **Відділ закупівлі сировини** (15 людей) – організовує закупівлю сировини та матеріалів, необхідних для виробничого процесу.

- **Відділ реклами та PR** (10 людей) – проводить рекламні кампанії та підтримує зв'язки з громадськістю.
- **Відділ логістики** (20 людей) – відповідає за управління логістичними процесами та забезпечення ефективної доставки продукції.
- **Відділ бухгалтерії** (15 людей) – відповідає за ведення бухгалтерського обліку.
- **Відділ фінансового аналізу** (3 людей) – проводить фінансовий аналіз та планування.

1.3.3 Технології виробництва

Вигляд зовні батареї бродіння рисунок 1.5.



Рисунок 1.5 – Батареї бродіння в живу [4].

Бродіння під “вакуумом” – це сленгова назва процесу бродіння під розрідженим тиском. Суть процесу в відкачуванні повітря, та згодом спирту, вуглекислого газу та води компресором.

Протікання бродіння в умовах вакууму характеризується цілим рядом

відмінностей, що робить цю технологію дуже привабливою, особливо для отримання високоякісного спирту:

- в умовах вакууму дистиляція спирту відбувається безпосередньо у бродильному апараті при температурі бродіння та він відводиться з рідкої фази зразу по мірі його утворення. Таким чином, бродіння протікає практично при нульовій концентрації спирту в бражці;
- швидкість утворення спирту (отже, і продуктивність обладнання) підвищується у 2...3 рази;
- життєздатність дріжджів та їх активність зберігаються на початковому рівні протягом всього циклу бродіння;
- вихід спирту на 1 т крохмалю зберігається на рівні не нижче встановлених норм;
- гідромодуль замісу можливо встановити на рівні 1:1;
- у бродильному апараті при роботі з такими гідромодулями стороння мікрофлора практично відсутня. Відсутні також домішки, які ними синтезуються патогенною мікрофлорою;
- на виході з бродильного апарату концентрація спиртового дистиляту складає 35%, що дає можливість спрямувати його безпосередньо на епюрацію (при виробництві харчового спирту), виключивши зі складу установки ректифікації бражну колону;
- у кінці циклу бродіння за рахунок випаровування води вміст сухих речовин у рідкій фазі бродильного апарату зростає до 26-30%. Така рідина, що містить 32...36% сирого протеїну (у перерахунку на абсолютну суху речовину) по суті є сконцентрованою бардою.

Принципова апаратурна-технологічна схема, наведена на рис.1.6, включає наступні операції: подрібнення зерна та приготування замісу; термоферментативне оброблення зернового замісу, отриманого при гідромодулі 1:1; зброджування отриманого суслу у бродильній батареї під вакуумом, з

одночасною відгонкою водно-спиртової пари з наступною їх конденсацією в спирт — дистиллят; сушка після спиртової барди.

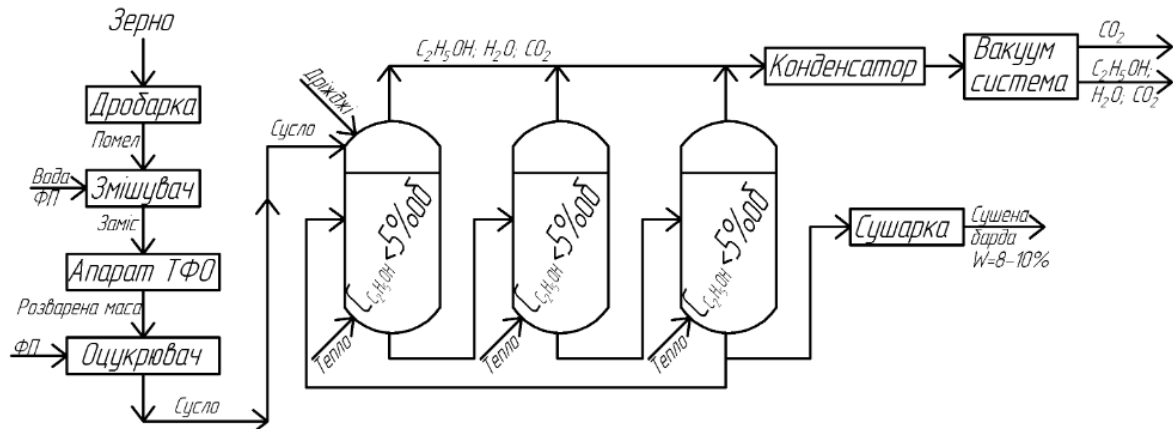


Рисунок 1.6 – Апаратурно-технологічна схема процесу бродіння під вакуумом [5]

Процес бродіння під вакуумом змінює склад домішок у дистилляті, отриманому при перегонці. Відмічено помітне зниження або повна відсутність ряду домішок, які важко видалити в процесі ректифікації. Сумарна кількість фракцій сивушного масла та летких кислот, отриманих при бродінні під вакуумом, у 2 рази менша вмісту аналогічних фракцій в контролі.

Отриманий на базі дистилляту спирт-ректифікат має високі органолептичні показники. Концентрація сухих речовин у після спиртовій барді за даною технологією складає 26...30%, що значно спрощує апаратурний процес та знижує енерговитрати з доведення продукції до кінцевих товарних форм.

Отримана після спиртова барда є цінною білково — вітамінною добавкою, яка у висушеному вигляді містить не менше 32% сирого протеїну з високою біологічною якістю [5].

1.4 Принципи та технічні способи, математичні методи інформаційного забезпечення галузі.

Технологічна схема батарей бродіння рисунок 1.7.

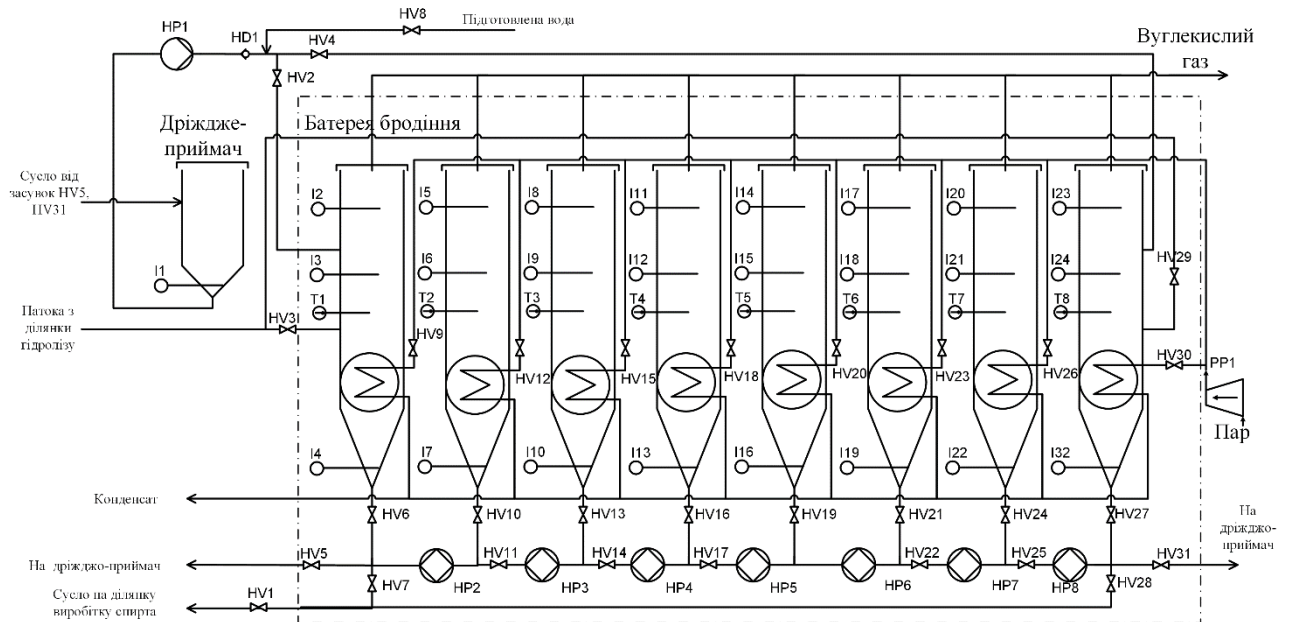


Рисунок 1.7 – Технологічна схема процесу бродіння під вакуумом

Опис компонентів схеми:

HP1 - HP8 – насоси.

HV1 - HV31 – клапани.

I1 - I24 – інтерфейсні елементи.

T1 - T8 – резервуари.

PP1 – паровий розподільник.

Дріждже-приймач – ємність для прийому дріжджів, які використовуються у ферментації.

Батарея бродіння – сукупність резервуарів, де відбувається процес ферментації

Батарея бродіння для виготовлення спирту класу "Люкс" складається з комплексу обладнання та систем, що забезпечують ефективний процес перетворення сировини в спирт. Основні компоненти батареї бродіння включають:

Дріжджеприймач – приймає сусло від патоки з ділянки гідролізу, забезпечує змішування з дріжджами.

Батарей бродіння – складається з декількох резервуарів для ферментації (позначені як T1, T2, ..., T8). Сенсори контролюють такі параметри процесу ферментації, як температура, рН і концентрація дріжджів. Труба випускає вуглекислий газ.

Насоси (NP1, NP2, ..., NP8) – забезпечують циркуляцію сусла між резервуарами та іншим обладнанням, також переміщують рідини по системі.

Запірні клапани (HV1, HV2, ..., HV31) – регулюють потік рідин і газів у системі, контролюють доступ до різних частин системи, включаючи дріжджеприймач, резервуари, та лінії виходу готового продукту.

Датчики (I1, I2, ..., I24) – вимірюють параметри процесу, такі як температура, тиск, рівень рідини і т.д. Надають дані для контролерів та системи автоматизації.

Паровий регулятор (PP1) – регулює подачу пари до системи, що може використовуватися для стерилізації або підтримки необхідної температури.

Теплообмінники – використовуються для підтримки стабільної температури у ферментерах.

Охолоджуючі системи – включають холодильні установки, що забезпечують охолодження ферментаційних танків.

Видалення CO₂ – системи для відведення вуглекислого газу, що утворюється під час бродіння.

Датчики температури – для постійного контролю температури бродіння.

Датчики рН – для контролю рівня кислотності.

Датчики тиску – для моніторингу тиску всередині ферментерів.

Фільтри – для очищення сусла перед бродінням і після нього.

Поетапний процес роботи системи:

Сусло проходить через клапани HV5 та HV31 і надходить до дріжджеприймача. Меляса з відділення гідролізу надходить в систему через

дріжджеприймач, де змішується з дріжджами. Точний контроль температури та інших параметрів важливий для оптимального початку бродіння.

Сусло і дріжджі змішуються з отриманими дріжджами, а потім суміш перекачується насосом НР1 через клапани НV2 і НV3 в 1-й резервуар для бродіння (Т1).

Ферментація проводиться в кожному резервуарі Т1-Т8 під контролем температури (датчики Т1-Т8) та інших параметрів (датчики І2, І3, І5, І6, І8, І9, І11, І12, І14, І15, І17, І18). І20, І21, І23, І24). Клапани НV9, НV12, НV15, НV18, НV20, НV23 і НV26 регулюють подачу суміші в наступний резервуар.

Датчики І4, І7, І10, І13, І16, І19, І22 і І25 контролюють рівень рідини в ферментаційному резервуарі. Насоси НР2-НР8 забезпечують циркуляцію і переміщення суміші між резервуаром і іншими компонентами системи.

Вуглекислий газ, що утворюється в процесі ферментації, видаляється з кожного резервуара по загальній трубі і надходить у верхню частину системи.

Конденсат видаляється через нижню частину системи, клапан НV6 забезпечує його видалення у відповідну ємність.

Після закінчення ферментації спирт відправляється на подальшу очистку і дистиляцію.

Після завершення процесу бродіння система повинна бути очищена за допомогою води яка подається через клапан НV8.

Весь процес був описаний за даною схемою.

1.5 Аналітичний огляд існуючих способів обробки та передачі інформації.

Кіберфізичні системи управління – програмовані логічні контролери (PLC) для автоматизації процесу бродіння та збору даних.

Інтерфейс PLC (Power Line Connection) – це інтерфейс зв'язку для здійснення передачі даних модульованим сигналом по силовим лініям електропередачі.

PLC (англ. Power Line Communication) — відносно нова телекомунікаційна технологія категорії «остання миля». Так званий «Інтернет з розетки», що

базується на використанні внутрішньо-будинкових і внутрішньо-квартирних електромереж для високошвидкісного інформаційного обміну.

У цій технології, заснованій на частотному поділі сигналу, високошвидкісний потік даних розбивається на декілька низько-швидкісних, кожен з яких передається на окремій частоті з подальшим їх об'єднанням в один сигнал.

При цьому PLC-пристрої можуть «бачити» і декодувати інформацію, хоча звичайні електричні пристрої — лампи розжарювання, двигуни і т. п. — навіть «не здогадуються» про присутність сигналів мережевого трафіку і працюють у звичайному режимі.

У наш час технологія широко використовується як в Україні, так і в Європі та Америці.

Технічні основи технології PLC

Основою технології PowerLine є використання частотного поділу сигналу, при якому високошвидкісний потік даних розбирається на декілька відносно низько-швидкісних потоків, кожен з яких передається на окремій частоті з подальшим їх об'єднанням в один сигнал. Реально в технології PowerLine використовуються 84 частоти в діапазоні 4-21 МГц.

PLC включає:

BPL (англ. Broadband over Power Lines) — широкосмугову передачу через лінії електропередачі, яка забезпечує передачу даних зі швидкістю більше 1 Мбіт/с.

NPL (англ. Narrowband over Power Lines) — вузькосмугову передачу через лінії електропередачі з набагато меншими швидкостями передачі даних.

При передачі сигналів по побутовій електромережі можуть виникати великі загасання в передавальній функції на певних частотах, що може призвести до втрати даних. У технології PowerLine передбачений спеціальний метод розв'язання цієї проблеми — динамічне включення та вимкнення передачі сигналу (англ. dynamically turning off and on data-carrying signals). Суть даного

методу полягає в тому, що пристрій здійснює постійний моніторинг каналу передачі з метою виявлення ділянки спектру з перевищенням певного порогового значення загасання. У разі виявлення даного факту, використання цих частот на час припиняється до відновлення нормального значення загасання.

Існує також проблема виникнення імпульсних перешкод (до 1 мікросекунди), джерелами яких можуть бути галогенні лампи, а також включення і виключення потужних побутових електроприладів, обладнаних електричними двигунами.

PDSL — технологія сімейства xDSL, що забезпечує симетричну передачу даних зі швидкістю до 2Мбіт/с силовими кабелями (4-20 кВ) одночасно з постачанням електроенергії. Пристрої для підключення обладнання PDSL до високовольтних ліній встановлюють у трансформаторних шафах [6].

Кіберфізичні прилади які застосовуються в процесі бродіння:



Рисунок 1.8 – Датчик індуктивний [7]

Індуктивний 3-провідний PNP датчик (рисунок 1.8) наближення LJ12A3-4-Z-VU призначений для визначення наближення до датчика металевих поверхонь, магнітопровідних матеріалів. Датчик виявляє предмети без фізичного контакту в межах робочої зони. Часто такі датчики застосовують в системах автоматизації як кінцеві датчики положення. Живиться датчик від напруги постійного струму

від 6В до 36В. Вихід - нормально розімкнутий. Максимальний комутований датчиком струм становить 300 мА [7].



Рисунок 1.9 – Датчик температури [8]

Датчик температури РТС (рисунок 1.9) для терморегуляторів DT-311/DT-312/DT-311DIN. Зазвичай використовується для контролю температури повітря або рідини в системах нагріву або охолодження [8].



Рисунок 1.10 – ПДУ-3.3. Трирівневий поплавковий датчики. [9]



Рисунок 1.11 – Датчик граничного рівня IFM LMT105 [10]

Гігієнічний точковий датчик рівня LMT105 (рисунок 1.10 - 1.11) від ifm з двома програмованими виходами NO/NC використовується для в'язких середовищ і порошків. Заводське налаштування на різні типи рідин виключає необхідність перенастроювання. Ідентифікація різних середовищ за допомогою двох незалежно регульованих точок перемикачів. Точковий рівнемір LMT105 з довжиною зонда 253 мм, з роз'ємом M12 і технологічною зовнішньою різьбою G1/2, не вимагає технічного обслуговування. Завдяки міцному нержавіючому, ударостійкому і вібростійкому корпусу зі ступенем захисту IP68/IP69K і лазерному маркуванню для довговічної читабельності датчик відповідає всім вимогам для гігієнічних зон (EHEDG) [10].

pH-метр промисловий — прилад, що застосовують для визначення pH розчинів в стаціонарних умовах промислового підприємства. Визначення pH є важливим вимірюванням у всіх галузях. Моніторинг промислових процесів або хімічних реакцій часто проводять за допомогою вимірювання рівня pH промисловим pH-метром. Умови застосування промислового pH-метра можуть бути дуже різними, наприклад, від стічних вод і хімічних сумішей до надчистої води в електростанціях.

Промисловий pH-метр складається з двох основних частин: блоку управління, який реалізований в щитовому виконанні і блоку вхідних сигналів, який конструктивно кріпиться на стіну, недалеко від ємності з водним розчином, pH якого необхідно вимірювати. Управління pH-метром здійснюється декількома кнопками. Виміряна інформація відображається на цифровому РК-дисплеї [11].



Рисунок 1.12 – Контактор 3RT2015-1BB41 [12]

Контактор 3RT2015-1BB41 (рисунок 1.12) – це електричний пристрій, що використовується для керування електричними ланцюгами, зокрема для вмикання та вимикання електродвигунів і інших силових споживачів. Цей контактор виробляється компанією Siemens і належить до серії SIRIUS [12].

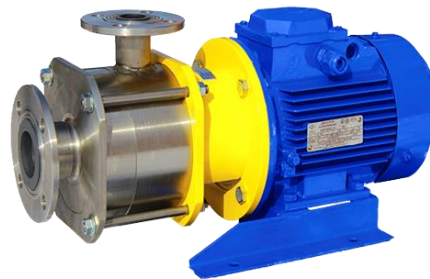


Рисунок 1.13 – Насос для спирта ЦНСК 200/80 вибухозахищений [13]

Насос ЦНСК 200/80 (рисунок 1.13) є відцентровим насосом, який спеціально призначений для перекачування рідин, включаючи агресивні та вибухонебезпечні речовини, такі як спирт. Цей насос забезпечує надійне і безпечне транспортування рідин в умовах, де є ризик виникнення вибуху. Він є вибухозахищеним, що дозволяє його використовувати в середовищах з підвищеною небезпекою [13].

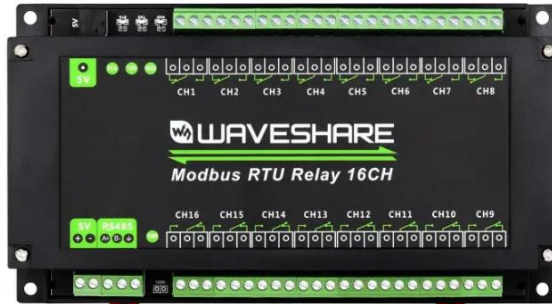


Рисунок 1.14 – Waveshare Modbus RTU Relay 16CH [14]

Waveshare Modbus RTU Relay 16CH (24921) (рисунок 1.14) – це промисловий 16-канальний релейний модуль, який керується через шину RS485, використовує протокол Modbus RTU, має вбудовані схеми захисту, такі як ізоляція джерела живлення, магнітна ізоляція ADI, перезапобіжник, діод TVS тощо. Завдяки швидкому зв'язку, стабільності, надійності та безпеці це ідеальний вибір для промислового контрольного обладнання та/або додатків із високими вимогами до зв'язку [14].

1.6 Завдання і мета роботи, що виконується

1. Аналіз існуючих способів обробки та передачі інформації, принципів побудови кіберфізичних систем у харчовій та хімічній промисловості.
2. Дослідження відомих технічних рішень, що застосовуються для кіберфізичної систем ферментації в спиртовому виробництві.
3. Розробка структурної схеми комплексу технічних засобів кіберфізичної системи батареями бродіння на лінії виробництва спирту класу "Люкс".
4. Розробка корпоративної мережі в рамках завдання до кваліфікаційної роботи.
5. Розробка програмного забезпечення системи.

1.7 Визначення можливого рішення та цілі

Розробка структури та функціональної схеми кіберфізичної системи

Існуючі системи управління процесом бродіння можна використовувати як є, але це може призвести до недостатнього контролю змінних процесу, що може вплинути на якість продукції та її собівартість. Для вирішення можливих проблем можна впровадити сучасні кіберфізичні системи для автоматизації процесу бродіння, стабілізації та оптимізації всіх етапів виробництва високоякісного спирту.

Одним з можливих рішень є управління процесами бродіння за допомогою програмованого логічного контролера (ПЛК): впровадження ПЛК дозволяє точно контролювати температуру, рН, концентрацію дріжджів та інші критичні параметри, забезпечуючи високу якість кінцевого продукту. Можливі рішення:

1. Підтримка існуючих індивідуальних систем управління

Переваги:

- Відсутність необхідності великих інвестицій в нове обладнання.
- Простота використання та обслуговування.

Недоліки:

- Низька точність контролю технічних параметрів.
- Високий ризик перегріву або недосягнення необхідної температури, що призводить до пошкоджень і додаткових витрат.

2. Використання частотних перетворювачів.

Перетворювач частоти - це електронний пристрій, який перетворює і вирівнює однофазний або трифазний струм за допомогою вбудованого випрямляча.

Переваги:

- Ефективне регулювання температури та стабілізація технічних параметрів.

- Зменшення споживання енергії та ресурсів.

Недоліки:

- Потреба в додатковому обладнанні та його налаштуванні.
- Необхідність навчання працівників роботі з новим обладнанням.

3. Впровадження програмованих логічних контролерів (ПЛК)

Переваги:

- Висока надійність та швидкість реагування.
- Можливість програмування різноманітних завдань.
- Безпека обладнання та персоналу.

Недоліки:

- Потребує висококваліфікованого персоналу для встановлення та обслуговування.

4. Інтелектуальні реле

Переваги:

- Прості у використанні та програмуванні.
- Недорогі та компактні.

Недоліки:

- Обмежені функції та кількість точок вводу/виводу.
- Важко інтегрувати в систему всього підприємства.

5. Впровадження SCADA системи

Переваги:

- Моніторинг та управління в режимі реального часу.
- Можливість збирання та аналізу великих обсягів даних.

- Підвищена ефективність та продуктивність виробничих процесів.

Недоліки:

- Необхідність висококваліфікованого персоналу для налаштування та обслуговування.
- Висока вартість впровадження та підтримки системи.

6. Впровадження промислового Інтернету речей (IIoT)

Переваги:

- Висока надійність та швидкість обробки даних.
- Можливість підключення та управління різноманітними пристроями.
- Підвищення ефективності та продуктивності виробничих процесів.
- Поліпшена безпека обладнання та персоналу через постійний моніторинг.

Недоліки:

- Потребує висококваліфікованого персоналу для встановлення та обслуговування.
- Висока вартість впровадження та підтримки системи.

Автоматичне керування процесом

Автоматично управляє процесами управління без втручання людини. Всі дії забезпечуються контролерами, датчиками та іншими електронними пристроями.

Диспетчерське керування

Диспетчерський контроль - це панель НМІ, яка може вмикати та вимикати процеси, відстежувати помилки, переводити систему в ручний режим та активувати автоматизацію.

Ручне керування

Ручне керування використовує кнопки на панелі кнопок для ввімкнення або вимкнення процесів на окремих пристроях.

Комфортні умови для оператора

Для забезпечення комфорту оператора повинні бути дотримані наступні умови

- Підтримувати чистоту в приміщенні згідно з графіком.
- Усе необхідне для роботи обладнання має бути в наявності.
- Шафи з контролерами та панелями НМІ для моніторингу та управління процесом.

Встановлення кіберфізичної системи автоматизації на лікєро-горілчаному заводі може забезпечити стабільну якість продукції, підвищити ефективність виробничого процесу, знизити витрати і підтримувати високі стандарти якості.

1.8 Обґрунтування вибраного напрямку інженерного рішення.

З вище представлених варіантів є найбільш вигідним система ПЛК разом з панеллю НМІ, так як система повинна виконувати такі вимоги як вмикати та вимикати процеси, відстежувати помилки, переводити систему в ручний режим та активувати автоматизацію.

Виходячи з описаних умов схема функціональної ділянки структури має виглядати наступним чином (Рисунок 1.15).

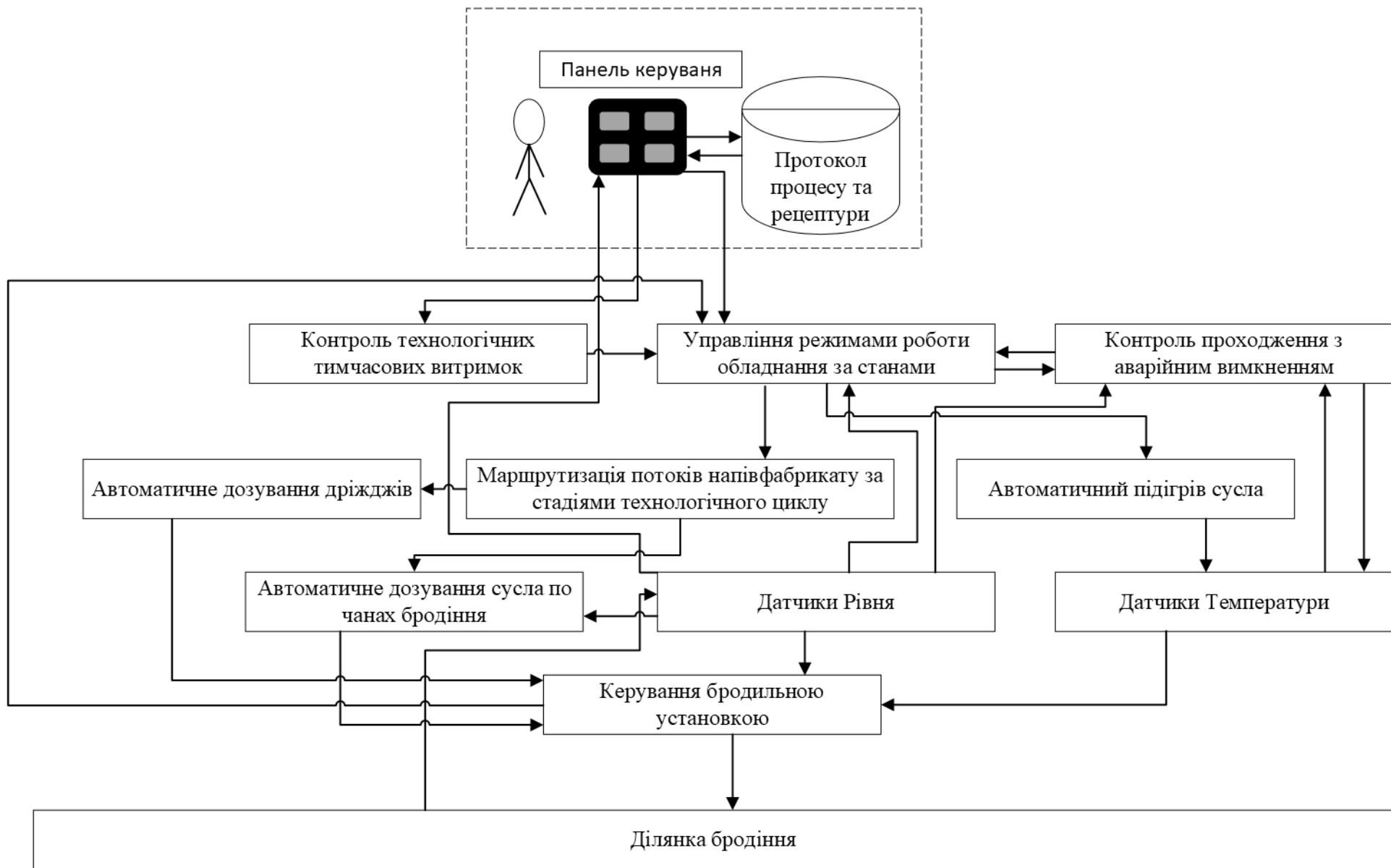


Рисунок 1.15 – Схема функціональної структури

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ

2.1 Вимоги до структури і функціонування системи

2.1.1 Вимоги до систем автоматизації в компаніях, що використовують комп'ютерні мережі

Кіберфізична система батарей бродіння (КФСББ) призначена для забезпечення процесу ферментації сусла в батареї бродіння та передачі готового продукту на ділянку вироблення спирту

Система автоматизації має бути організована як багаторівнева розподілена структура, що включає:

1. Рівень КВП і А:

- Вимірювання параметрів (температура, рН, концентрація дріжджів).
- Збір даних для передачі на рівень PLC.

2. Рівень PLC:

- Аналіз даних від датчиків та керування технологічними процесами, ферментації сусла в батарея бродіння та транспортування сусла між батареями та до ділянки виготовлення спирту (регулювання температури, дозування компонентів).

- Можливість швидкої адаптації та перепрограмування.

3. Рівень керування технологічним процесом:

- Передача на електричне обладнання керуючих впливів від ПЛС
- Рівень керування технологічним процесам з боку оператора.
- Введення бази даних з протоколом процесів.

2.1.1.1 Перелік підсистем, їхнє функціональне призначення та ключові характеристики

- Блок панелі керування оператора
- Блок контролю технологічних тимчасових витримок
- Блок управління режимами роботи обладнання за станами
- Блок контролю проходження з аварійним вимкненням
- Блок автоматичного дозування дріжджів
- Блок автоматичного дозування сусла по чанах бродіння
- Блок маршрутизації потоків напівфабрикату за стадіями технологічного циклу
- Блок автоматичного підігрів сусла
- Блок датчиків рівня
- Блок датчиків температури
- Блок автоматичного керування бродильною установкою

Характеристика:

1. Блок панелі керування оператора - забезпечує інтерактивну взаємодію між оператором і системою виробництва спирту, включаючи моніторинг і управління ключовими процесами через інтерфейс користувача.

2. Блок контролю технологічних тимчасових витримок - відповідає за автоматичне відстеження та контроль часових інтервалів у технічному процесі виробництва спирту.

3. Блок управління режимами роботи обладнання за станами - автоматично перемикає різні режими роботи обладнання відповідно до поточного стану та умов виробництва.

4. Блок контролю проходження з аварійним вимкненням - виявляє небезпечні умови і забезпечує аварійне відключення обладнання для запобігання аварій і збереження цілісності системи.

5. Блок автоматичного дозування дріжджів - забезпечує автоматичну подачу дріжджів в процесі бродіння для забезпечення оптимальних умов бродіння.

6. Блок автоматичного дозування сусла по чанах бродіння - забезпечує точне дозування сусла в окремі чани під час бродіння, забезпечуючи однорідність та якість продукту.

7. Блок маршрутизації потоків напівфабрикату за стадіями технологічного циклу - контролює потік напівфабрикатів (сусла, спирту тощо) відповідно до їх положення у виробничому процесі.

8. Блок автоматичного підігріву сусла - автоматично контролює температуру сусла під час підготовки до бродіння для забезпечення оптимальних умов бродіння.

9. Блок датчиків рівня - збирає дані про рівень рідини і пари в різних ємностях і передає цю інформацію в систему управління для оптимального управління процесом.

10. Блок датчиків температури - збирає дані про температуру в різних точках процесу і передає ці дані в систему автоматичного управління.

11. Блок автоматичного керування бродильною установкою - забезпечує автоматичне керування параметрами бродіння (температура, тиск, вентиляція) для оптимального збродження сусла.

2.1.1.2 Основні вимоги до структури та функціонування КС для чанів бродіння спирту на підприємстві включають:

- Система управління чанами бродіння має використовувати промислове обчислювальне керуюче обладнання і бути встановлена в корпусах з класом захисту не нижче IP 54.

- Засоби зв'язку між компонентами системи повинні відповідати технічним характеристикам обраних елементів комплексу технічних засобів, при цьому має бути гарантований обмін даними на відстані не менше 100 метрів.

2.1.1.3 Вимоги до характеристик взаємодії створеної системи з суміжними системами.

КФСББ повинна здійснювати обмін із комп'ютерною системою підприємства за допомогою Fast Ethernet. Підмережа кіберфізичної системи має бути відокремлена в окрему підмережу за допомогою шлюзу.

2.1.1.4 Вимоги до режимів операції кіберфізичної системи.

1. Диспетчерський режим - має виконувати дистанційний контроль і управління батареями бродіння та насосами, на місці виробництва спирту, що здійснюється операторами за допомогою автоматизованих робочих місць.
2. Режим налагодження - це процес налаштування системи на етапі впровадження та обслуговування, що здійснюється підрядною організацією під час впровадження на об'єкті.
3. Основний режим - це контроль і управління всією ділянкою виробництва спирту, що здійснюється кіберфізичною системою під наглядом оператора.

2.1.1.5 Вимоги до діагностики КС

Діагностика засобів PLC здійснюється постійно в процесі роботи.

2.1.1.6 Перспективи розвитку та вдосконалення системи.

Кібер-фізична система повинна бути інтегрована в комп'ютерну мережу підприємства.

Структура заводських мереж включає наступні підмережі:

- Підмережа відділу продажу;
- Підмережа фінансового відділу;

- Підмережа маркетингу;
- Підмережа відділу контролю якості;
- Підмережа директорів.

Щоб система працювала безперебійно необхідно забезпечити ефективний розподіл IP-адрес і забезпечити необхідну кількість вузлів у кожній підмережі, потрібно планувати доступ до мережі та інтернет-ресурсів відповідно до потреб кожного підрозділу. IP-адреса 10.25.128.0 / 22 розділена на 5 підмереж (рисунок 2.1).

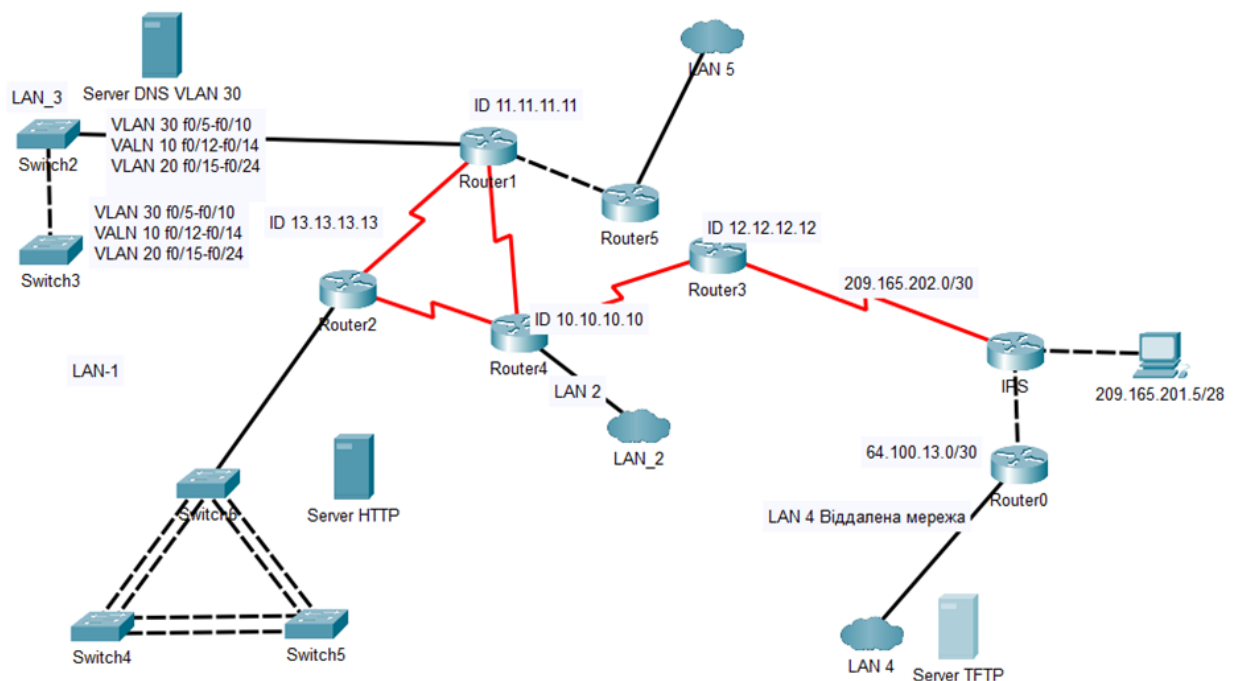


Рисунок 2.1 – Структура комп'ютерної мережі підприємства

2.1.2 Вимоги до визначених індикаторів

1. Параметри процесу ферментації, такі як температура, рН і концентрація, повинні підтримуватися на стабільному рівні повинна підтримуватися на рівні 30°C з допустимими відхиленнями менше $\pm 2^\circ\text{C}$ для температури і на рівні 5,0 з допустимими відхиленнями $\pm 0,1$ для рН.

2. Система повинна мати можливість автоматично регулювати параметри процесу на основі показань датчиків. Наприклад, автоматичне регулювання

сировини і температури у відповідь на їх зміни в межах 10°C та 0,2рН в середовищі ферментації.

3. Мінімізація споживання енергії та води, зокрема охолоджувальної води та води, що використовується в процесі очищення.

2.1.3 Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту та зберігання.

1. Експлуатація:

- Система повинна знаходитися під належним контролем 24 години на добу, 7 днів на тиждень, щоб запобігти поломкам.

- Максимальний час відновлення сервісу після збою - 1 година.

2. Технічне обслуговування:

- Щомісячний огляд і технічне обслуговування, цілісність з'єднання кабельних трас заземлення.

- Час обслуговування: менше 4 годин.

3. Ремонт:

- Максимальний час відновлення після несправності: протягом 8 годин.

4. Зберігання комплекту запасних частин:

- Забезпечити відповідну температуру та вологість (20-25°C, відносна вологість в межах 40-60%).

2.1.3.1 Вимоги до параметрів електромережі (живлення та заземлення) є наступними:

1. Електроживлення:

- Напруга живлення: стабільність напруги не більше $\pm 5\%$ від номінального значення (наприклад, для мереж 230 В напруга повинна бути в діапазоні 218,5-241,5 В).

- Частота живлення: допустиме відхилення частоти мережі не повинно перевищувати ± 1 Гц від номінального значення (для мережі 50 Гц частота повинна бути в діапазоні від 49 до 51 Гц).

- Максимально допустима потужність: мережа електроживлення повинна забезпечувати необхідну потужність для всіх компонентів системи.

2. Заземлення TN-S.

2.1.3.1 Вимоги до кількості, кваліфікації та робочого часу обслуговуючого персоналу

Для забезпечення ефективної роботи батареї бродіння можна розглянути наступну кількість працівників:

Оператори (технологи): 3 осіб

Інженери-техніки для технічного обслуговування: 2 особи

Загалом: 5 працівників.

Графік роботи для операторів по 8-годинних змінах:

- Денна зміна: 07:00 - 15:00

- Вечірня зміна: 15:00 - 23:00

- Нічна зміна: 13:00 - 7:00

Працювати вони можуть або почергово або через одну зміну, тобто не більше однієї зміни підряд.

Графік роботи для інженерних-техніків по 12-годинних змінах:

- Денна зміна: 07:00 - 19:00

- Нічна зміна: 19:00 - 07:00

Процес включає чергові дні, які обслуговуються під наглядом 7 днів в тиждень.

Такий підхід дозволяє забезпечити безперервність виробничого процесу і зменшити навантаження на працівників шляхом розумного розподілу робочого часу і функціональних обов'язків.

На посаду оператора батареї бродіння та техніка відбирають тільки кваліфікованих працівників з такими кваліфікаційними критеріями:

- Освіта в галузі 3520: Технік-технолог з бродильного виробництва та виноробства. [15]
- Освіта в галузі 2149.2: Інженер-технолог [15]
- Професійний досвід не менше 1 року у сфері виробництва алкогольних напоїв, та роботі саме с подібними приладами.
- Практичний досвід з експлуатації обладнання батареї бродіння.

2.1.4 Вимоги до патентної частини на заводі

Повинна бути забезпечена патентна частота до технічних програмних засобів на території України.

2.1.5 Вимоги до обладнання (функціонування, кількість портів та їх запас, варіанти встановлення, технічні вимоги)

Забезпечення підключення та безпеки

Протокол маршрутизації, зв'язок між підсистемами контролює доступ до певних типів трафіку між відділами для забезпечення інформаційної безпеки.

Особливу увагу слід приділити налаштуванню списку доступу для контролю мережевого трафіку, забезпечення захисту мережевого обладнання від несанкціонованого доступу і створення перевірених копій і даних для забезпечення надійності і гарантованої достовірності інформації та її безпеки.

Налаштування підключення по кабелю в спеціальному блоці для захисту.

Підсистема управління призначенні для управління персоналом, ресурсами і процесами.

Вимоги: високий ступінь централізації для ефективного прийняття рішень.

Операційна система призначена для реалізації базових бізнес-процесів, таких як виробництво, продаж та обслуговування клієнтів.

Вимоги: гнучка ієрархічна структура для адаптації до змін виробничих вимог.

Підсистема аналізу – збір даних, аналіз і візуалізація даних для підтримки рішення.

Вимоги: інтеграція з усіма підсистемами для забезпечення доступу до відповідних даних.

2.1.5.1 Вимоги до кабельного каналу, інформації та розетки (тип, розмір і розташування)

Кабель-канали повинні бути виготовлені з міцних та хімічно стійких матеріалів, таких як нержавіюча сталь або спеціальні пластики. Конструкція має забезпечувати надійний захист кабелів від механічних пошкоджень, вологи, хімічних впливів. Оскільки в зоні бродіння можуть утворюватися вибухонебезпечні пари, кабель-канали повинні відповідати вимогам вибухозахисту відповідно до класифікації зони. Кабель-канали повинні витримувати температурні режими, характерні для зони бродіння (до 35-40°C). Кабель-канали розташовуються так, щоб забезпечити зручний доступ для огляду, обслуговування та можливих ремонтів.

2.1.5.2 Вимоги до комунікаційного обладнання і його розташування

Обладнання повинно мати сертифікацію АТЕХ та відповідати вимогам зон 1 або 2 для вибухонебезпечних середовищ.

Комунікаційні пристрої слід розміщувати в спеціально відведених технічних приміщеннях поза виробничими зонами.

Прокладання кабельних трас має бути безпечним, з використанням захисних кабель-каналів.

Обладнання має відповідати вимогам щодо електромагнітної сумісності та не створювати перешкод для роботи інших систем.

Шафи повинні мати ступінь захисту IP54, що забезпечує захист від пилу та бризок води. Шафи мають містити достатню кількість юнітів для розміщення всього необхідного комунікаційного обладнання.

Шафи мають бути обладнані системами вентиляції та/або охолодження для підтримання оптимальних температурних режимів всередині.

Всі шафи та їх вміст мають бути чітко марковані та ідентифіковані для спрощення обслуговування та швидкого виявлення несправностей.

2.2 Вимоги до видів забезпечення

2.2.2 Вимоги до інформаційного обміну

- Дані про стан технологічних компонентів повинні оновлюватися щонайменше 1 раз на 5 секунд для оперативного контролю.

- Канали передачі даних між компонентами мають бути надійними та захищеними для обміну інформацією в режимі реального часу.

2.2.2.1 Вимоги до систем керування базами даних

- Використання сучасних СКБД для ефективного управління великими обсягами даних.

- СКБД повинні забезпечувати високу продуктивність, надійність, масштабованість та безпеку даних.

- Інтеграція СКБД з іншими компонентами ІС (MES, ERP, аналітика) для єдиного інформаційного простору.

2.2.2.2 Вимоги до процесу збору, обробки, передачі даних:

- Система поєднує в собі як розподілені компоненти, так і централізований збір та обробку даних.

- На нижньому рівні, між контрольно-вимірювальними приладами (КВП) та програмованими логічними контролерами (ПЛК), реалізовано розподілену систему введення-виведення.

- На верхньому рівні, між ПЛК та оператором, застосовується розподілена система з централізованим збором, обробкою та аналізом даних.

2.2.2.3 Вимоги до збереження та відновлення даних:

- Журнал протоколу виробничого процесу зберігається протягом 7 діб для можливості аналізу даних.

- Для забезпечення відновлення даних у разі необхідності, реалізується резервне копіювання протоколу.

2.2.3 Лінгвістичне забезпечення

- Інструкції українською та англійською мовами.

- Програмне забезпечення розробляється в TIA Portal.

2.2.4 Технічне забезпечення на основі обладнання Siemens:

- Дисплейна панель класу Comfort діагоналлю не менше 15 дюймів для забезпечення зручного візуального відображення та контролю.

- Контролери SIMATIC S7-1200 для управління та обробки даних у системі.

- Комутативний пристрій, регулятор та маршрутизований пристрій виробництва Siemens для організації надійної мережевої інфраструктури.

2.2.5 Організаційне забезпечення для батарей бродіння

2.2.5.1 Вимоги до структури і функцій підрозділів

- Підрозділ операторів бродильних апаратів контролює та моніторить процес бродіння сула.

- Відділ технічного обслуговування забезпечує працездатність обладнання, ремонтує та обслуговує ферментатор.

- Лабораторія контролю якості, аналізує сусло, щоб переконатися, що вони відповідають стандартам.

2.2.5.2 Вимоги до організації функціонування системи і порядку взаємодії персоналу системи і персоналу об'єкту впровадження

- Оператори ферментації співпрацюють з відділом технічного обслуговування для обслуговування обладнання, усунення аварійних ситуацій та оптимізації процесу бродіння.

- Оператори також співпрацюють з відділом контролю якості, відбираючи зразки сусла та спирту на різних етапах процесу для аналізу та тестування, а також коригуючи технологічні параметри для покращення якості кінцевого продукту.

2.2.6 Методичне забезпечення

Методики та інструкції для операторів бродильних апаратів, для підрозділу технічного обслуговування та для лабораторії контролю якості.

2.3 Розробка специфікації апаратних засобів

2.3.1 Аналіз входів і виходів

Ділянка бродіння обладнана виконавчими механізмами та датчиками, які забезпечують контроль і управління технологічним процесом. Нижче наведено таблицю з описом цих компонентів (2.1)

Для прорахування потрібної кількості обладнання потрібно прорахувати усі входи й виходи, також треба прорахувати усі технічні характеристики можна буде обирати обладнання це все враховано в таблиці 2.2.

Таблиця 2.1 – Перелік вхідних та вихідних сигналів

№ п/п.	Найменування інформації (сигнали, дані)	Напр. вх./вих.	Функція	Вигляд	Джерело/ Отримувач	Форма подання (розрядність, точність)		Період вв./вив., сек
						Зовнішня	Внутрішня	
Батарея бродіння								
1.	Верхній рівень (I2,I5,I8,I11,I14,I17,I20,I23)	Вхід.	Контр.	Норм. замкн.	Датчик рівня ПДУ-3.3	24 В	1 біт	0,5
2.	Середні рівень (I3,I6,I9,I12,I15,I18,I21,I24)	Вхід.	Контр.	Норм. замкн.	Датчик рівня ПДУ-3.3	24 В	1 біт	0,5
3.	Нижній рівень (I4,I7,I10,I13,I16,I19,I22,I32)	Вхід.	Контр.	Норм. замкн.	Датчик рівня ПДУ-3.3	24 В	1 біт	0,5
4.	Температура сусла (T1,T2,T3,T4,T5,T6,T7,T8)	Вхід.	Вимір.	Аналог.	Датчик темп. DT-311/312	PT-100	13 біт	0,5

Продовження таблиці 2.1

№ п/п	Найменування інформації (сигнали, дані)	Напр. вх./вих.	Функція	Вигляд	Джерело/ Отримувач	Форма подання (розрядність, точність)		Період вв./вив., сек.
						Зовнішня	Внутрішня	
Дріждже-приймач								
5.	Нижній рівень (I1)	Вхід.	Контр.	Норм. замкн.	Датчик рівня LMT105	24 В	1 біт	0,5
Насоси (НР1-НР8)								
6.	Включено	Вхід.	Контр.	Норм. розімкн.	Контактор 3RT2015- 1BB41	24 В	1 біт	0,5
7.	Включити	Вихід.	Керув.	Норм. розімкн.	Контактор 3RT2015- 1BB41	~ 230 В	1 біт	0,5

Продовження таблиці 2.1

№ п/п	Найменування інформації (сигнали, дані)	Напр. вх./вих.	Функція	Вигляд	Джерело/ Отримувач	Форма подання (розрядність, точність)		Період вв./вив., сек.
						Зовнішня	Внутрішня	
Паровий розподільник (PP1)								
8.	Керування насосом подачі пару	Вхід- вихід	Керув.	Цифровий	ПЧ	Modbus RTU	13 біт	Визнач. швидк. каналу 9600
Засувки-клапани (HV1-HV31)								
9.	Клапан відкритий	Вхід	Конт.	Норм. відкритий	Індуктивний датчик LJ12A3-4-Z-BY	24 В	1біт	0,5
10.	Клапан закритий	Вхід	Кер.	Норм. відкритий	Індуктивний датчик LJ12A3-4-Z-BY	24 В	1біт	0,5

Таблиця 2.2 – Технічна специфікація (коротка)

№ п/п	Пристрій	Опис входу або виходу	Кількість входів або виходів
		Дискретні входи	
1.	Батарея бродіння	--	24
2.	Дріжджеприймач	--	1
3.	Насоси (НР1-НР8)	--	8
4.	Засувка-клапан (НВ1-НВ31)	--	31
РАЗОМ			64
		Аналогові входи	
		Терм. опору	
5.	Батарея бродіння	--	8
РАЗОМ			8
		Цифрові	
6.	Паровий розподільник	--	1
РАЗОМ			1
		Дискретні виходи	
7.	Насоси (НР1-НР8)	--	8
8.	Засувка-клапан (НВ1-НВ31)	--	31
РАЗОМ			39

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

З вище описаної таблички можна винести, що нам необхідно 64 дискретних входів, 8 аналогових, 1 цифровий, а також 39 дискретних виходах, також варто не забувати про запасні входи й виходи для можливого розширення у майбутньому це приблизно 5% від існуючих.

Для даної системи оптимальним модулем буде контролер серії SIMATIC S7-1200, CPU 1214C рисунок 2.2.



Рисунок 2.2 – SIMATIC S7-1200, CPU 1214C [16]

Базове споживання: 200мА (включаючи електроніку контролера)

Дискретних входів (DI) - 14

Дискретних виходів (DO) - 10

Аналогові входи (AI) - 2

Споживання струму :

$$14 \text{ DI: } 14 * 3 \text{ мА} = 42 \text{ мА}$$

$$10 \text{ DO: } 10 * 20 \text{ мА} = 200 \text{ мА}$$

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

$$\text{Загальне споживання: } 200\text{мА} + 42\text{мА} + 200\text{мА} + 1\text{мА} = 443\text{мА}$$

А також нам потрібні наступні компоненти представлені на рисунках 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7.



Рисунок 2.3 – SIMATIC S7-1200, SM 1223 [17]

Базове споживання: 50 мА

Дискретних входів (DI) - 16

Дискретних виходів (DO) - 16

Споживання струму:

16 DI: $16 * 3 \text{ мА} = 48 \text{ мА}$

16 DO: $16 * 20 \text{ мА} = 320 \text{ мА}$

Споживання: $50\text{мА} + 48\text{мА} + 320\text{мА} = 418\text{мА}$

Таких нам буде потрібно три штуки, тобто:

Їх загальне споживання: $418\text{мА} + 418\text{мА} + 418\text{мА} = 1254\text{мА}$



Рисунок 2.4 – Модуль дискретного вводу, SM 1221 [18]

Базове споживання: 60 мА

Дискретних входів (DI) - 16

Споживання струму:

16 DI: $16 * 3 \text{ мА} = 48 \text{ мА}$

Загальне споживання: $60\text{мА} + 48\text{мА} = 108\text{мА}$



Рисунок 2.5 – Модуль аналогового вводу, SM 1231 [19]

Базове споживання: 100 мА

Аналогові входи (AI) - 8

Споживання струму:

8 AI: $8 * 0,5 \text{ мА} = 4 \text{ мА}$

Загальне споживання: $100\text{мА (базове)} + 4\text{мА} = 104\text{мА}$

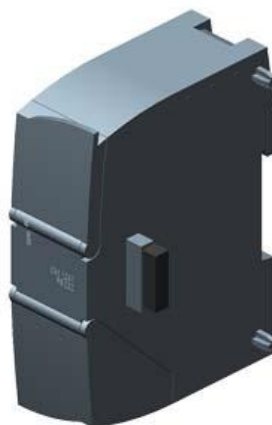


Рисунок 2.6 – Комунікаційний модуль серії, SM 1241, RS232 [20]

Базове споживання: 50 мА



Рисунок 2.7 – Промисловий роутер 6GK5615-0AA00-2AA2 SIEMENS [21]

Базове споживання: 50 мА

Споживання струму з усіх модулів:

443 мА (CPU1214C) + 1254 мА (SM1223) + 108 мА (SM1221) + 104 мА (SM1231)
+ 50мА (CM 1241) + 50мА (роутер) = 2009 мА

Кількість входів та виходів необхідних в системі:

Дискретних входів (DI) $65 = 65 \times 3\text{мА} = 195\text{ мА}$

Аналогових входів (AI) $8 = 8 \times 0,5\text{мА} = 4\text{ мА}$

Дискретних виходів (DO) $39 = 39 \times 20\text{мА} = 780\text{ мА}$

Сумарне споживання всіх входів й виходів:

$195\text{ мА (DI)} + 8\text{ мА (AI)} + 780\text{ мА (DO)} = 983\text{ мА}$

Сумарне споживання всіх компонентів:

$2009\text{ мА (модулі)} + 983\text{ мА (входи/виходи)} = 2992\text{ мА}$

Загальне споживання: 2,992 А (24 В постійного струму) тому потрібно обрати джерело живлення з потужністю більше 3 А, наприклад 4А або 5А, рисунок 2.8.



Рисунок 2.8 – Блок живлення на DIN-рейку SIEMENS 24 В, 4А [22]

Вихідний струм, не більше – 4 А

Вихідна напруга – 24 В

Вихідна потужність – 96 Вт

Саме цей блок живлення повністю задовольняє потреби механізму, а також залишається вільний запас живлення для можливого розширення.

Після вибору усіх компонентів можна побудувати схему структурного комплексу рисунок 2.9.

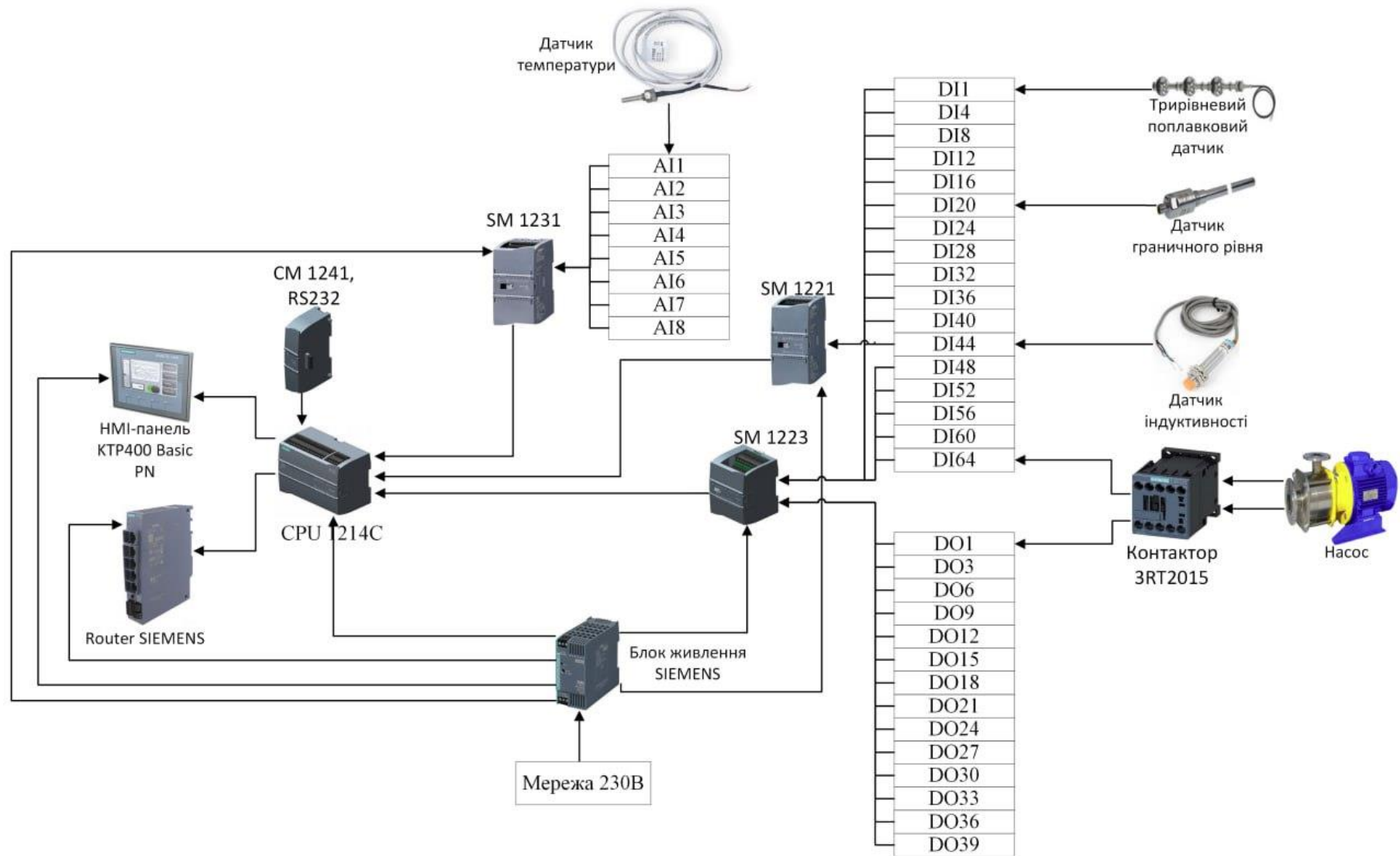


Рисунок 2.9 – Схема структурного комплексу технічних засобів кіберфізичної системи Батарей бродіння

2.5 Розрахунок інтенсивності вихідного трафіку найбільшої локальної мережі підприємства.

Найбільшою мережею підприємства є підмережа LAN4. Для розрахунку інтенсивності вхідного трафіку дані наступні значення:

$N = 100$ (одиниць); – кількість вузлів в мережі;

$\mu = 187$ (кадрів/секунду) – середня інтенсивність трафіку;

$l = 650$ (байт) – середня довжина повідомлення становить;

$n = 24$ (одиниць) – кількість портів комутатора.

Затримка передачі пакету не повинна перевищувати 6 мс.

Для розрахунку пропускної здатності мережі на рівні доступу використовувалася наступна формула. (2.1).

$$P_{p,p} = \mu \times l \times n, \quad (2.1)$$

$P_{p,p}$ – пропускна здатність мережі (біт/с);

μ – інтенсивність обслуговування (кадрів/с);

l – середня довжина повідомлення (байт);

n – кількість портів комутатора

При обчисленні довжина кадру повинна бути вказана в бітах.

$l = 650$ байт = 5200 (біт);

$P_{p,p} = 187 \times 5200 \times 24 = 23\,337\,600$ (біт/секунду) \approx (Мбіт/секунду)

Для розрахунку інтенсивності виходу було використано наступне рівняння (2.2).

$$\mu_{\text{вих}} = C / l \quad (2.2)$$

C – пропускна здатність лінії (біт/с);

$C = 1\,000\,000\,000$ (біт/секунду);

$$\mu_{\text{вих}} = 1\,000\,000\,000 / 5200 = 192\,308 \text{ (пакетів/секунду)}$$

Щоб розрахувати максимальну кількість вузлів, які можна підключити до комутатора рівня розподілу на основі заданої середньої інтенсивності трафіку використано наступну формулу (2.3).

$$N_M = \mu_{\text{вих}} / \mu \quad (2.3)$$

N_M – кількість вузлів, яку можна приєднати;

$$N_M = 192\,308 / 187 \approx 1028 \text{ (одиниць)}$$

Цього достатньо для використання самої найбільшої мережі зі 100 вузлами.

Для розрахунку сумарної інтенсивності трафіку від усіх користувачів рівня було використано формулу (2.4).

$$\lambda = N \times \mu \quad (2.4)$$

λ – загальна інтенсивність трафіку (пакетів/секунду)

$$\lambda = 100 \times 187 = 18\,700 \text{ (пакетів/секунду)}.$$

Для розрахунку коефіцієнта затримки на рівні розподілу використовується наступна формула (2.5).

$$\rho = \lambda / \mu_{\text{вих}} \quad (2.5)$$

ρ – коефіцієнт затримки на рівні розподілу

$$\rho = 18\,700 / 192\,308 = 0,09.$$

Для розрахунку коефіцієнт зайнятості комутатора на рівні розподілу, було використано формулу (2.6).

$$r = \rho / (1 - \rho) \quad (2.6)$$

r – коефіцієнт зайнятості комутатора;

$$r = 0,09 / (1 - 0,09) = 0,098.$$

Для розрахунку середньої затримки кадру, використано формулу (2.7).

$$T = 1 / (\mu_{\text{вих}} - \lambda) \quad (2.7)$$

T – середня затримка кадру;

$$T = 1 / (192\,308 - 18\,700) = 5,76 \text{ (мкс)}.$$

Для розрахунку середньої довжини черги використано формулу (2.8).

$$L_{\text{черги}} = \rho^2 / (1 - \rho) \quad (2.8)$$

$L_{\text{черги}}$ – середня довжина черги;

$$L_{\text{черги}} = (0,09)^2 / (1 - 0,09) = 0,0089 \text{ пакетів}$$

Значення $L_{\text{черги}}$ менше за одиницю, це означає високу продуктивність у сегменті.

Для розрахунку середнього часу перебування пакета в черзі було використано наступне формулу (2.9).

$$T_{\text{очік}} = L_{\text{черги}} / \lambda \quad (2.9)$$

$T_{\text{очік}}$ – середній час перебування пакета в черзі;

$$T_{\text{очік}} = 0,0089 / 18\,700 = 4,76 \text{ (мкс)}$$

Середній час перебування пакетів у черзі не перевищує запитуваного максимального значення затримки пакетів (6 мс).

Розрахунок пропускної здатності каналу зроблені за формулою (2.9).

$$b = \lambda \times l \quad (2.9)$$

b – пропускна здатність каналу (біт/с)

$$b = 18\,700 \times 5200 = 97,24 \text{ (Мбіт/с)}$$

Розрахована пропускна здатність каналу не перевищує заплановану.

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.

Таблиця 3.1 – Мінімальна необхідна кількість вузлів для підмереж

LAN1	LAN2	LAN3	LAN4	LAN5
36	85	99	100	39

- LAN1 Підмережа відділу продажу;
- LAN2 Підмережа фінансового відділу;
- LAN3 Підмережа маркетингу;
- LAN4 Підмережа відділу контролю якості;
- LAN5 Підмережа директорів.

Для розробки мережі потрібно розрахувати наші адреса, маски та діапазони вузлів. За таблицею 3.1 нам відомо, що LAN4 є найбільшим, тож саме з нього і почнемо розрахунки.

Наша вихідна IP-адреса: 10.25.128.0/22 має маску підмережі /22, завдяки чому ми можемо розрахувати кількість хвостів за формулою (3.1)

$$2^n \quad (3.1)$$

де 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 використаєм формулу (3.2) та від найбільшої до найменшої підмережі розрахуємо скільки їм потрібно хостів.

$$2^n - 2 \tag{3.2}$$

У LAN4 100 вузлів

$$2^7 - 2 = 126 \text{ хостів (7 біт)}$$

LAN4 маска підмережі:

$$32 \text{ біт} - 7 \text{ біт} = 25 \text{ біт}$$

діапазон IP-адреси: 10.25.128.1 – 10.25.128.126;

За таким самим методом розраховуємо ще 4 мережі:

LAN3 99

$$2^7 - 2 = 126 \text{ хостів (7 біт)}$$

Маска підмережі:

$$32 \text{ біт} - 7 \text{ біт} = 25 \text{ біт}$$

діапазон IP-адреси: 10.25.128.129 – 10.25.128.254

LAN2 85

$$2^7 - 2 = 126 \text{ хостів (7 біт)}$$

Маска підмережі:

$$32 \text{ біт} - 7 \text{ біт} = 25 \text{ біт}$$

діапазон IP-адреси: 10.25.129.1 – 10.25.129.126

LAN5 39

$$2^6 - 2 = 126 \text{ хостів (6 біт)}$$

Маска підмережі:

$$32 \text{ біт} - 6 \text{ біт} = 26 \text{ біт}$$

діапазон IP-адреси: 10.25.129.129 – 10.25.129.190

LAN1 36

$$2^6 - 2 = 126 \text{ хостів (6 біт)}$$

Маска підмережі:

$$32 \text{ біт} - 6 \text{ біт} = 26 \text{ біт}$$

діапазон IP-адреси: 10.25.129.193 – 10.25.129.254

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	36	10.25.129.192	26	10.25.129.193 – 10.25.129.254
LAN2	85	10.25.129.0	25	10.25.129.1 – 10.25.129.126
LAN3	99	10.25.128.128	25	10.25.128.129 – 10.25.128.254
LAN4	100	10.25.128.0	25	10.25.128.1 – 10.25.128.126
LAN5	39	10.25.129.128	26	10.25.129.129 – 10.25.129.190

Завдяки таблиці 3.2 тепер можливо виконати розрахунки згідно завданню, треба використати блок адрес 10.0.16.0 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	Ширококомплентення
WAN1	2	2	/30	10.0.16.0	10.0.16.1- 10.0.16.2	10.0.16.3
WAN2	2	2	/30	10.0.16.4	10.0.16.5- 10.0.16.6	10.0.16.7
WAN3	2	2	/30	10.0.16.8	10.0.16.9- 10.0.16.10	10.0.16.11
WAN4	2	2	/30	10.0.16.12	10.0.16.13- 10.0.16.14	10.0.16.15
WAN5	2	2	/30	10.0.16.16	10.0.16.17- 10.0.16.18	10.0.16.19
ISP 1	2	2	/30	209.165.202.0	202.165.202.1- 202.165.202.2	202.165.202.3
ISP 1	2	2	/30	64.100.13.0	64.100.13.1 - 64.100.13.2	64.100.13.3

3.2 Розрахунок схеми адресації пристроїв.

Після того як наші IP-адресації готові, ми можемо привласнити адреси маршрутизаторам, розрахунок таблиця 3.4.

Таблиця 3.4 – Адресація пристроїв для маршрутизації.

Пристрій	Інтерфейс	IP-адреса	Маска	Шлюз	VLAN	Інтерфейс підключеного пристрою
ISP	Se0/2/1	209.165.202.2	255.255.255.252	—	—	Se0/2/1
	Gig0/0	64.100.13.1	255.255.255.252	—	—	Gig0/0
	Gig0/1	209.165.201.1	255.255.255.240	—	—	Fa0
Router0	Gig0/0	64.100.13.2	255.255.255.252	—	—	Gig0/0
	Gig0/1	10.25.128.1	255.255.255.128	—	—	Gig0/1

Продовження таблиці 3.4

Пристрій	Інтерфейс	IP-адреса	Маска	Шлюз	VLAN	Інтерфейс підключеного пристрою
Router1	Se0/3/0	10.1.16.5	255.255.255.252	—	—	Se0/3/0
	Se/0/3/1	10.1.16.1	255.255.255.252	—	—	Se/0/3/0
	Gig0/0	10.1.16.17	255.255.255.252	—	—	Gig0/0
Router2	Se0/3/0	10.1.16.2	255.255.255.252	—	—	Se0/3/1
	Se0/3/1	10.1.16.9	255.255.255.252	—	—	Se0/3/1
Router3	Se0/2/0	10.1.16.14	255.255.255.252	—	—	Se0/3/0
	Se0/2/1	209.165.202.2	255.255.255.252	—	—	Se0/2/1
Router4	Se0/2/0	10.1.16.13	255.255.255.252	—	—	Se0/2/0
	Se0/3/0	10.1.16.6	255.255.255.252	—	—	Se0/3/0
	Se0/3/1	10.1.16.10	255.255.255.252	—	—	Se0/3/1
	Gig0/1	10.25.129.1	255.255.255.128	—	—	Gig0/1
	Gig0/2	10.25.129.193	255.255.255.192	—	—	Gig0/2
Router5	Gig0/0	10.1.16.18	255.255.255.252	—	—	Gig0/0
	Gig0/1	10.25.129.129	255.255.255.192	—	—	Gig0/1

Далі можна розрахувати IP-адресацію серверам з допомогою формули (перша адреса підмережі + 9 + № варіанта), перша адреса $10.25.129.193 + 9 + 16 = 10.25.129.218$, за таким самим принципом розраховуємо інші.

Розрахунки занесені у таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 – Адресація інтерфейсів серверів.

Назва серверу	Назва інтерфейсу	IP-адреса	Маска	Шлюз
HTTP	Fa0	10.25.129.218	255.255.255.192	10.25.129.193
DNS	Fa0	10.25.128.218	255.255.255.224	10.25.128.193
TFTP	Fa0	10.25.128.26	255.255.255.128	10.25.128.1

Далі проводимо розподіл адресації на комутаторах з SVI- інтерфейсам, які отримали. Таблиця 3.6

Таблиця 3.6 – Схема адресації SVI-інтерфейсів на комутаторах

Ім'я пристрою	Інтерфейс	IP-адреса	Маска	Шлюз	Інтерфейс підключеного пристрою
Shapovalova_Switch1_LAN1	Fa0/1	—	/26	—	Fa0/1
	Fa0/2	—	/26	—	Fa0/2
	Fa0/3	—	/26	—	Fa0/3
	Fa0/4	—	/26	—	Fa0/4
	Vlan1	10.25.129.194	/26	10.25.129.193	—
Shapovalova_Switch2_LAN1	Fa0/1	—	/26	—	Fa0/1
	Fa0/2	—	/26	—	Fa0/2
	Fa0/5	—	/26	—	Fa0/5
	Fa0/6	—	/26	—	Fa0/6
	Vlan1	10.25.129.195	/26	10.25.129.193	—
Shapovalova_Switch3_LAN1	Fa0/3	—	/26	—	Fa0/3
	Fa0/4	—	/26	—	Fa0/4
	Fa0/5	—	/26	—	Fa0/5
	Fa0/6	—	/26	—	Fa0/6
	Vlan1	10.25.129.196	/26	10.25.129.193	—
Shapovalova_Switch1_LAN2	Vlan1	10.25.129.2	/25	10.25.129.1	—
Shapovalova_Switch1_LAN4	Vlan1	10.25.128.2	/25	10.25.128.1	—
Shapovalova_Switch1_LAN5	Vlan1	10.25.129.130	/25	10.25.129.129	—
Shapovalova_Switch1_LAN3	Fa0/1	—	/25	—	Fa0/1
	vlan99	10.25.128.226	/25	10.25.128.129	—
Shapovalova_Switch2_LAN3	Fa0/1	—	/25	—	Fa0/1
	vlan99	10.25.128.227	/25	10.25.128.129	—

3.3. Налаштування логічної моделі корпоративної мережі

Виконавши усі розрахунки будуємо корпоративну мережу, мережа продемонстрована на рисунку 3.1

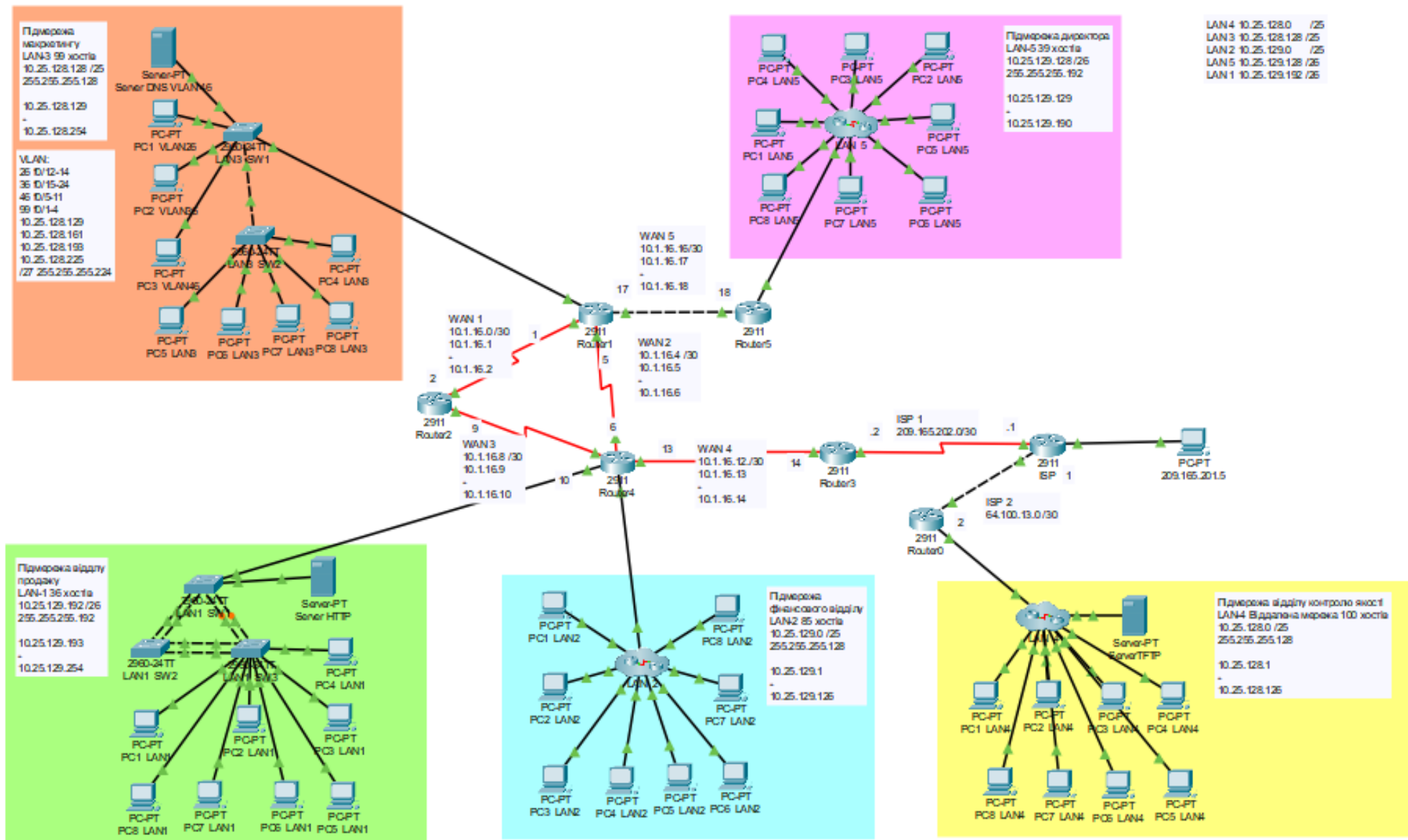


Рисунок 3.1 – Корпоративна мережа.

3.4 Базове налаштування конфігурації пристроїв

Першим кроком у налаштуванні мережі є присвоєння імені кожному пристрою, встановлення пароля привілейованого режиму, шифрування пароля, створення банера MOTD, встановлення значення рядка VTY, використання протоколу SSH та налаштування драйвера.

Цей процес описаний на прикладі маршрутизатора 3, оскільки виконується більшість інших мережевих налаштувань.

Входимо в режим:

```
Router3>en
```

```
Router3#conf t
```

Завдяки цій команді ми можемо перейменувати ім'я на всіх пристроях:

```
Router3(config)# hostname Shapovalova_Router_3
```

Потрібно увійти в режим налаштування:

```
Shapovalova_Router_3(config)# line console 0
```

Потім потрібно призначити пароль для консольного рядка:

```
Shapovalova_Router_3(config-line)# password cisco
```

Тепер ми приступаємо до застосування конфігурацій:

```
Shapovalova_Router_3(config-line)# login
```

Далі встановлюємо пароль для vty:

```
Shapovalova_Router_3(config-line)# line VTY 0 15
```

```
Shapovalova_Router_3(config-line)# password cisco
```

```
Shapovalova_Router_3(config-line)# login
```

Задаємо пароль для доступу до привілейованого режиму:

```
Shapovalova_Router_3(config-line)# enable secret class
```

Здійснюємо шифрування пароля:

```
Shapovalova_Router_3(config)# service password-encryption
```

Встановлюємо доменне ім'я:

```
Shapovalova_Router_3(config)# ip domain-name Sotnik_Router_3
```

Генеруємо ключ для шифрування пароля за допомогою протоколу RSA:

```
Shapovalova_Router_3(config)# crypto key generate rsa
```

З'явиться запит про вибір розміру ключа, на який ми відповідаємо, вказуючи 1024 біти.

```
How many bits in the modulus [512]: 1024
```

Далі створимо локального користувача з ім'ям 123202_Shapovalova і призначимо йому пароль.

```
Shapovalova_Router_3(config)# username 123202_Shapovalova password  
admin123
```

Наступним кроком слід налаштувати використання протоколу SSH на всіх лініях vty:

```
Shapovalova_Router_3(config)# line vty 0 15
```

```
Shapovalova_Router_3(config-line)# transport input ssh
```

```
Shapovalova_Router_3(config-line)# login local
```

3.5 Налаштування маршрутизаторів

Приступимо до налаштування адреси пристрою в мережі. Для цього нам потрібно налаштувати затримку, пропускну здатність та тактову частоту послідовного інтерфейсу. Для цього була використана наступна команда:

```
Shapovalova_Router_3 (config)# interface Serial0/2/0
```

```
Shapovalova_Router_3 (config-if)# ip address 10.1.16.14 255.255.255.252
```

```
Shapovalova_Router_3 (config-if)# delay 7500
```

```
Shapovalova_Router_3 (config-if)# bandwidth 128
```

```
Shapovalova_Router_3 (config-if)# clock rate 128000
```

Наступним кроком було налаштувати маршрутизацію за допомогою динамічного протоколу OSPF. Обраний протокол потрібен для відстеження стану каналу та пошуку більш коротких шляхів. Цей протокол поширює інформацію про маршрутизатори, у яких є вільні маршрути.

```
Shapovalova_Router_3 (config)# router ospf 14
```

```
Shapovalova_Router_3 (config-router)# network 10.1.16.12 0.0.0.3 area 0
```

```
Shapovalova_Router_3 (config-router)# network 209.165.202.0 0.0.0.3 area 0
```

Після налаштування цього протоколу маршрутизатори стають підключеними через те, що вони використовують спільну мережу та починають замінювати таблицю маршрутизації.

Потім вам потрібно відключити автоматичну розсилку та залишити повідомлення тільки в тих інтерфейсів, які йдуть на сам маршрутизатор.

Це робиться завдяки наступній команді:

```
Shapovalova_Router_3 (config-router)# passive-interface default
```

```
Shapovalova_Router_3 (config-router)# no passive-interface Serial0/2/0
```

```
Shapovalova_Router_3 (config-router)# no passive-interface Serial0/2/1
```

Далі нам потрібно налаштувати пропускну здатність маршрутизатора:

```
Shapovalova_Router_3 (config-router) # auto-cost reference-bandwidth 1000
```

Налаштування статичного маршруту NAT

```
Shapovalova_Router_3 (config) # ip nat pool Internet 209.165.200.5  
209.165.200.30 netmask 255.255.255.224
```

```
Shapovalova_Router_3 (config) # ip nat inside source list NAT pool Internet
```

Пошук найкращого доступного маршруту

```
Shapovalova_Router_3 (config) # ip classless
```

```
Shapovalova_Router_3 (config) # ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 209.165.202.1
```

```
Shapovalova_Router_3 (config) # ip route 209.165.201.0 255.255.255.240  
209.165.202.1
```

```
Shapovalova_Router_3 (config) # ip route 10.25.128.0 255.255.255.128  
209.165.202.1
```

Тепер перейдемо до конфігурації служби AAA, яка використовується для опису процесу, надання доступу та управління комп'ютерною мережею.

Щоб налаштувати цю службу, потрібно спочатку налаштувати маршрутизатор, а потім налаштувати його на одному із серверів, наприклад на сервері TFTP.

```
Shapovalova_Router_3 (config)# aaa new-model
```

```
Shapovalova_Router_3 (config)# aaa authentication login console group radius  
local
```

```
Shapovalova_Router_3 (config)# line console 0
```

```
Shapovalova_Router_3 (config)# login authentication console
```

```
Shapovalova_Router_3 (config)# aaa authentication login default local
```

```
Shapovalova_Router_3 (config)# username Shapovalova_Router_3 password  
admin123
```

```
Shapovalova_Router_3 (config)# # line vty 0 15
```

```
Shapovalova_Router_3 (config)# login authentication default
```

Тепер перейдемо до налаштування за допомогою сервера TFTP.

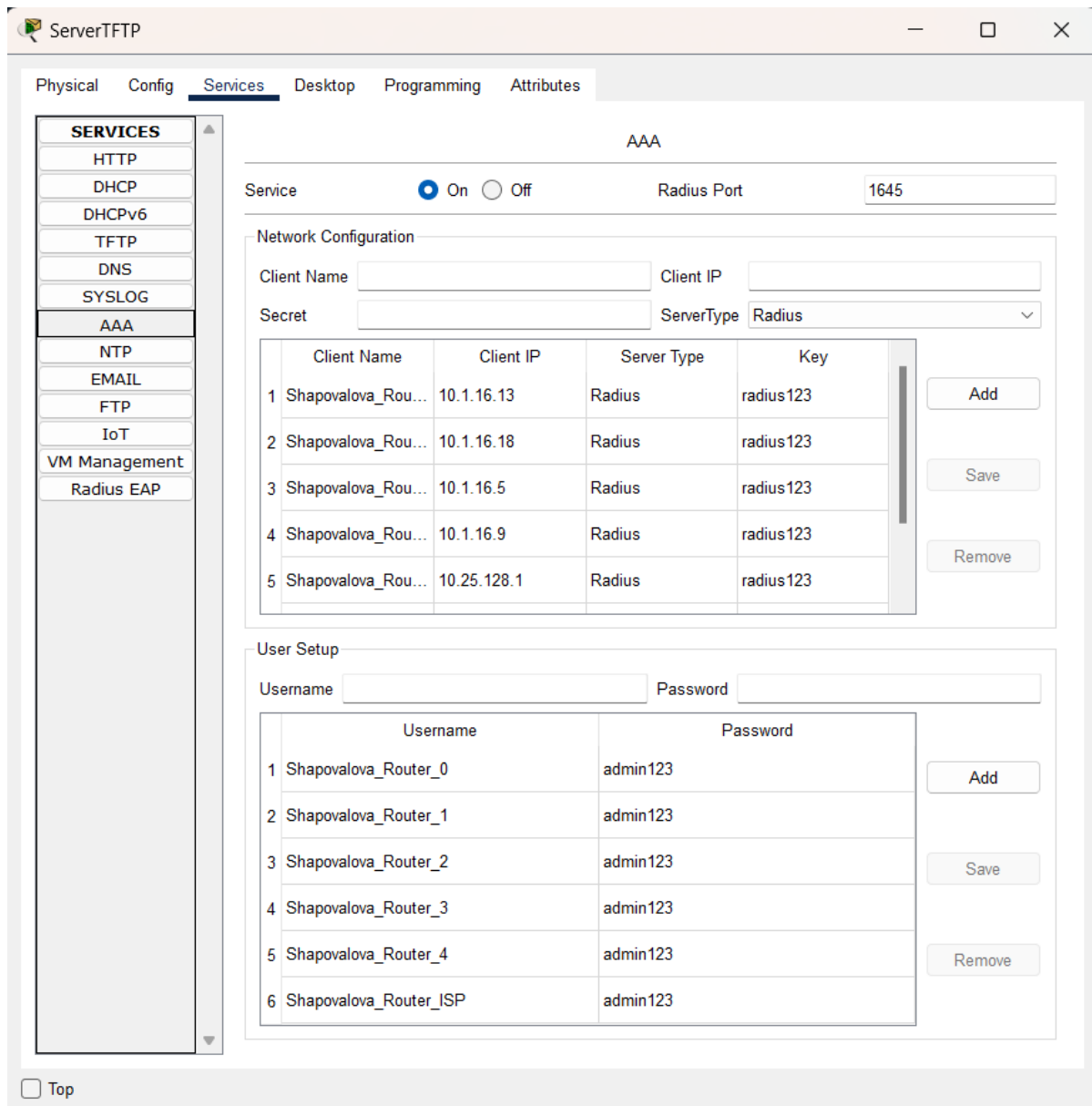


Рисунок 3.2 – Налаштування RADIUS-сервера

На малюнку 3.2 показана створена база даних користувачів, де у кожного користувача є своє власне ім'я, логін і пароль.

Наступним етапом буде конфігурація протоколу DHCP. Налаштування проводиться на маршрутизаторі `Shapovalova_Router_0`, і команда виглядає наступним чином:

```
Shapovalova_Router_0 (config)# ip dhcp pool poollan1
Shapovalova_Router_0 (dhcp-config)# network 10.25.128.0 255.255.255.128
Shapovalova_Router_0 (dhcp-config)# default-router 10.25.128.1
```

```

Shapovalova_Router_0 (dhcp-config)# dns-server 10.25.128.128
Shapovalova_Router_0 (dhcp-config)# exit
Shapovalova_Router_0 (dhcp-config)# dns-server 10.25.113.152
Shapovalova_Router_0 (config)#ip dhcp excluded-address 10.25.128.0
10.25.128.10

```

3.6 Налаштування роботи Інтернет

Щоб отримати доступ до інтернету, ми повинні налаштувати технологію NAT на маршрутизаторі з обмеженням мережі. Оскільки цей пристрій також є обмежувальним пристроєм, налаштування виконується на маршрутизаторі Shapovalova_Router_3. Відповідно до цього завдання для налаштування інтернет-провайдера використовується адрес в діапазоні від 209.165.200.5 до 209.165.200.30.

Щоб реалізувати NAT, використовуємо розширений список доступу, який блокує трафік від основної мережі до віддаленої мережі та дозволяє весь інший трафік. Налаштування виконується за допомогою наступної команди:

```

Shapovalova_Router_3 (config)# ip access-list extended NAT
Shapovalova_Router_3 (config-ext-nacl)# deny ip 10.25.128.128 0.0.0.127
10.25.128.0 0.0.0.127
Shapovalova_Router_3 (config-ext-nacl)# deny ip 10.25.129.0 0.0.0.127
10.25.128.0 0.0.0.127
Shapovalova_Router_3 (config-ext-nacl)# deny ip 10.25.129.128 0.0.0.63
10.25.128.0 0.0.0.127
Shapovalova_Router_3 (config-ext-nacl)# deny ip 10.25.129.192 0.0.0.63
10.25.128.0 0.0.0.127
Shapovalova_Router_3 (config-ext-nacl)# permit ip 10.25.128.128 0.0.0.127
any
Shapovalova_Router_3 (config-ext-nacl)# permit ip 10.25.129.0 0.0.0.127 any

```

```
Shapovalova_Router_3 (config-ext-nacl)# permit ip 10.25.129.128 0.0.0.63
anyshapovalova_Router_3 (config-ext-nacl)# permit ip 10.25.129.192 0.0.0.63 any
```

Після створення списку доступу налаштуйте інтернет-пул і зв'яжіть його зі списком NAT.

```
Shapovalova_Router_3 (config)# ip nat pool Internet 209.165.200.5
209.165.200.30 netmask 255.255.255.224
```

```
Shapovalova_Router_3 (config)# ip nat inside source list NAT pool Internet
```

Останнім кроком у налаштуванні NAT є призначення ролі інтерфейсу.

```
Shapovalova_Router_3 (config)# interface Serial0/2/0
```

```
Shapovalova_Router_3 (config)# ip nat inside
```

```
Shapovalova_Router_3 (config)# interface Serial0/2/1
```

```
Shapovalova_Router_3 (config)# ip nat outside
```

Таким чином, ми можемо вважати, що налаштування NAT завершено, але поруч із провайдером є ще один прикордонний маршрутизатор під назвою Shapovalova_Router_0. Цей маршрутизатор виконує ті самі дії, що і маршрутизатор Shapovalova_Router_3, за винятком використання інших пулів адрес та іншої адресації. Пул адрес може варіюватися від 209.165.200.37 до 209.165.200.62.

Наступним кроком є налаштування VPN в підмережі, де зв'язок з віддаленою мережею була заборонена. Для цього спочатку створіть розширений список доступу, який дозволяє трафік з підмережі до віддаленої підмережі.

```
Shapovalova_Router_3 (config)# ip access-list extended VPN
```

```
Shapovalova_Router_3 (config-ext-nacl)# permit ip 10.25.128.128 0.0.0.127
10.25.128.0 0.0.0.127
```

```
Shapovalova_Router_3 (config-ext-nacl)# permit ip 10.25.129.0 0.0.0.127
10.25.128.0 0.0.0.127
```

```
Shapovalova_Router_3 (config-ext-nacl)# permit ip 10.25.129.0 0.0.0.127
10.25.128.0 0.0.0.127
```



```
Shapovalova_Router_3 (config-ext-nacl)# permit ip 10.25.129.0 0.0.0.127
10.25.128.0 0.0.0.127
```

Наступним кроком буде включення спеціального модуля під назвою securityk9 і прийняття його умов.

```
Shapovalova_Router_3 (config)# license boot module c2900 technology-
package securityk9
```

Після налаштування та підтвердження доступу потрібно перезавантажити маршрутизатор. Потім налаштовуємо з'єднання VPN додаймо параметр політики шифрування ISAKMP10 і створимо загальний ключ шифрування VLAD.

```
Shapovalova_Router_3 (config)# crypto isakmp policy 10
Shapovalova_Router_3 (config-isakmp)# encr aes
Shapovalova_Router_3 (config-isakmp)# authentication pre-share
Shapovalova_Router_3 (config-isakmp)# group 2
Shapovalova_Router_3 (config-isakmp)# crypto isakmp key shapovalova
address 64.100.13.2
```

```
Shapovalova_Router_3 (config)# crypto ipsec transform-set MARGO esp-aes
esp-sha-hmac
```

```
Shapovalova_Router_3 (config)# crypto map MAP 10 ipsec-isakmp
Shapovalova_Router_3 (config-crypto-map)# description VPN connection to
R5
```

```
Shapovalova_Router_3 (config-crypto-map)# set peer 64.100.13.2
Shapovalova_Router_3 (config-crypto-map)# set transform-set MARGO
Shapovalova_Router_3 (config-crypto-map)# match address VPN
Shapovalova_Router_3 (config-crypto-map)# interface Serial0/2/1
Shapovalova_Router_3 (config-if)# crypto map MAP
```

Результати цього налаштування є на рисунку 3.3

```
Shapovalova_Router_3(config-if)#crypto map MAP
*Jan  3 07:16:26.785: %CRYPTO-6-ISAKMP_ON_OFF: ISAKMP is ON
Shapovalova Router 3(config-if)#|
```

Рисунок 3.3 – Результат налаштування

3.7 Захист інформації в кіберфізичній системі від несанкціонованого доступу

Були розроблені і описані відповідні методи захисту інформації в системі від несанкціонованого доступу. Спочатку мережа розділена на 4 підрозділи VLAN. Основними з них є VLAN26, VLAN36 і VLAN46, а 4-а VLAN називається management і була створена для призначення інтерфейсу комутаційного пристрою.

Тепер виконаємо ці дії з комутатором Sharovalova_Switch1_Lan3 і перейдемо до налаштування Vlan:

```
Sharovalova_Switch(config)# vlan26
Sharovalova_Switch(config-vlan)# name Accounting
Sharovalova_Switch(config-vlan)# vlan 36
Sharovalova_Switch(config-vlan)# name Resources_Department
Sharovalova_Switch(config-vlan)# vlan 46
Sharovalova_Switch(config-vlan)# name Guest
Sharovalova_Switch(config-vlan)# vlan 99
Sharovalova_Switch(config-vlan)# name Management
Sharovalova_Switch(config-vlan)# vlan 100
Sharovalova_Switch(config-vlan)# name Native
```

Таблиця 3.7. – Список мереж VLAN

Номер VLAN	Ім'я VLAN	Примітка
1	Default	Не використовується
26	Accounting	фінансового відділу
36	Resources Department	Відділу продажу
46	Guest	директорів
99	Management	Для керування пристроями
100	Native	Власна

Потім призначаємо IP - адресу Svi-інтерфейсу для Vlan99:

```
Shapovalova_Switch1_LAN3(config)# interface vlan 99
Shapovalova_Switch1_LAN3(config-if)# ip address 10.25.128.226
255.255.255.224
Shapovalova_Switch1_LAN3(config-if)# ip default-gateway 10.25.128.225
```

Потім підключаємо комутатор до маршрутизатора та переходимо на інтерфейс, який налаштовує порт.

```
Shapovalova_Switch1_LAN3(config)# interface g0/1
Shapovalova_Switch1_LAN3(config-if)# switchport mode trunk
Shapovalova_Switch1_LAN3(config-if)# switchport trunk native vlan 100
Shapovalova_Switch1_LAN3(config-if)# switchport trunk allowed vlan
26,36,46,99-100
```

Наступним кроком буде розподіл інтерфейсів VLAN відповідно до варіанту:

```
Shapovalova_Switch1_LAN3(config)# interface range f0/1-4
Shapovalova_Switch1_LAN3(config-if-range)# switchport mode access
Shapovalova_Switch1_LAN3(config-if-range)# switchport access vlan 26
Shapovalova_Switch1_LAN3(config-if-range)# interface range f0/12-14
Shapovalova_Switch1_LAN3(config-if-range)# switchport mode access
Shapovalova_Switch1_LAN3(config-if-range)# switchport access vlan 36
Shapovalova_Switch1_LAN3(config-if-range)# interface range f0/15-24
Shapovalova_Switch1_LAN3(config-if-range)# switchport mode access
Shapovalova_Switch1_LAN3(config-if-range)# switchport access vlan 46
Shapovalova_Switch1_LAN3 (config-if-range)# interface range f0/1-4
Shapovalova_Switch1_LAN3(config-if-range)# switchport mode trunk
Shapovalova_Switch1_LAN3(config-if-range)# switchport trunk native vlan
```

Налаштовуємо маршрутизатор Shapovalova_Router_1, підключений до мережі VLAN, зокрема проводимо налаштування DHCP.

```
Shapovalova_Router_1(config)# ip dhcp pool poolvlan26
Shapovalova_Router_1(dhcp-config)# network 10.25.128.128 255.255.255.224
Shapovalova_Router_1(dhcp-config)# default-router 10.25.128.129
Shapovalova_Router_1(dhcp-config)# dns-server 10.25.128.218
Shapovalova_Router_1(config)# ip dhcp pool poolvlan36
Shapovalova_Router_1(dhcp-config)# network 10.25.128.160 255.255.255.224
Shapovalova_Router_1(dhcp-config)# default-router 10.25.128.161
Shapovalova_Router_1(dhcp-config)# dns-server 10.25.128.218
Shapovalova_Router_1(config)# ip dhcp pool poolvlan46
Shapovalova_Router_1(dhcp-config)# network 10.25.128.192 255.255.255.224
Shapovalova_Router_1(dhcp-config)# default-router 10.25.128.193
Shapovalova_Router_1(dhcp-config)# dns-server 10.25.128.218
```

Тепер вилучаємо з кожного VLAN перші 10 адрес:

```
Shapovalova_Router_1(config)# ip dhcp excluded-address 10.25.128.128
10.25.128.138
Shapovalova_Router_1(config)# ip dhcp excluded-address 10.25.128.160
10.25.128.170
Shapovalova_Router_1(config)# ip dhcp excluded-address 10.25.128.192
10.25.128.202
```

Тепер приступаємо до налаштування віртуальних інтерфейсів на маршрутизаторі:

```
Shapovalova_Router_1(config)# int g0/1.26
Shapovalova_Router_1(config-if)# encapsulation dot1Q 26
Shapovalova_Router_1(config-if)# ip address 10.25.128.129 255.255.255.224
Shapovalova_Router_1(config-if)# no shutdown
Shapovalova_Router_1(config)# int g0/1.36
Shapovalova_Router_1(config-if)# encapsulation dot1Q 36
Shapovalova_Router_1(config-if)# ip address 10.25.128.161 255.255.255.224
```

```
Shapovalova_Router_1(config-if)# no shutdown
Shapovalova_Router_1(config)# int g0/1.46
Shapovalova_Router_1(config-if)# encapsulation dot1Q 46
Shapovalova_Router_1(config-if)# ip address 10.25.128.161 255.255.255.224
Shapovalova_Router_1(config-if)# no shutdown
Shapovalova_Router_1(config)# int g0/1.99
Shapovalova_Router_1(config-if)# encapsulation dot1Q 99
Shapovalova_Router_1(config-if)# ip address 10.25.128.161 255.255.255.224
Shapovalova_Router_1(config-if)# no shutdown
```

Далі нам потрібно налаштувати безпеку сервера, особливо портів, які підключені до комутатора. Ми надаємо доступ лише до 2 конкретних пристроїв. Далі перейдемо до налаштувань динамічного розпізнавання MAC-адрес і додаємо їх до поточних налаштувань. Якщо безпека порушена, відображається повідомлення, в той час як доступ до порту залишається відкритим.

```
Shapovalova_Switch1_LAN3(config)# int f0/5
Shapovalova_Switch1_LAN3(config-if)# switchport mode access
Shapovalova_Switch1_LAN3(config-if)# switchport port-security maximum 2
Shapovalova_Switch1_LAN3(config-if)# switchport port-security mac-address
sticky
Shapovalova_Switch1_LAN3(config-if)# switchport port-security violation
restrict
```

На даний момент налаштування VLAN завершено і виглядає наступним чином рисунок 3.4:

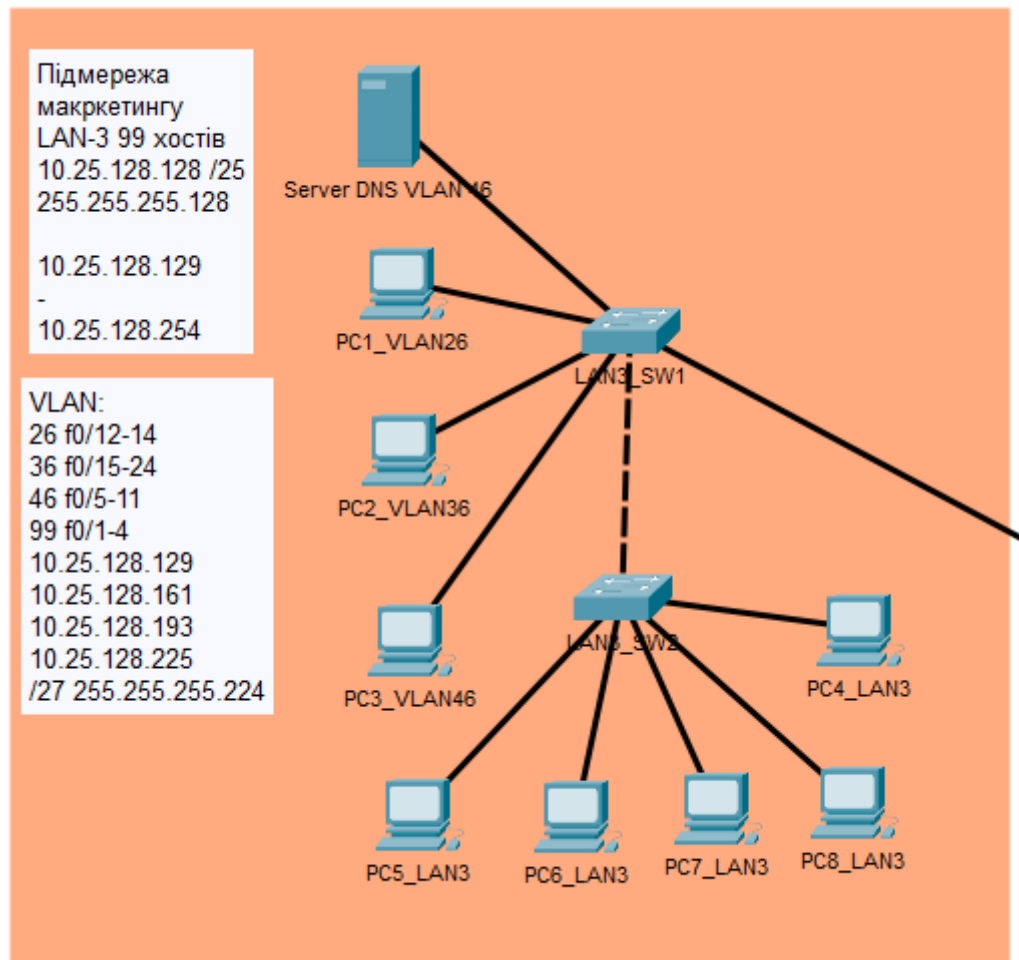


Рисунок 3.4 – Результат налаштування

3.8 Перевірка роботи комп'ютерної системи

Щоб перевірити основні налаштування, відкриємо рядок CLI на будь-якому маршрутизаторі рисунок 3.5:

```
Shapovalova Margarita
User Access Verification
Username: 123202_Shapovalova
Password:
Shapovalova_Router 3>
```

Рисунок 3.5 – Вхід до Роутера 3

Наступним кроком є перевірка підключення до Інтернету одного з комп'ютерів підмережі, який підключений, а не є частиною нашої основної мережі рисунок 3.6.

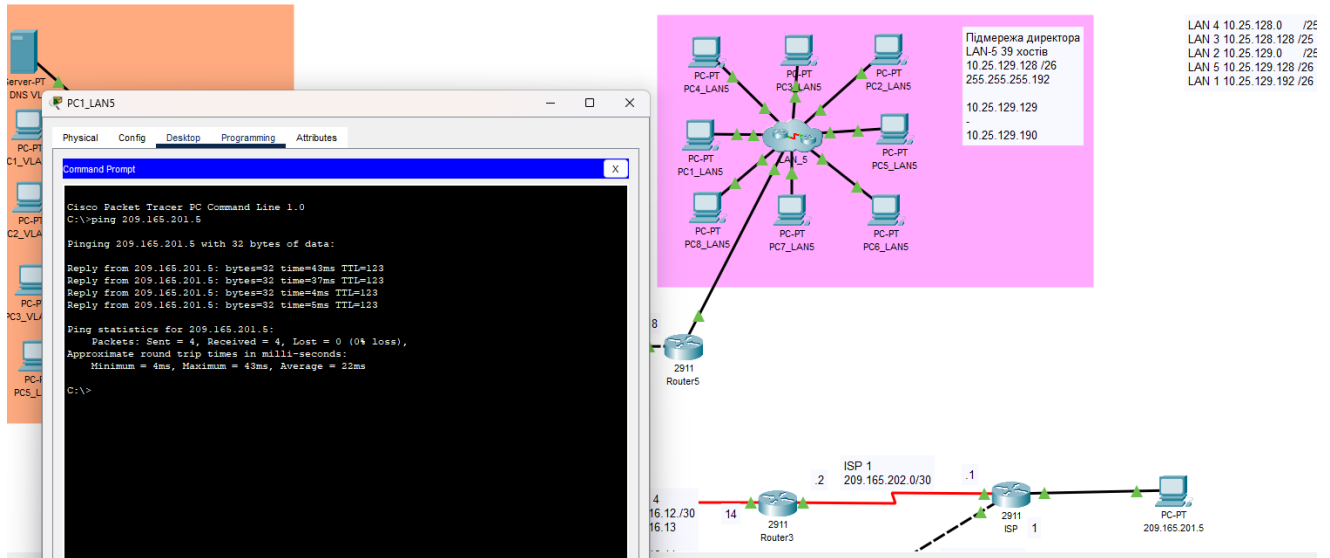


Рисунок 3.6 – Пінгування мережі до Інтернет

Далі, перевіримо таблицю маршрутизації Router. Ми можемо побачити, які статичні маршрути та протокол OSPF працюють рисунок 3.7.

```

Router3
Physical Config CLI Attributes
IOS Command Line Interface
Shapovalova_Router_3#show ip nat translation
Shapovalova_Router_3#
Shapovalova_Router_3#show ip
% Incomplete command.
Shapovalova_Router_3#show ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
* - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 209.165.202.1 to network 0.0.0.0

    10.0.0.0/8 is variably subnetted, 14 subnets, 5 masks
O       10.1.16.0/30 [110/23436] via 10.1.16.13, 00:23:49, Serial0/2/0
O       10.1.16.4/30 [110/15624] via 10.1.16.13, 00:23:49, Serial0/2/0
O       10.1.16.8/30 [110/15624] via 10.1.16.13, 00:23:49, Serial0/2/0
C       10.1.16.12/30 is directly connected, Serial0/2/0
L       10.1.16.14/32 is directly connected, Serial0/2/0
O       10.1.16.16/30 [110/15625] via 10.1.16.13, 00:23:29, Serial0/2/0
S       10.25.128.0/25 [1/0] via 209.165.202.1
O       10.25.128.128/27 [110/15634] via 10.1.16.13, 00:23:49, Serial0/2/0
O       10.25.128.160/27 [110/15634] via 10.1.16.13, 00:23:49, Serial0/2/0
O       10.25.128.192/27 [110/15634] via 10.1.16.13, 00:23:49, Serial0/2/0
O       10.25.128.224/27 [110/15634] via 10.1.16.13, 00:23:49, Serial0/2/0
O       10.25.129.0/25 [110/7813] via 10.1.16.13, 00:23:49, Serial0/2/0
O       10.25.129.128/26 [110/15626] via 10.1.16.13, 00:23:29, Serial0/2/0
O       10.25.129.192/26 [110/7813] via 10.1.16.13, 00:23:49, Serial0/2/0
    209.165.201.0/28 is subnetted, 1 subnets
S       209.165.201.0/28 [1/0] via 209.165.202.1
    209.165.202.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       209.165.202.0/30 is directly connected, Serial0/2/1
L       209.165.202.2/32 is directly connected, Serial0/2/1
S*     0.0.0.0/0 [1/0] via 209.165.202.1
  
```

Copy Paste

Top

Рисунок 3.7 – Таблиця маршрутизації

Перевірка чи підключений до інтернет-провайдера з мережевого вузла, перевірити трансляцію NAT рисунок 3.8.

```

Shapovalova_Router_0(config-if)#do show crypto isakmp sa
IPv4 Crypto ISAKMP SA
dst          src          state          conn-id slot status
209.165.202.2 64.100.13.2  QM_IDLE       1052    0  ACTIVE
  
```

Рисунок 3.8 – Трансляція NAT

Перевіримо протоколи HTTP та DNS. Для цього введіть адресу 123.dnipro.ua в адресний рядок. Результати перевірки наведені на рисунку 3.9.



Рисунок 3.9 – Перевірка роботи HTTP та DNS

Перевіримо VPN-з'єднання корпоративної мережі з віддаленою за допомогою пінгування. Це продемонстровано на рисунку 3.10

Fire	Last Status	Source	Destination	Type	Color	Time(sec)	Periodic	Num	Edit	Delete
	Successful	PC1_VLAN26	PC1_LAN4	ICMP		0.000	N	0	(edit)	(delete)
	Successful	PC2_VLAN36	PC1_LAN4	ICMP		0.000	N	1	(edit)	(delete)

Рисунок 3.10 – Перевірка VPN-з'єднання методом пінгування

4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО МОДУЛЯ СИСТЕМИ

4.1 Призначення та сфера застосування

Програмне забезпечення використовує сигнали від датчиків для контролю значень температури, рівня рідини і регулювання швидкості руху пари в батареях бродіння через паророзподільник. Розробка програмного забезпечення включає кіберфізичну систему (КФС), яка відстежує процеси та пристрої в режимі реального часу. Запуск може бути виконаний вручну з пульта управління або натисканням кнопки на кнопковій панелі.

4.2 Обґрунтування технічних характеристик програми

4.2.1 Постановка задачі на розробку програми

Необхідно розробити програму мовою релейно-контактної схеми для управління батареями бродіння. Процес управління реалізований згідно з параграфом про математичні методи у вигляді графіків.

4.2.2 Способи та алгоритм роботи програми

Програма повинна забезпечувати процес в контролері для батареї бродіння, а саме:

- Збирати інформацію з датчиків та передавати її на панель керування;
- Робити висновки з отриманих даних та виконувати відповідні дії;
- Регулювати потік рідин;

Програма для моніторингу процесу бродіння в батареї реалізована з урахуванням функцій контролера Simatic. Інтерпретатор Simatic періодично переглядає програму, використовуючи мову контактної схеми реле.

Ініціалізація відбувається автоматично при подачі живлення. Навіть при використанні багатьох команд одночасно не виникає довгої затримки у скані програми.

Керуючі дані можуть бути використані для читання або запису в пам'ять контролера. Зв'язок з датчика верхнього рівня здійснюється незалежно від основного програмного забезпечення.

4.2.3 Опис та обґрунтування вхідних та вихідних сигналів

Згідно з даними, описаними в розділі 2, програма керування бродінням повинна враховувати наступні дані:

- Команди для запуску закачування рідини у батареї;
- Команди для спуску рідини;
- Зупинку процесу бродіння;
- Інформації від датчиків температури та рівня, встановлених у батареї бродіння, згідно з таблицею 2.1.

4.3 Розробка математичних моделей управління процесом

Всі пристрої для процесу ферментації управляються дискретно. Для реалізації законів пропорційного управління в промислових контролерах досить використовувати програмну для виявлення відхилень в роботі системи. При наявності відхилень обладнання переходить в аварійний стан і залишається в ньому до тих пір, поки всі відхилення не будуть усунені. Після усунення відхилень обладнання перезапускається і повертається в початковий стан.

Далі будемо графі, вони будуть представлені на рисунках 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5.

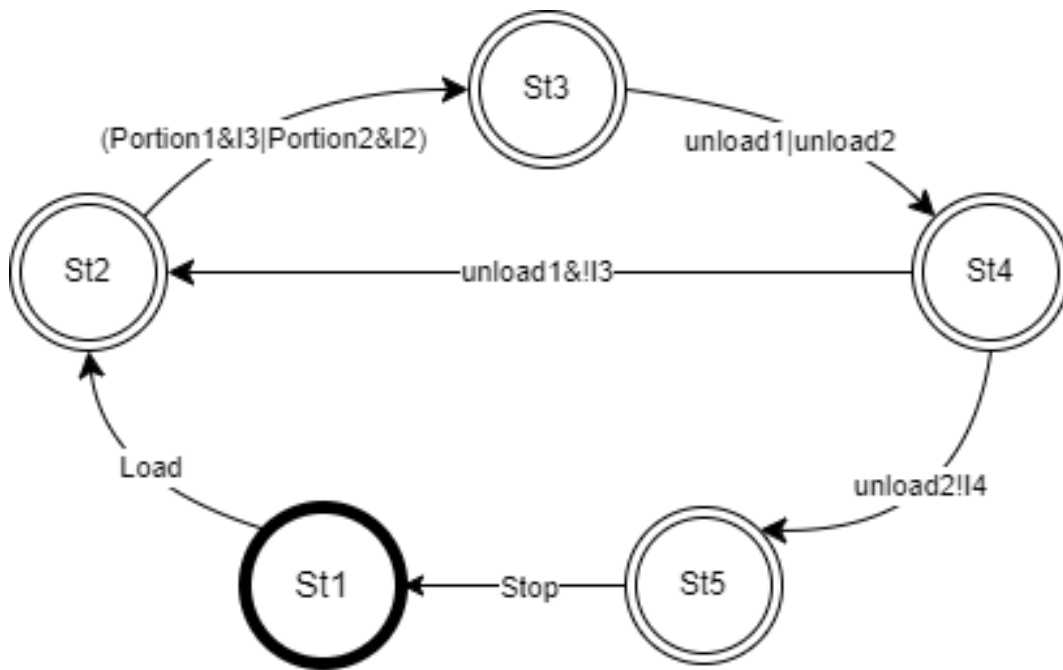


Рисунок 4.1 – Основний граф батареї бродіння.

Stan1 (St1) – Стан батареї. Готовність батареї до запуску.

Stan2 (St2) – Стан батареї. Завантаження сировини до батареї.

Stan3 (St3) – Стан батареї. Процес бродіння у батареї.

Stan4 (St4) – Стан батареї. Вивантаження сировини.

Stan5 (St5) – Стан батареї. Зупинка вивантаження, промивка батареї.

Load – Команда завантаження сировини.

Portion1, portion2 – Порція сировини для бродіння.

Unload1, unload2 – Команда вивантаження сировини.

Stop – Команда на зупинку норії.

I2, I3, I4 – Датчики рівня в батареї.

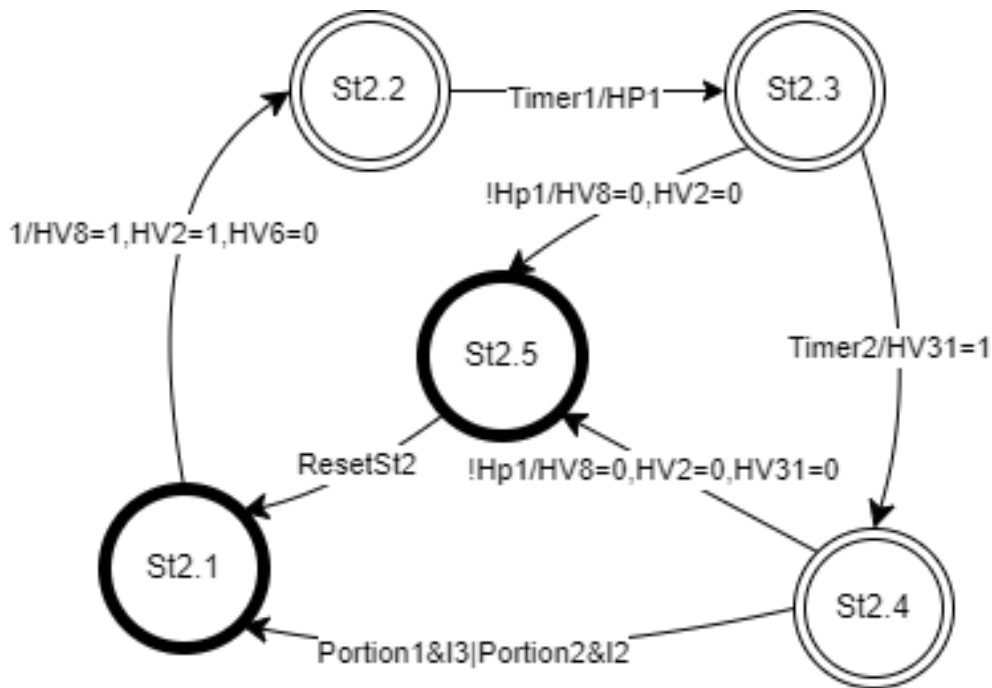


Рисунок 4.2 – Граф завантаження сировини

St2.1 – Початковий стан системи. Готовність до запуску.

St2.2 – Стан завантаження. Завантаження води та дріжджів до системи.

St2.3 – Стан завантаження. Завантаження сула до системи.

St2.4 – Стан завершення завантаження сировини.

St2.5 – Аварійний стан системи

Portion1, Portion2 – Порція сировини для бродіння.

Timer1, Timer2 – Таймер для завантаження.

ResetSt2 – Команда на скидання до стану St2.

(HV8, HV2, HV6, HV31) = 1 – Команда для відкриття клапанів.

(HV8, HV2, HV6, HV31) = 0 – Команда для закриття клапанів.

HP1 – Запуск насосу.

I2, I3 – Датчики рівня сировини в системі.

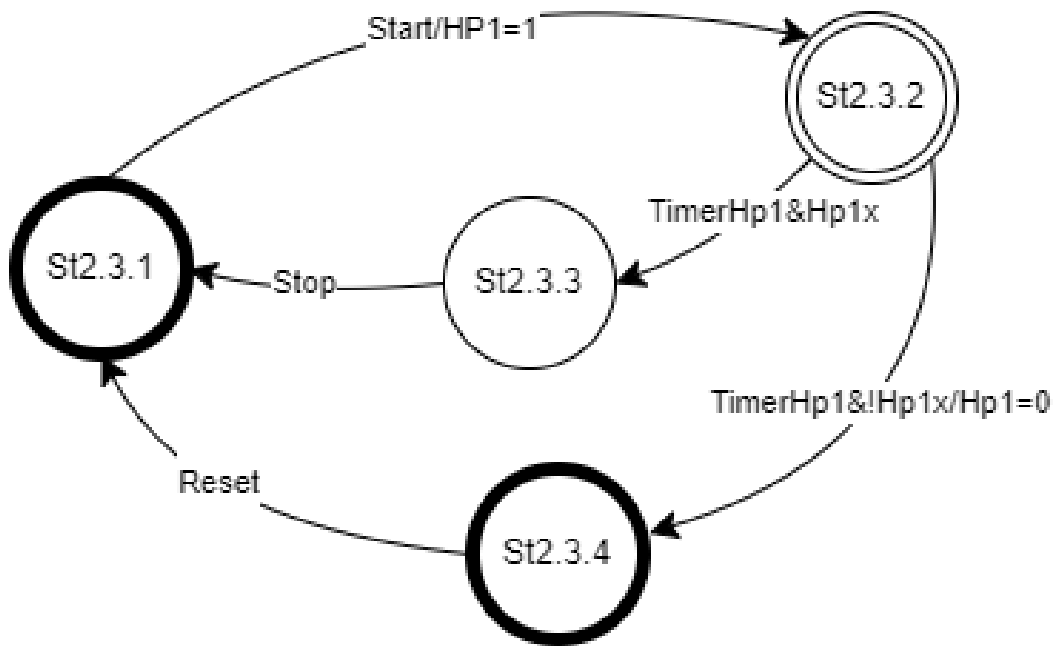


Рисунок 4.3 – Граф роботи насосу

St2.3.1 – Початковий стан. Готовність до запуску.

St2.3.2 – Активний стан.

St2.3.3 – Проміжний стан.

St2.3.4 – Стан зупинки та скидання.

Start – Команда на запуск системи.

Timer – Таймер стану.

Stop – Команда на зупинку.

Reset – Команда на скидання до початкового стану.

HP1=1 – Увімкнення насосу.

HP1=0 – Вимкнення насосу.

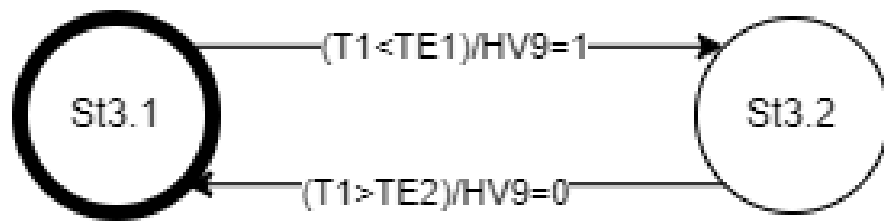


Рисунок 4.4 – Граф перевірки температури сировини

St3.1 – Початковий стан.

St3.2 – Кінцевий стан.

$(T1 < TE1) / HV9 = 1$ – Перехід від початкового стану до кінцевого стану за умови, що температура $T1$ менша за $TE1$, та встановлюється сигнал $HV9=1$.

$(T1 > TE2) / HV9 = 0$ – Перехід від кінцевого стану до початкового стану за умови, що температура $T1$ більша за $TE2$, та встановлюється сигнал $HV9=0$.

$HV9=1$ – Відкриття клапану

$HV9=0$ – Закриття клапану.

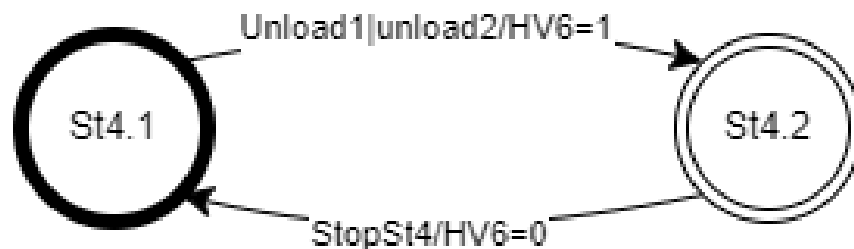


Рисунок 4.5 – Граф вивантаження сировини

St4.1 – Початковий стан.

St4.2 – Кінцевий стан

Unload1, unload2 – Команда вивантаження сировини.

$HV6=1$ – Увімкнення насосу.

$HV6=0$ – Вимкнення насосу.

4.3.1 Опис та обґрунтування вибору та складу технічних та програмних засобів.

Відповідно до пункту 2, усе обладнання та його склад буде відповідним з використання контролерів S7-1200. Програмування виконується мовою LAD для контролерів PLC Simatic. Для розробки використовується програмне забезпечення Siemens TIA Portal V.14, яке працює на Windows 10.

4.3.2 Загальні відомості розробки.

Для встановлення програми на контролер потрібно використовувати середовище Siemens TIA Portal версії V. 14. Додаток встановлюється лише один раз, і дані зберігаються в пам'яті контролера, тому його не потрібно перевстановлювати. Для роботи з програмою вам знадобиться вбудований інтерпретатор S7-1214. Для початку роботи досить підключити пристрій до мережі.

4.3.2.1 Функціональне призначення програми.

Ця програма автоматично регулює швидкість подачі сировини для бродіння та забезпечує точний контроль температури у ферментаційних ємностях. Програма може самостійно виконувати технологічний цикл без втручання з боку оператора або запускати процес бродіння за допомогою автоматизованої системи управління. Вона не має можливості вести загальний протокол процесу та не керує каналом зв'язку з АРМ.

4.3.2.2 Опис логічної структури

Ця програма зберігається в оперативній пам'яті контролера SIMATIC S7-1214C і використовує такі програмні блоки: таблиці тегів FermentationFB [FB4], PumpCtrlFB[FB3], UnloadBatteryFB[FB5], FermBatteryFB[FB1], LoadBattery[FB2]

Програмний блог FermBatteryFB [FB1] є основним та головним розроблений на основі головного графу рисунок 4.1, відповідає за весь процес у батареї бродіння. Програма та пояснення до неї продемонстровані у додатку А.

Програмний блок LoadBattery [FB2], відповідає за процес завантаження усіх потрібних рідин, перевірку наповненості батарей, блок розроблений за графом на рисунку 4.2, та продемонстрований у додатку А.

Програмний блок PumpCtrlFB [FB3], в цьому блоці прописано процес роботи насосів для завантаження дріжджів, розроблено на основі рисунка 4.3, продемонстровано у додатку А.

Блок FermentationFB [FB4], описує процес ферментації в батареї, перевіряє температуру рідини, побудовано за рисунком 4.4, представлено у додатку А.

Програмний блок UnloadBatteryFB[FB5], розроблено за графом на рисунку 4.5, відповідає за процес вивантаження рідини з батареї. Продемонстровано у додатку А.

4.3.2.3 Задіяні технічні пристрої

Для успішного функціонування програми та здійснення всіх процесів при виробництві спирту класу "Люкс" необхідно:

- програмований контролер серії SIMATIC S7-1200, CPU 1214C – 1 шт.;
- модуль дискретного введення-виведення SM 1223 – 3 шт.;
- модуль дискретного вводу – SM 1221;
- модуль аналогового введення SM 1231 – 1 шт.;
- комунікаційна модуль серії, SM 1241, RS232– 1 шт.;
- промисловий роутер 6GK5615-0AA00-2AA2 SIEMENS – 1 шт.;
- блок живлення на DIN-рейку SIEMENS 24 В, 4А – 1 шт.

4.3.2.4 Виклик програми та її завантаження

Програма автоматично запускається при підключенні контролера Simatic S7-1214C. Під час запуску програми дані функціональних блоків та таблиць спочатку завантажуються в оперативну пам'ять контролера з НМІ-панелі. Ці дані залишаються в оперативній пам'яті протягом всього часу роботи КФС.

Передача даних здійснюється через інтерфейс Ethernet під час експлуатації системи автоматизації.

Процес запуску та функціонування системи автоматизації на базі контролера Simatic S7-1214C має наступний алгоритм:

1. При підключенні контролера, програма автоматично запускається.
2. Під час запуску, дані функціональних блоків та таблиць спочатку завантажуються в оперативну пам'ять контролера з НМІ-панелі.
3. Ці дані залишаються в оперативній пам'яті протягом всього часу роботи автоматизованої системи управління.
4. Під час експлуатації системи автоматизації, передача даних між контролером та іншими компонентами здійснюється через інтерфейс Ethernet.

Початкове завантаження програмного забезпечення та налаштувань здійснюється з НМІ-панелі, а подальший обмін даними в процесі функціонування системи відбувається через Ethernet-з'єднання. Це забезпечує швидке та ефективне використання необхідної інформації для управління технологічним процесом.

ВИСНОВОК

Основною метою було створення системи кіберфізичного контролю та управління процесом ферментації, що дозволило б підвищити ефективність виробництва спирту класу «ЛЮКС» за допомогою сучасних ІТ-технологій. У рамках роботи була розроблена кіберфізична система, яка включає вимірювальні пристрої, такі як датчики температури, рівня рН. Ця система орієнтована на використання у промисловому виробництві алкогольних напоїв у будь-якій країні.

Впроваджена кіберфізична система забезпечує наступні можливості:

- онлайн і офлайн моніторинг процесу ферментації;
- автоматичне налаштування параметрів процесу ферментації;
- забезпечення безпеки і якості кінцевого продукту.

Комп'ютерна мережа була розроблена відповідно до завдань кваліфікаційної роботи бакалавра. Поведінка системи перевірялася за допомогою моделі схеми корпоративної мережі, створеної в програмі Cisco Packet Tracer. Результати перевірки, представлені у вигляді таблиць і графіків, можна знайти в пояснювальному тексті і додатках до роботи.

Загалом, проведена робота демонструє ефективність використання кіберфізичних систем для модернізації процесів ферментації, підвищення їхньої ефективності та якості кінцевої продукції. Це рішення сприятиме розвитку сучасних технологій у харчовій та хімічній промисловості, забезпечуючи високу якість спиртової продукції та сприяючи безпеці і продуктивності виробничих процесів.

Мета кваліфікаційної роботи, яка полягала в створенні кіберфізичної системи для управління процесом бродіння на виробничій лінії спирту класу "Люкс", була успішно досягнута.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Розміщення заводу на мапі [Електронний ресурс] – Режим доступа: URL: <https://www.google.com/maps/place/ЛІГЗ+Хортиця/@47.828014,34.9968584,15z/data=!4m7!3m6!1s0x40dc6227dab30731:0xa4ec9a03808a47aa!4b1!8m2!3d47.828014!4d34.9968584!16s%2Fg%2F11c2plnctr?entry=ttu>
2. Відомості та фото заводу [Електронний ресурс] – Режим доступа: URL: https://globalspirits.com/factory/factory_hortica/
3. Дані для побудови виробничої схеми [Електронний ресурс] – Режим доступа: URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/df62b634-b27e-497e-a51b-fb5d0b2e7a47/content>
4. Приклад вигляду батареї бродіння [Електронний ресурс] – Режим доступа: URL: <https://delo.ua/business/v-ukraine-privatizirovali-pervyj-spirovojj-zavod-373899/>
5. Основні відомості що таке батарея бродіння [Електронний ресурс] – Режим доступа: URL: <https://ac-group.in.ua/blog/процесу-бродіння-під-вакуумом/>
6. PLC що це [Електронний ресурс] – Режим доступа: URL: [https://www.wikidata.uk-ua.nina.az/PLC_\(інтерфейси_передачі_даних\).html](https://www.wikidata.uk-ua.nina.az/PLC_(інтерфейси_передачі_даних).html)
7. Датчик індуктивний – Режим доступа: URL: <https://arduino.ua/prod2158-indyktivnii-datchik-priblijeniya-lj12a3-4-z-by>
8. Датчик температури [Електронний ресурс] – Режим доступа: URL: <https://principal.ua/ua/p1447624299-temperaturnyj-datchik-dlya.html>
9. ПДУ-3.3. Трирівневі поплавкові датчики – Режим доступа: URL: <https://aqteck.com.ua/ua/datchyky/pdu-3-3-tryrivhevi-poplavkovi-datchyky>
10. Датчик рівня рідини [Електронний ресурс] – Режим доступа: URL: <https://peko.com.ua/process-sensors/level-sensors/ifm-lmt105>
11. Датчик рН [Електронний ресурс] – Режим доступа: URL: <https://simvolt.ua/promislovi-ph-metri/>
12. Контактор 3RT2015-1BB41 [Електронний ресурс] – Режим доступа: URL: <https://prongroup.com.ua/shop/3rt2015-1bb41/>

13. Насос для спирта ЦНСК 200/80 вибухозахищений [Електронний ресурс] – Режим доступа: URL: <https://shop-iwt.com.ua/ua/g113953577-tsnsk-200-m3chas>
14. Waveshare Modbus RTU Relay 16CH (24921) [Електронний ресурс] – Режим доступа: URL: https://evo.net.ua/waveshare-modbus-rtu-relay-16ch-24921/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw7NmzBhBLEiwAxrHQ-bbKJVEISa2ZSIT4_OVMZqC6wE05L020cRXMIkVvIX-K02FGcGQx3BoC6ZUQAvD_BwE
15. Освіта в галузі 3520 (Технік-технолог з бродильного виробництва та виноробства); освіта в галузі 2149.2 (Інженер-технолог) [Електронний ресурс] – Режим доступа: URL: <https://buhgalter911.com/uk/spravochniki/klassifikatory/statisticheskie-klassifikatory/klasifikator-profesiy-kp-950586.html>
16. SIMATIC S7-1200, CPU 1214C [Електронний ресурс] – Режим доступа: URL: <https://eleksun.com.ua/6es7215-1bg40-0xb0-programmiruemyy-kontroller-serii-simatic-s7-1200-cpu-1214c-115230v-14-di24v-10-do#tab2>
17. SIMATIC S7-1200, SM 1223 [Електронний ресурс] – Режим доступа: URL: <https://eleksun.com.ua/6es7223-1bl32-0xb0-modul-diskretnogo-vvoda-vyvoda-serii-simatic-s7-1200-sm-1223-16di16do-16di24-v>
18. Модуль дискретного вводу, SM 1221 [Електронний ресурс] – Режим доступа: URL: <https://eleksun.com.ua/6es7221-1bh32-0xb0-modul-diskretnogo-vvoda-serii-simatic-s7-1200-sm-1221-16-di24v-siemens.html#tab2>
19. Модуль аналогового вводу, SM 1231 [Електронний ресурс] – Режим доступа: URL: <https://eleksun.com.ua/6es7231-5pf32-0xb0-modul-analogovogo-vvoda-serii-simatic-s7-1200-sm-1231-rtd-8-x-ai-rtd-8-kanalnyy>
20. Комунікаційний модуль серії, CM 1241, RS232 [Електронний ресурс] – Режим доступа: URL: <https://eleksun.com.ua/6es7241-1ah32-0xb0-kommunikacionnyy-modul-serii-simatic-s7-1200-cm-1241-rs232-9-polyusnyy-razyom-sub>

- 21.Промисловий роутер 6GK5615-0AA00-2AA2 SIEMENS [Електронний ресурс] – Режим доступа: URL: <https://www.tme.eu/ua/details/6gk5615-0aa00-2aa2/promislovi-merezhi/siemens/>
- 22.Блок живлення на DIN-рейку SIEMENS 24 В, 4А [Електронний ресурс] – Режим доступа: URL: <https://meanwell.kiev.ua/ua/p521260241-6ep1332-5ba10-blok.html>

Додаток А

Текст програми кіберфізичної системи керування батареями бродіння.

Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
РОЗРОБКА КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ
БАТАРЕЯМИ БРОДІНЯ

Текст програми

804.02070743.24016-01 12 01

Листів

ЗМІСТ ДОДАТКІВ

1. Програмний блок FermBatteryFB [FB1]
2. Програмний блок LoadBattery [FB2]
3. Програмний блок PumpCtrlFB [FB3]
4. Блок FermentationFB [FB4]
5. Програмний блок UnloadBatteryFB[FB5]